



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Aplicación de los métodos estático y dinámico
modal para el diseño sísmico de edificios con
disipadores de energía

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL – ESTRUCTURAS

P R E S E N T A :

DONOBHAN PRESICHI GERARDO



TUTORA:
DRA. SONIA ELDA RUIZ GÓMEZ

JUNIO DEL 2007

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DR. ROBERTO MELI PIRALLA
Secretario: DR. MARIO ORDAZ SCHROEDER
Vocal: DRA. SONIA ELDA RUIZ GÓMEZ
1^{er}. Suplente: DR. ORLANDO JAIME DÍAZ LÓPEZ
2^{do}. Suplente: MI. OCTAVIO GARCIA DOMINGUEZ

Lugar donde se realizó la tesis:

INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTORA DE TESIS:

DRA. SONIA ELDA RUIZ GÓMEZ

Agradecimientos

A el amor de mi vida Celida Yuliana Cabrera López mi hermosa prometida y próxima esposa. Por tantos momentos inolvidables que hemos vivido. Te amo princesa.

A mi familia mi papá Natalio Presichi García, mi mamá Socorro Gerardo y mi hermano Christian Presichi por siempre ser un ejemplo de cómo se deben hacer las cosas. Muchas gracias y ese amor tan grande e incondicional.

A mis abuelitos, Nanita y mi Tata por ese amor tan grande y hermoso siempre los llevo en el corazón.

A la Dra. Sonia Elda Ruiz Gómez por su apoyo y confianza en la elaboración de este trabajo y permitirme unirme a su grupo de trabajo. Por su paciencia y amistad muchas gracias doctora.

A mis compañeros del Instituto de Ingeniería por compartir tantos momentos inolvidables. En especial a mis compañeros de piso: Edén, Rangel, Poncho, Luz, Nohemí, Ulises, Roberto, Yasser, Eduardo y los Marcos (Torres y Montiel).

A los compañeros del departamento #302 en donde viví momentos inolvidables. En especial a los que vivieron conmigo: Edén (Sinaloa), Poncho (Sinaloa), Carlos Villa (DF), Miguel Meza (Sinaloa), Mauro (Oaxaca), Rangel (Tampico), Daniel (Sinaloa), Dionisio (Chiapas), Juan Luís (Sinaloa), Adrián (Oaxaca), Luna (Tampico), Edgar (Tampico) y Bowgao (Tampico).

A mi profesor, pero antes que nada mi amigo, Joel M Ojeda Ruiz por su motivación a seguir estudiando y su apoyo a iniciar esta aventura.

A todos mis amigos que de forma directa e indirectamente siempre fueron un aliciente a seguir adelante.

A mis sinodales por sus valiosos comentarios.

A CONACYT por su apoyo económico durante mis estudios.



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y ORGANIZACIÓN DE LA TESIS | 1 |
| Capítulo 1. | |
| REVISIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS CONVENCIONALES | 7 |
| 1.1. Método estático | 8 |
| 1.1.1. Método estático según el Apéndice A del RCDF-2004 | 8 |
| 1.2. Método dinámico | 9 |
| 1.2.1. Método modal espectral | 9 |
| 1.2.1.1. Método modal espectral según el RCDF-2004 | 9 |
| 1.2.2. Método “paso a paso” en el tiempo | 10 |
| 1.2.2.1. Método “paso a paso” en el tiempo según el RCDF-2004 | 10 |
| Capítulo 2. | |
| ANÁLISIS SÍSMICO PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA | 12 |
| 2.1. Método estático para edificios con disipadores de energía | 13 |
| 2.1.1. Revisión inicial | 13 |
| 2.1.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio | 13 |
| 2.1.3. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último | 20 |
| 2.2. Método dinámico modal espectral para edificios con disipadores de energía | 21 |
| 2.2.1. Revisión inicial | 21 |
| 2.2.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio | 22 |
| 2.2.3. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último | 23 |
| Capítulo 3. | |
| DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS QUE SE ANALIZAN CON LOS MÉTODOS ESTÁTICO Y MODAL | 25 |
| 3.1. Descripción del edificio de diez niveles | 25 |
| 3.2. Descripción del edificio veinticuatro niveles | 27 |
| Capítulo 4. | |
| APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTÁTICO AL EDIFICIO DE 10 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA TIPO TADAS | 30 |
| 4.1. Revisión inicial | 30 |
| 4.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio | 33 |
| 4.3. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último | 37 |



| | |
|--|-----------|
| Capítulo 5. | |
| APLICACIÓN DEL MÉTODO DINÁMICO MODAL A DOS EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA TIPO TADAS | 43 |
| 5.1. Edificio de 10 niveles. Revisión inicial | 43 |
| 5.2. Edificio de 10 niveles. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio | 46 |
| 5.3. Edificio de 10 niveles. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último | 50 |
| 5.4. Edificio de 24 niveles. Revisión inicial | 54 |
| 5.5. Edificio de 24 niveles. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio | 56 |
| 5.6. Edificio de 24 niveles. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite de último | 61 |
| ❖ COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES | 66 |
| ❖ REFERENCIAS | 67 |

APÉNDICES

| | |
|---|-----------|
| ▪ Apéndice A | |
| Obtención del factor de reducción por disipación de energía Q_{μ}^d | 69 |
| ▪ Apéndice B | |
| Espectro de diseño según el Apéndice A del RCDF-2004 | 72 |
| ▪ Apéndice C | |
| Archivos de datos del DRAIN2DX | |
| ○ Edificio de 10 niveles | 74 |
| ○ Edificio de 24 niveles | 76 |
| ❖ AGRADECIMIENTOS | 92 |



INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

Con la finalidad de aprovechar al máximo la capacidad de las estructuras sismorresistentes, el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-2004) permite que estas incurran en su intervalo de comportamiento inelástico; lo cual, esto implica que se acepte cierto nivel de daño estructural que, en el caso de sismos intensos, puede llevar a reparaciones costosas. Los daños provocados por temblores han sido objeto de numerosos estudios por parte de investigadores. Se ha buscado continuamente la manera de construir estructuras más seguras ante estos fenómenos naturales. El intento por lograr un desempeño sísmico satisfactorio ha llevado al desarrollo de dispositivos disipadores de energía que al ser colocados en los edificios incrementan su capacidad de disipación de energía. Estos dispositivos buscan concentrar en ellos la disipación de energía y tienen como finalidad disminuir las demandas inelásticas en elementos estructurales, reduciendo así daños en la estructura principal.

En las últimas décadas el número de disipadores de energía fabricados en el mundo ha crecido considerablemente (Tena *et al*, 2003). Las instituciones han dedicado cada vez mayor tiempo al estudio analítico y experimental de estructuras con estos sistemas; sin embargo, *se ha hecho menos para tratar de aplicar estos dispositivos en la práctica profesional*, y así reducir los efectos económicos y sociales que causan los sismos en nuestro país. Es importante contar con métodos de diseño de estructuras con dispositivos disipadores de energía que puedan emplearse en la práctica profesional de la ingeniería como una opción para diseñar edificios.

En esta tesis se utilizan disipadores de energía que se basan en la deformación plástica del acero, por lo que enseguida se hace una breve revisión de los más conocidos y utilizados en México.

Revisión de algunos disipadores de energía que se basan en la deformación plástica del acero

Los disipadores de energía de tipo pasivo se clasifican en aquellos que dependen del desplazamiento entre sus extremos, y aquellos que dependen de su velocidad. En lo que sigue se revisan algunos estudios de disipadores basados en el desplazamiento relativo entre sus extremos. Este tipo de disipadores, y en especial los disipadores TADAS, son los que se utilizan en esta tesis.

Aguirre y Sánchez (1989 y 1990) probaron experimentalmente soleras en forma de U (Figura 1) que mostraron un comportamiento histerético estable; además, desarrollan esfuerzos similares en casi toda la sección transversal. Su comportamiento idealizado es semejante al mostrado en la Figura 1b, la pendiente en la zona inelástica depende de las características de cada dispositivo.



El dispositivo mostrado en la Figura 1 fue estudiado inicialmente por Skinner, Nelly y Heine (1975). Consiste en dos placas en forma de U que disipan energía al desplazarse una cara con respecto a la otra. Los desplazamientos relativos entre los niveles ocasionan el movimiento conocido como rolado por flexión mediante el cual se disipa energía. Chávez y González, (1989) realizaron pruebas experimentales en la mesa vibradora del Instituto de Ingeniería de la UNAM en un marco de una cruzija y dos niveles en donde se utilizaron estos dispositivos (Figura 2).

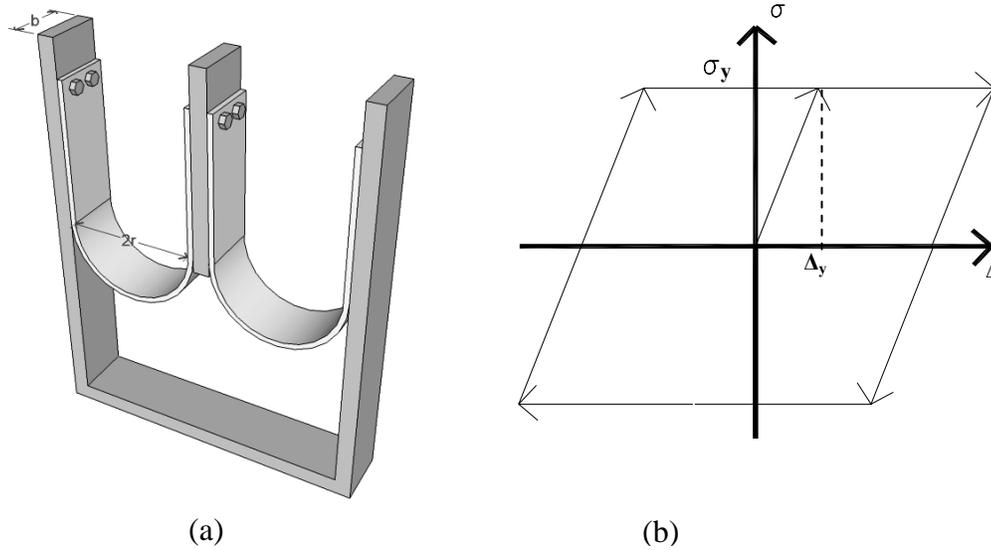


Figura 1. a) Dispositivo en forma de U, b) Comportamiento elastoplástico

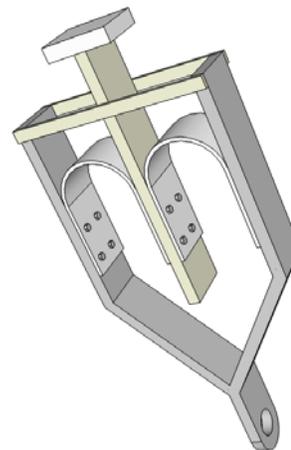


Figura 2. Disipador de energía tipo solera en forma de U

Alonso (1989), Whittaker (1989), Scholl (1990), Su y Hanson (1990) y Bergman y Hanson (1990) estudiaron placas de acero con sección transversal en forma de “X” (Figura 3), llamadas ADAS (*Added Damping And Stiffness*).

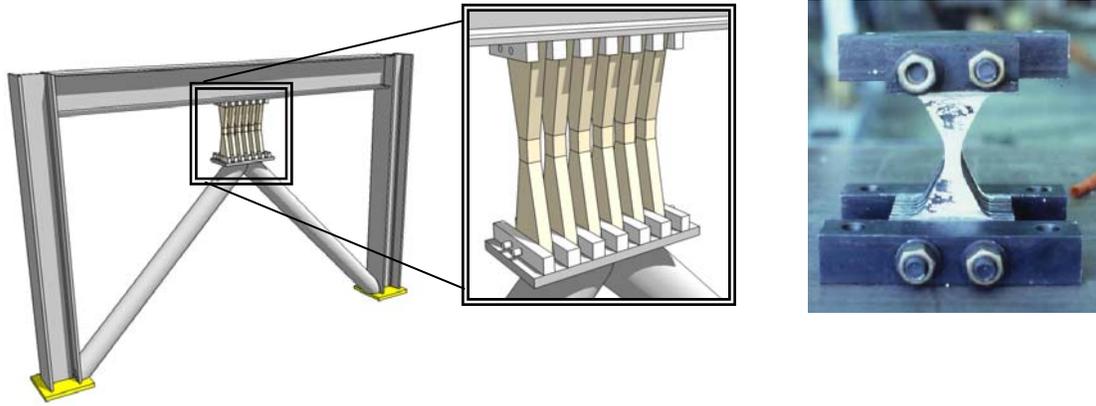
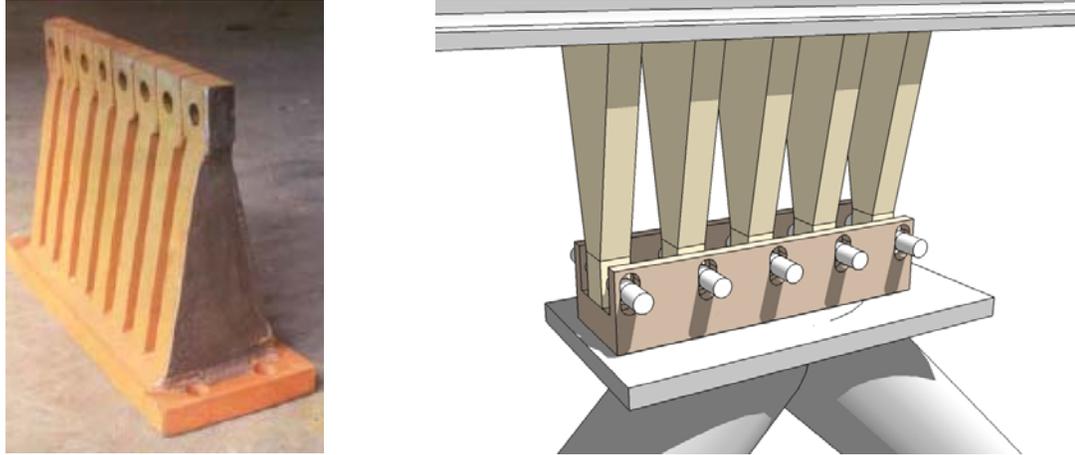
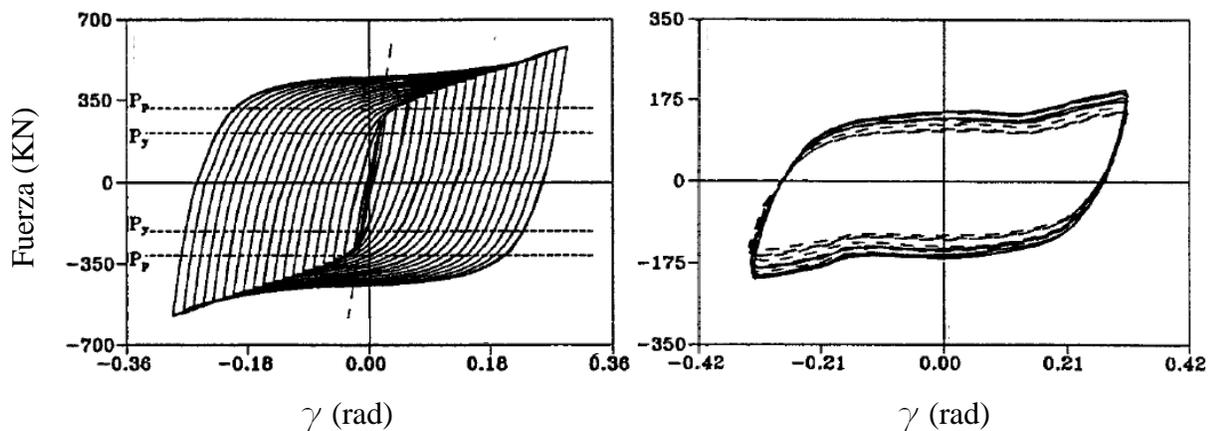


Figura 3. Dispositivo ADAS

La forma de la sección transversal de los dispositivos ADAS obedece a que al desplazarse un nivel respecto al otro, las placas se deforman en doble curvatura, así que, si se empotran las placas, se genera un diagrama de esfuerzos casi uniforme en todo el peralte que cambia de signo en el eje neutro. Esto ocasiona que el esfuerzo de fluencia se alcance prácticamente en todo el volumen al mismo tiempo.

Tsai *et al*, (1993) estudiaron una placa triangular (similar a la mitad de una placa ADAS) llamada TADAS. Las placas se empotran en uno de sus lados a otra placa de acero que se conecta al nivel superior del entrepiso. En el vértice del triángulo se colocan pernos que se conectan a contravientos que parten del nivel inferior del entrepiso (Figura 4). Este tipo de conexión ocasiona que las placas se deformen en curvatura simple. Al incorporarse este sistema en un marco de acero a escala natural se pudo comprobar que las reducciones en la respuesta son similares a las obtenidas con ADAS; sin embargo, de acuerdo con los autores, los resultados del modelo analítico del marco se acercan más al modelo experimental con este dispositivo, debido a que la rigidez lateral de las placas por la forma en que están conectadas, se predice con menor incertidumbre que con las placas ADAS, en las que la rigidez es fuertemente dependiente de la conexión con las placas de apoyo. En la Figura 5 se muestran dos curvas histeréticas típicas de disipadores TADAS probados por Tsai *et al*, (1993).

Figura 4. Disipador tipo TADAS (Tsai *et al*, 1993)Figura 5. Curvas históricas obtenidas en pruebas de laboratorio (Tsai *et al*, 1993)

Kobori *et al* (1992) estudiaron la respuesta experimental de placas de acero en secciones transversales similares a los ADAS pero colocadas en dirección perpendicular y unidas entre sí. Por el espacio que queda entre las placas, se le nombró de tipo Panal (Figura 6a). El sistema se estudió analíticamente en una estructura de 29 niveles colocando el dispositivo entre un nivel y otro, a través de muros. Las reducciones de la respuesta fueron de hasta un 60%. Adicionalmente, los mismos autores, analizaron otro dispositivo de acero de sección circular variable empotrado en dos placas de acero (Figura 6b). Este dispositivo se analizó en el estudio analítico de una rampa de 98 m de altura, cuya respuesta resultó 40% menor que aquella que se obtuvo sin incorporar la barra de acero.

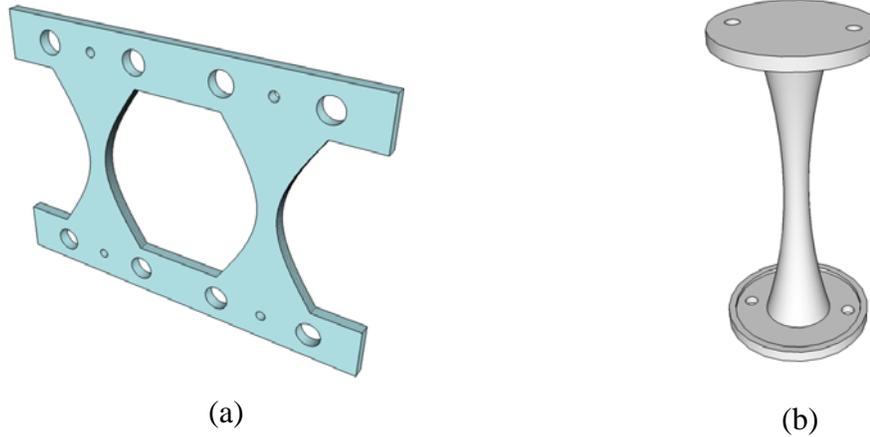


Figura 6. a) Disipador de energía tipo panel, b) Disipador con sección circular variable.

Objetivo de la tesis

El objetivo de esta tesis es ilustrar paso a paso la aplicación de dos criterios para el diseño sísmico de edificios con dispositivos disipadores de energía. Ambos criterios se basan en los métodos de diseño sismo-resistente estático y dinámico modal, similares a los recomendados en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-2004) pero ampliados para considerar el efecto de la presencia de los disipadores. Los métodos se aplican a dos estructuras: de diez y de veinticuatro niveles, ambas localizadas en el suelo blando de la ciudad de México.

Los métodos que se aplican en esta tesis se pretenden incorporar en la próxima versión de las ayudas de diseño del Manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad.

Organización de la tesis

La tesis se encuentra organizada de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 se hace una breve descripción de los métodos de diseño sismo-resistente mencionados en el RCDF-2004 (método estático y dinámico modal espectral).

En el Capítulo 2 se describen dos criterios para diseñar edificios utilizando disipadores de energía, basado en los métodos estático o dinámico.

En el Capítulo 3 se hace una descripción de los dos edificios estudiados en esta tesis. Los edificios son de diez y de veinticuatro niveles.

El Capítulo 4 consiste en la aplicación del método estático para edificios con disipadores de energía a la estructura de diez niveles.



En el Capítulo 5 se aplica el método dinámico modal espectral para edificios con disipadores de energía a las dos estructuras descritas en el capítulo 3.

Finalmente se hacen algunos comentarios finales relativos al estudio.

El Apéndice A muestra el procedimiento general para obtener el factor de reducción Q_{μ}^d debido a la presencia de disipadores de energía (Ruiz y Rivera, 2007).

El Apéndice B muestra el procedimiento para calcular el espectro de diseño según el Apéndice A del RCDF-2004.

El Apéndice C muestra los archivos de datos del DRAIN2DX utilizados para los análisis presentados en este trabajo.



Capítulo 1

REVISIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS CONVENCIONALES

En los distintos códigos de diseño del mundo se especifican diversos procedimientos para el análisis sísmico de edificios. El Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-2004) considera los siguientes tipos de análisis sísmico: simplificado, estático y dinámico.

El método estático toma en cuenta el efecto de las acciones sísmicas mediante la aplicación de un conjunto de fuerzas laterales a lo alto del edificio. Estas fuerzas se aplican en el centro de masas de cada nivel. El conjunto de fuerzas tiene forma de un triángulo invertido. El método dinámico se divide en dos: modal espectral y “paso a paso” en el tiempo. El análisis modal espectral considera los espectros de diseño para el cálculo de las respuestas estructurales. Por otro lado, el método “paso a paso” toma en cuenta el comportamiento de la estructura ante la acción de un acelerograma determinado resolviendo la ecuación de movimiento para cada instante de tiempo. Este último método es el que reproduce de manera más realista la respuesta sísmica de estructuras con comportamiento no-lineal.



1.1. Método estático

Varios reglamentos del mundo especifican procedimientos de análisis sísmico similares al método estático recomendado en el RCDF-2004, debido a su simplicidad, y además, a que la mayoría de las estructuras cumplen con los requisitos necesarios para su aplicación. En lo que sigue se revisan brevemente los métodos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF-2004).

1.1.1. Método estático según el Apéndice A del RCDF-2004

El análisis estático consiste en someter a la estructura ante cargas horizontales distribuidas a lo alto del edificio. Las demandas a las que se somete están determinadas por una fuerza asociada a la demanda espectral correspondiente al periodo fundamental de la estructura. Para calcular la fuerza en cualquier entrepiso i , se utiliza la siguiente ecuación:

- a). Si T es menor o igual a T_b , cada una de las fuerzas laterales se tomará:

$$F_i = \frac{C_s}{Q'R} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \quad (1.1)$$

donde W_i y h_i son el peso y la altura del i -ésimo nivel sobre el terreno, respectivamente.

- b). Si T es mayor o igual que T_b , cada una de las fuerzas laterales se tomará igual a

$$F_i = W_i (k_1 h_i + k_2 h_i^2) \frac{C_s}{Q'R} \quad (1.1)$$

$$k_1 = [1 - 0.5r(1-q)] \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \quad (1.2)$$

$$k_2 = [1 - 0.75r(1-q)] \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i^2} \quad (1.3)$$

$$q = \left(\frac{T_b}{T} \right)^r$$

donde F_i , W_i y h_i son la fuerza total, peso de la masa, altura desde la base de desplante al nivel i -ésimo, C_s es el coeficiente sísmico asociado al periodo de vibración de la estructura (obtenido de la Figura 1.1) y r se tomara de la Tabla 3.1 del RCDF-2004. Q' y R son factores de reducción que se obtiene según las ecuaciones B.7 y B.8 del Apéndice B de esta tesis.

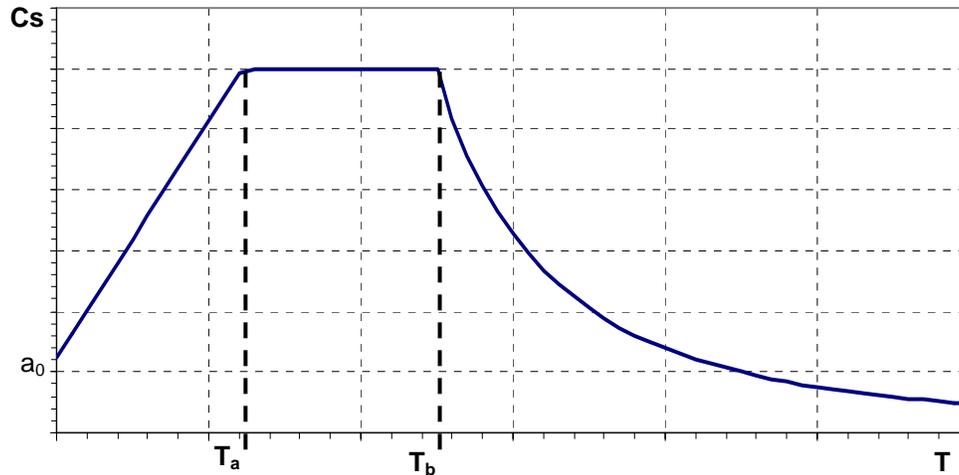


Figura 1.1 Espectro de diseño

La aplicación del método estático está limitado en el RCDF-2004 a las siguientes condiciones:

- a) Que la altura no sea mayor que 30 m, y para estructuras irregulares no más de 20 m.
- b) Para edificios ubicados en la zona I (mapa A.1 de zonificación del RCDF-2004) la altura mayor es de 40 m, y para estructuras irregulares de no más de 30 m.
- c) El comportamiento dinámico de la estructura deberá estar gobernado por el modo fundamental de vibración.
- d) Se considera que la estructura tiene una configuración geométrica regular.
- e) La masa se encuentra uniformemente distribuida en el nivel.
- f) Los entrepisos se modelan como diafragmas rígidos.
- g) Se considera un análisis lineal que toma en cuenta los efectos no-lineales a través del factor Q' .

1.2. Método dinámico

Con el paso del tiempo, ha existido la necesidad de construir edificios cada vez más altos y esbeltos. Los proyectos arquitectónicos han aumentado las irregularidades estructurales, por tal motivo los métodos simplificado y estático no representan con suficiente aproximación el comportamiento real de las estructuras sujeta a la acción de los sismos. El análisis dinámico da una mejor aproximación del comportamiento real de las estructuras, pues incorpora información ignorada o indirectamente considerada en el análisis estático. La diferencia entre el método estático y el dinámico consiste en la manera de considerar el posible comportamiento inelástico y la forma en que se define la



excitación sísmica de diseño. A continuación se describen brevemente los métodos modal espectral y el “paso a paso”, según el RCDF-2004.

1.2.1. Método modal espectral

El método modal espectral toma en cuenta las propiedades dinámicas de la estructura, tales como su forma de vibrar y la contribución de cada modo en la respuesta. Esto con la finalidad de reproducir con mayor aproximación el comportamiento estructural real ante acciones sísmicas. Este análisis sísmico se utiliza cuando la importancia de la estructura lo amerita (por ejemplo en estructuras del grupo A o si no se cumplen las condiciones de los métodos simplificado y estático).

1.2.1.1. Método modal espectral según el RCDF-2004

Para aplicar el método modal espectral se debe considerar que cuando se desprecia el acoplamiento entre los grados de libertad de traslación horizontal y de rotación con respecto a un eje vertical, deberá incluirse el efecto de todos los modos naturales de vibración con periodo mayor o igual a 0.4s, pero en ningún caso podrán considerarse menos de los tres primeros modos de vibrar en cada dirección del análisis, excepto para estructuras de uno o dos niveles. La ecuación 1.4 se utiliza para calcular los pesos modales efectivos en cada dirección del análisis. Este peso deberá ser mayor o igual al noventa por ciento del peso total de la estructura.

$$W_{ei} = \frac{(\{\phi_i\}^T [W] \{J\})^2}{\{\phi_i\}^T [W] \{\phi_i\}} \quad (1.4)$$

donde $\{\phi_i\}$ es el vector de amplitudes del i-ésimo modo natural de vibrar, $[W]$ es la matriz de pesos de las masas y $\{J\}$ es un vector formado con “unos” en las posiciones correspondientes a los grados de libertad de traslación en la dirección de análisis y “ceros” en las otras posiciones. Para calcular la participación de cada modo natural en las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura se supondrán las aceleraciones espectrales de diseño. Las respuestas modales S_i (donde S_i puede ser la fuerza cortante, desplazamiento lateral, momento de volteo, u otras) se combinarán para calcular las respuestas totales de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{\sum S_i^2} \quad (1.5)$$

La anterior ecuación es aplicable siempre que los periodos en cuestión difieran al menos diez por ciento entre sí. Los desplazamientos laterales así calculados, y multiplicados por el factor de comportamiento sísmico Q , se utilizarán para determinar efectos de segundo orden y para verificar que la estructura no excede los desplazamientos máximos establecidos por el RCDF-2004.



1.2.2. Método “paso a paso” en el tiempo

Cuando la importancia y el comportamiento sísmico de las estructuras lo amerita es necesario un estudio más refinado para representar con mayor aproximación el comportamiento no-lineal de las estructuras ante fuerzas sísmicas. El método “paso a paso” en el tiempo consiste en someter a la estructura a un sismo real o sintético pudiendo estar o no escalado.

1.2.2.1. Método “paso a paso” en el tiempo según el RCDF-2004

El RCDF-2004 considera un análisis no-lineal de historia en el tiempo el cual consiste en un modelo matemático que justifica la conducta histerética no-lineal para determinar su respuesta dinámica por métodos de integración numérica.

El análisis “paso a paso” de historia en el tiempo calcula la respuesta de temblores específicos como uno de los métodos aceptables, para reproducir el comportamiento más parecido a la realidad usando sismos de diseño o simulados o una combinación de ellos, siempre que se usen no menos de cuatro movimientos independientes.



Capítulo 2

ANÁLISIS SÍSMICO PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA

En la actualidad las instituciones dedicadas a la investigación han propuesto nuevos dispositivos disipadores de energía, los cuales han demostrado, en muchos casos, un mejor comportamiento de las estructuras ante las acciones sísmicas; sin embargo, existen muy pocos procedimientos prácticos y simplificados para diseñar estructuras con disipadores de energía.

En este trabajo se aplican dos métodos propuestos por Ruiz y Presichi (2007) basados en los métodos estático y dinámico modal para estructuras con disipadores de energía. Dichos métodos implican las siguientes condiciones de aceptación:

Para el estado límite de servicio se debe verificar que el perfil de distorsión máxima sea menor que el tolerable.

Para el estado límite último se deben verificar las siguientes tres condiciones de aceptación:



- a) La resistencia lateral global de la estructura debe ser mayor que la resistencia lateral requerida.
- b) La distorsión máxima de entrepiso que demanda la estructura debe ser menor que la permisible.
- c) La ductilidad que demanda el sistema de disipadores ubicados en un entrepiso debe ser menor que la ductilidad tolerable de dicho sistema. Esta última ductilidad se obtiene a partir de pruebas de laboratorio.

En la Figura 2.1 se presenta un diagrama de bloques de los métodos estático y dinámico modal que se emplean en esta tesis. Ambos contemplan la revisión de dos estados límites: servicio y último. Aquí se tratarán disipadores de energía sísmica que se basan en la deformación plástica del acero.

2.1. Método estático para edificios con disipadores de energía

En lo que sigue se mencionan los pasos que se deben seguir cuando se utiliza el método estático para el diseño de edificios con disipadores que dependen del comportamiento plástico del material con el que están constituidos. Estos pasos corresponden al diagrama de bloques de la Figura 2.1.

2.1.1. Revisión inicial

- 1E. Primeramente se realiza un análisis estático (el cual consiste en aplicar y distribuir verticalmente fuerzas en el centro de masas de cada entrepiso).
- 2E. A partir del análisis estático se verifica que el perfil de distorsión máxima (Δ_{\max}^s), sea menor que el límite establecido por el RCDF-2004 (sección A.4 del Apéndice A del RCDF-2004). Si el perfil de distorsiones máximas se excede del límite tolerable ($\Delta_{\text{permitida}}$), será necesario reforzar (por ejemplo, con disipadores) si no se excede se pasará a revisar el estado último.

2.1.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio

- 3E. Con el fin de revisar la condición $\Delta_{\max}^s < \Delta_{\text{permitida}}$ primeramente se debe calcular la rigidez de cada entrepiso, k_{ci} a partir de las ecuaciones 2.1 y 2.2.

$$F_i = k_{ci} d_i \quad (2.1)$$

$$k_{ci} = F_i / d_i \quad (2.2)$$

donde F_i , d_i y k_{ci} son la fuerza cortante, desplazamiento de entrepiso y rigidez del i -ésimo entrepiso, respectivamente.

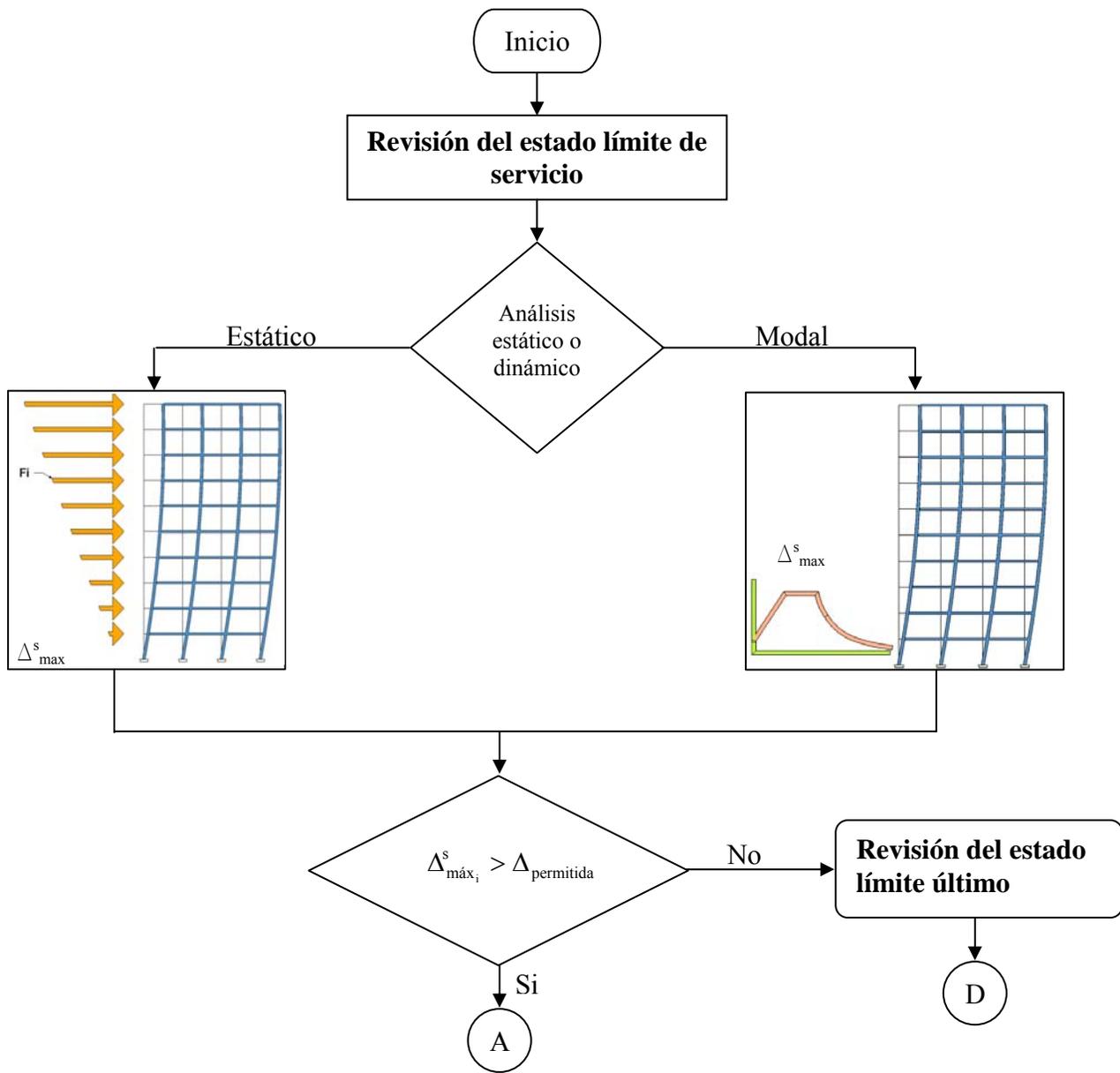
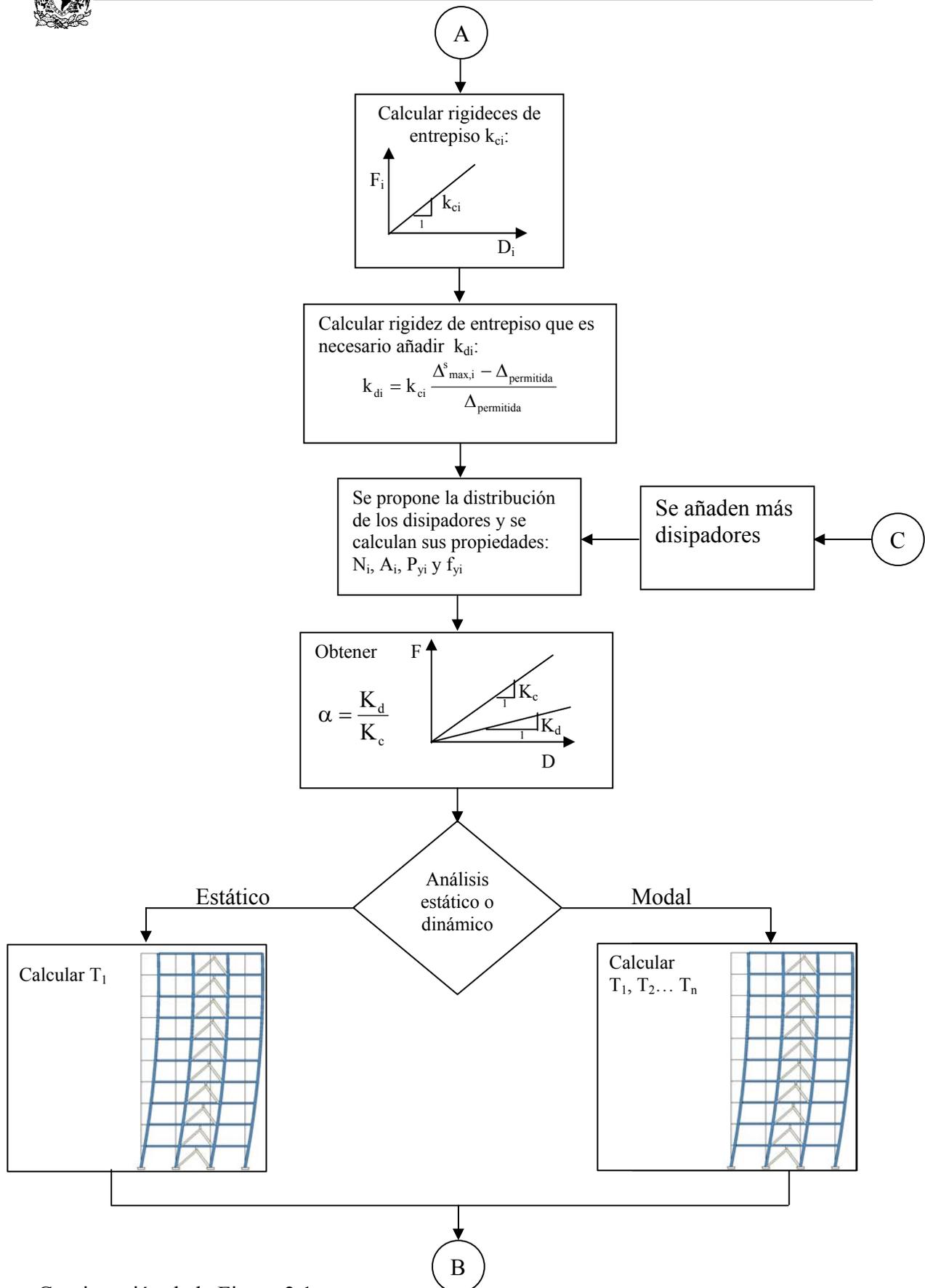
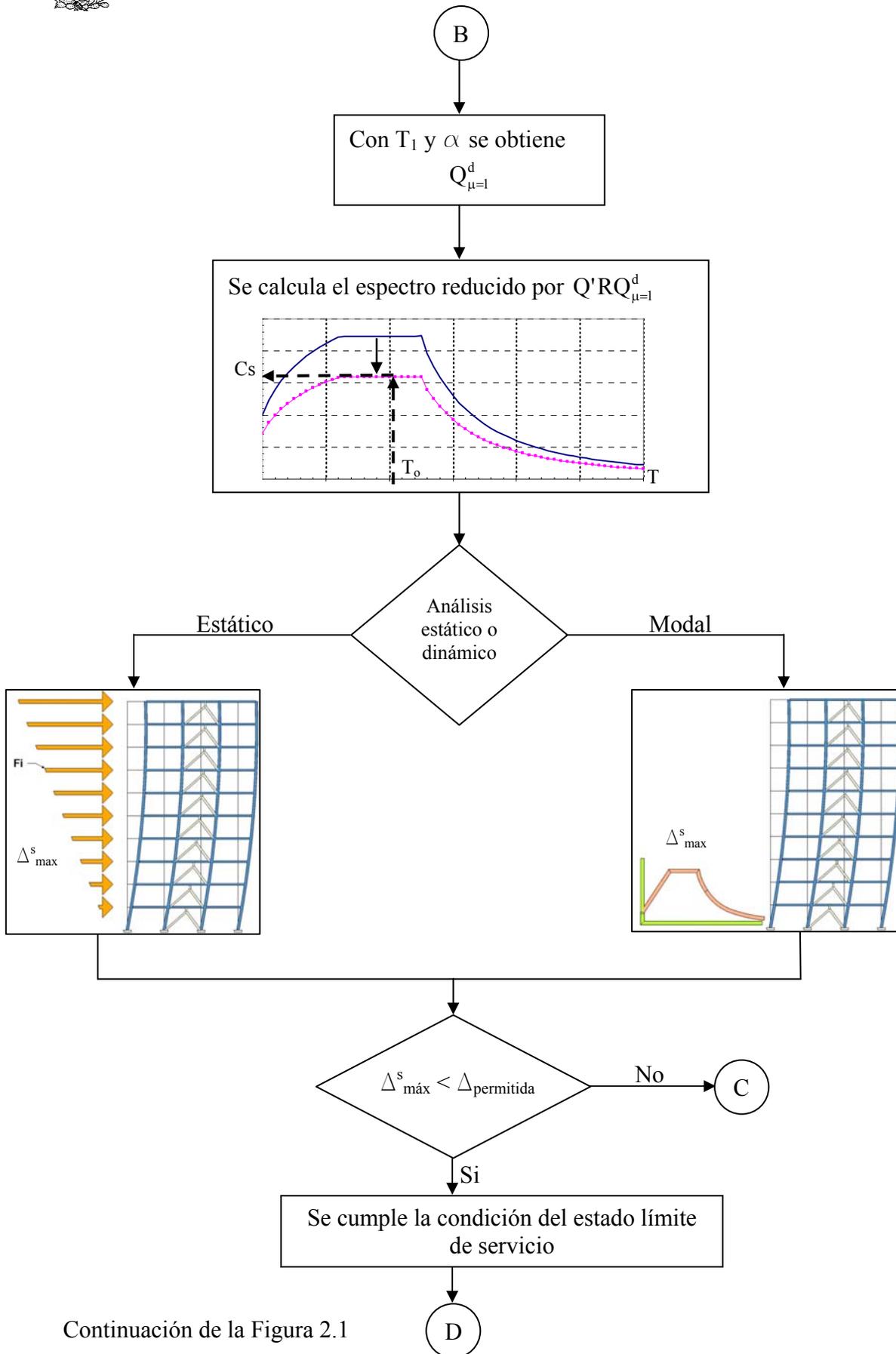


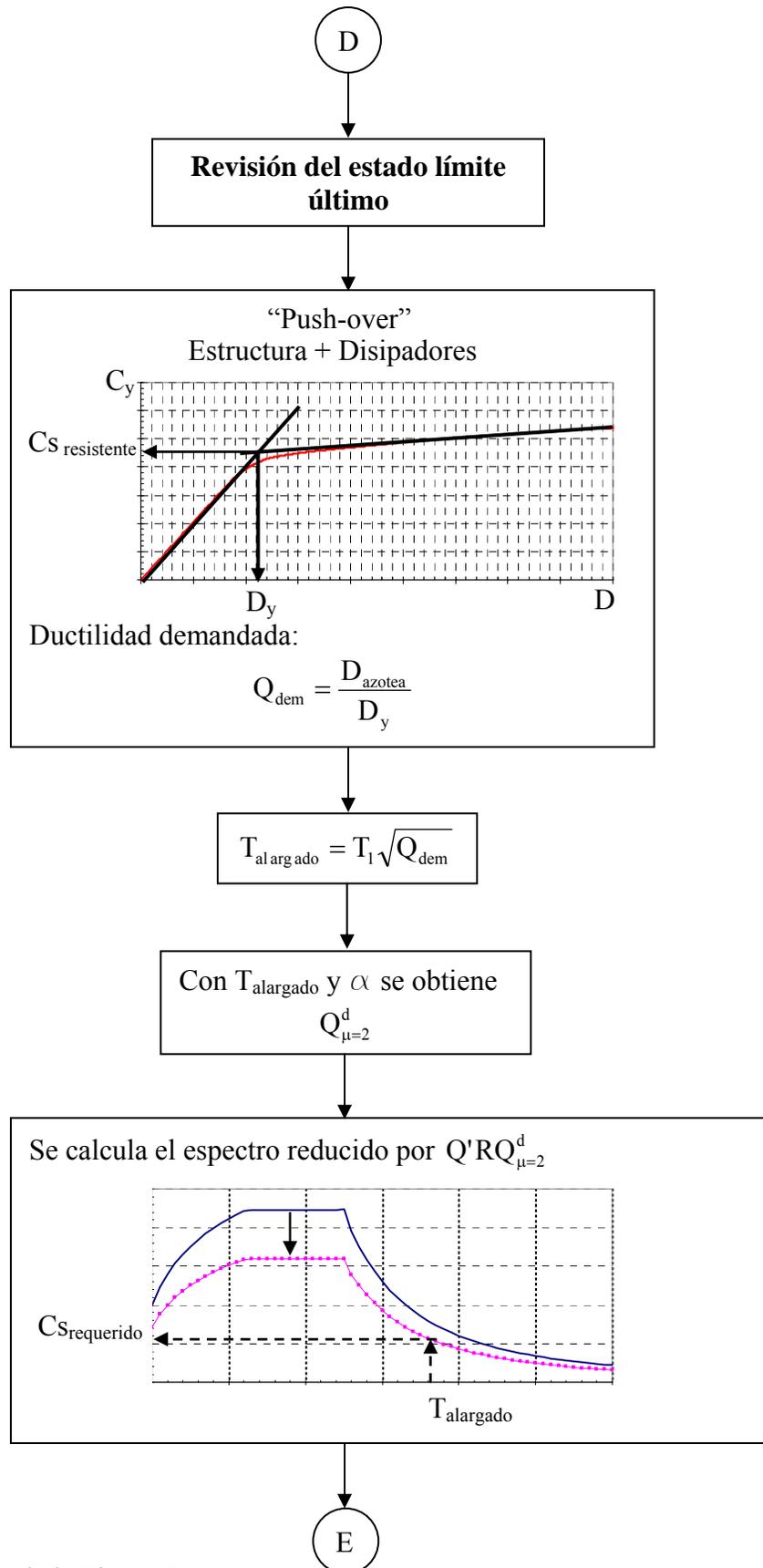
Figura 2.1 Diagrama de bloques del método



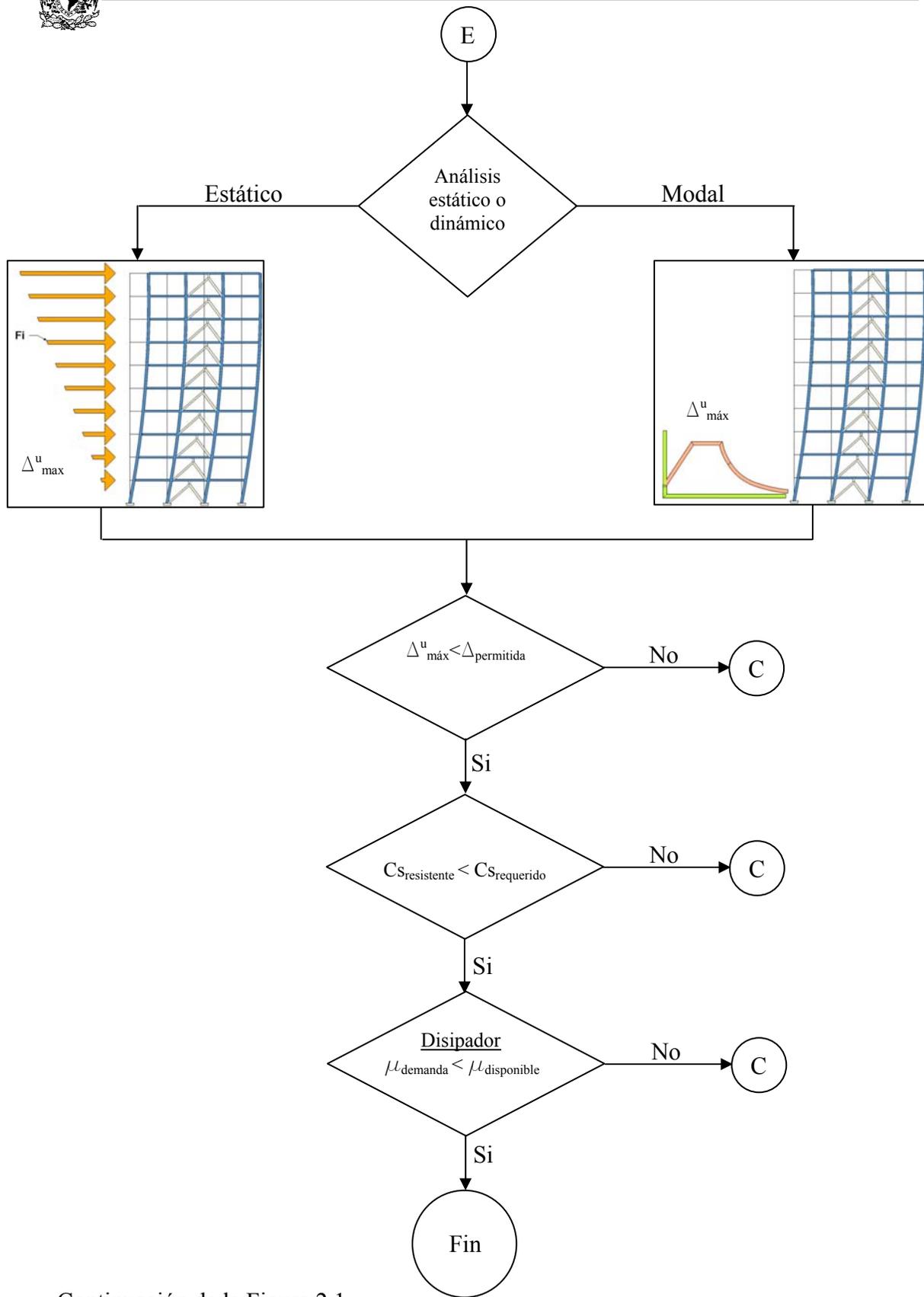
Continuación de la Figura 2.1



Continuación de la Figura 2.1



Continuación de la Figura 2.1



Continuación de la Figura 2.1



- 4E. Posteriormente se calcula la rigidez k_{di} que es necesario añadir al entrepiso para que la distorsión máxima no se exceda de $\Delta_{\text{permitida}}$ (Rivera y Ruiz , 2007):

$$k_{di} = k_{ci} \frac{\Delta_{\text{max},i}^s - \Delta_{\text{permitida}}}{\Delta_{\text{permitida}}} \quad (2.3)$$

donde k_{ci} es la rigidez de cada entrepiso, $\Delta_{\text{permitida}}$ es la distorsión máxima permitida, y $\Delta_{\text{max},i}^s$ es la distorsión máxima del i -ésimo entrepiso obtenida a partir del análisis estático.

- 5E. Se encuentra la rigidez de entrepiso necesaria dada por un sistema disipador de energía. Si los disipadores que se emplearán son tipo TADAS se utiliza la ecuación 2.4 (Tsai *et al*, 1993):

$$k_{di} = \frac{NEbt^3}{6h^3} \quad (2.4)$$

Donde

N = Número de placas.

E = Módulo de elasticidad.

b = Ancho de la base.

t = Espesor de la placa.

h = Altura de la placa.

k_{di} = Rigidez a flexión del sistema de placas.

- 6E. Con la rigidez k_{di} obtenida en el paso anterior se calcula el número de placas por entrepiso (N_i , ecuación 2.5), así como el área de las barras (A_i , ecuación 2.6), la fuerza de fluencia (Py_i , ecuación 2.7) y el esfuerzo de fluencia (fy_i , ecuación 2.8):

$$N_i = \frac{6h^3 k_{di}}{Ebt^3} \quad (2.5)$$

$$A_i = \frac{k_{di}}{4_{\text{barras}}} \frac{L}{E} \quad (2.6)$$

$$Py_i = \frac{fy_i b t^2}{6h} N_i \quad (2.7)$$

$$fy_i = \frac{Py_i}{2A_i} \quad (2.8)$$

- 7E. Enseguida se calcula el valor α . Este es el cociente de rigideces del sistema disipador y de la estructura sin disipadores ($\alpha = K_d / K_c$). Estos valores de rigideces (globales) se obtienen a partir de análisis ante cargas laterales que se aplican a la estructura. El valor de la rigidez del sistema disipador se obtiene de la resta de la rigidez del sistema con disipadores menos la correspondiente al sistema sin disipadores



- 8E. Se estima el periodo fundamental T_1 de vibrar de la estructura con disipadores a partir de la siguiente ecuación:

$$T_1 = \sqrt{\frac{\sum W_i x_i^2}{g \sum F_i x_i}} \quad (2.9)$$

donde x_i es el desplazamiento del nivel i relativo a la base de la altura, en la dirección de la fuerza F_i , g es la aceleración de la gravedad, y las sumatorias se refieren a todos los niveles.

- 9E. Con el valor de α (del paso 7E) y el del periodo fundamental T_1 (del paso 8E) se obtiene el valor de $Q_{\mu=1}^d$ (Ruiz y Rivera, 2007). Este valor es una función del periodo por el que se debe reducir el espectro de diseño debido a la presencia de los disipadores. El subíndice $\mu = 1$ se refiere a la reducción de un espectro lineal elástico (ver Apéndice A de esta tesis).
- 10E. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$ (RCDF-2004), y a partir de la ordenada espectral reducida correspondiente al periodo fundamental, se hace un análisis estático.
- 11E. De los resultados del análisis estático (similar al paso 2E) se verifica que las distorsiones máximas sean menores que la tolerable, $\Delta_{\text{permitida}}$. En caso de que las distorsiones máximas sean mayores, se regresa al paso 5E, se incrementa el número de disipadores, y se repite el procedimiento.
- ✓ Hasta aquí se ha verificado que la distorsión máxima demandada del edificio con disipadores correspondiente al estado límite de servicio es menor que la permitida. En lo que sigue se verifican las condiciones de aceptación correspondientes al estado límite último.

2.1.3. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último

- 12E. Con ayuda de un programa de análisis estructural se realiza un análisis estático no-lineal con carga monotónica creciente ("pushover", en inglés), para obtener el desplazamiento de fluencia D_y y coeficiente sísmico de fluencia C_y .
- 13E. Con el fin de tomar en cuenta el hecho de que el periodo fundamental de la estructura se incrementa debido a la acción del sismo, es necesario calcular el periodo "alargado" de la estructura. Para ello primeramente se obtiene el desplazamiento máximo de azotea, D_{azotea} , que demanda el sistema.



14E. Posteriormente, para encontrar la ductilidad demandada, Q_{dem} , se divide el desplazamiento máximo de azotea (encontrado en el paso 13E) entre el desplazamiento de fluencia δ_y (obtenido en el paso 12E).

$$Q_{dem} = \frac{D_{azotea}}{D_y} \quad (2.10)$$

15E. El periodo “alargado” ($T_{alargado}$) de la estructura con disipadores se calcula como sigue :

$$T_{alargado} = T_{estructura \text{ con disipadores (servicio)}} \sqrt{Q_{dem}} \quad (2.11)$$

16E. Con el valor del periodo alargado $T_{alargado}$ y el valor α (del paso 7E) se entra a la gráfica $Q_{\mu=2}^d$ (se hace notar que en este caso la función $Q_{\mu=2}^d$ se refiere a un factor asociado a espectros con ductilidad $\mu=2$, ver Apéndice A de esta tesis).

17E. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$ y se calcula el valor del coeficiente sísmico C_s asociado al periodo alargado $T_{alargado}$.

18E. Se verifica que la distorsión máxima de entrepiso sea menor que la tolerable.

19E. Se verifica que la resistencia de la estructura sea mayor que la requerida, comparando el valor de C_y (obtenido del paso 12E) con el de C_s (calculada en el paso 17E).

20E. Se calcula la ductilidad que desarrolla el disipador dividiendo el desplazamiento máximo de entrepiso entre el desplazamiento de fluencia del disipador (Δ_{ydis}). Si los disipadores son tipo TADAS este último valor se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta_{ydis} = \frac{F_y h^2}{Et} \quad (2.12)$$

2.2. Método modal espectral para edificios con disipadores de energía

El método modal es similar al descrito anteriormente, excepto que en vez de calcular la respuesta mediante fuerzas estáticas aplicadas horizontalmente sobre la estructura, se emplea el método modal espectral. Los pasos que se deben seguir se indican en el diagrama de bloques de la Figura 2.1. Estos son como sigue (Ruiz y Presichi 2007):

2.2.1. Revisión inicial

Primeramente se debe hacer una revisión del perfil de distorsiones máximas para saber si es necesario reforzar la estructura por servicio (pasos 1M a 3M):



- 1M. Se obtienen los coeficientes de participación del análisis dinámico modal y se encuentra el número de modos necesarios para que la suma de los pesos efectivos (ecuación 1.6) sea mayor o igual a 90% del peso total de la estructura.
- 2M. Se realiza un análisis modal utilizando el espectro del RCDF-2004 reducido por Q'R (ver capítulo 1, sección 1.2.1, y Apéndice B de esta tesis).
- 3M. A partir de los resultados del análisis modal se verifica que el perfil de distorsiones máximas sea menor o igual al establecido como límite. Si el perfil de distorsiones máximas se excede, entonces será necesario reforzar con disipadores. En este caso se procede con lo siguiente:

2.2.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio

- 4M. Se calcula la rigidez de cada entrepiso k_{ci} (ecuación 2.2).
- 5M. A partir de las distorsiones excedidas (obtenidas del paso 3M), se calcula la rigidez de entrepiso necesaria, k_{di} , con la siguiente ecuación:

$$k_{di} = k_{ci} \frac{\Delta_{\max,i}^s - \Delta_{\text{permitida}}}{\Delta_{\text{permitida}}} \quad (2.13)$$

donde k_{ci} es la rigidez de cada entrepiso, $\Delta_{\text{permitida}}$ es la distorsión máxima permisible (RCDF-2004), Δ_{\max}^s es la distorsión máxima de cada entrepiso obtenida a partir del análisis modal.

- 6M. Se calcula la rigidez de entrepiso necesaria que deben proporcionar los disipadores k_{di} . En el caso de que se proponga un tipo de disipador de energía tipo TADAS, k_{di} se puede calcular como sigue:

$$k_{di} = \frac{NEbt^3}{6h^3} \quad (2.14)$$

- 7M. Con la rigidez obtenida en el paso 6M se calcula el número de disipadores por entrepiso (N_i , ecuación 2.15), así como el área de las barras (A_i , ecuación 2.16), la fuerza de fluencia (Py_i , ecuación 2.17) y el esfuerzo de fluencia (F_{yi} , ecuación 2.18):

$$N_i = \frac{6h^3k_{di}}{Ebt^3} \quad (2.15)$$

$$A_i = \frac{k_{di}}{4_{\text{barras}}} \frac{L}{E} \quad (2.16)$$

$$Py_i = \frac{F_y bt^2}{6h} N_i \quad (2.17)$$

$$F_{yi} = \frac{Py_i}{2A_i} \quad (2.18)$$



- 8M. Con el fin de obtener el valor de $\alpha = K_d / K_c$, se realiza un análisis ante cargas laterales (con distribución de carga del modo fundamental) del sistema con disipadores y sin disipadores. A partir de estos análisis se obtiene $(K_c + K_d)$ y K_c , respectivamente. A partir de la relación de rigideces se calcula α .
- 9M. Se modela la estructura con disipadores y se obtiene su periodo fundamental de vibración (T_1).
- 10M. Con el valor de α (del paso 8M) y el periodo T_1 (del paso 9M) se obtiene $Q_{\mu=1}^d$ (ver Apéndice A de esta tesis).
- 11M. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$, y se realiza un análisis modal de la estructura.
- 12M. Se verifica que las distorsiones máximas de entrepiso sean menores que la tolerable, $\Delta_{\text{permitida}}$.
- ✓ Hasta aquí se ha verificado que la distorsión máxima demandada del edificio con disipadores correspondiente al estado límite de servicio es menor que la distorsión permitida. En lo que sigue se revisan las condiciones de aceptación del estado límite último.

2.2.2. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último

- 13M. Se realiza un análisis estático con carga monotónica creciente no-lineal ("pushover", en inglés). A partir de este análisis se obtienen los valores de C_y y de D_y .
- 14M. Con el fin de obtener el periodo "alargado" de la estructura, primeramente se obtiene el desplazamiento máximo de azotea, D_{azotea} , que demanda el sistema, (utilizando las ordenadas espectrales reducidas entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$ (paso 11M), y multiplicadas por QR).
- 15M. Para encontrar la ductilidad demandada, Q_{dem} , se divide el desplazamiento máximo de azotea entre el desplazamiento de fluencia δ_y .

$$Q_{\text{dem}} = \frac{D_{\text{azotea}}}{D_y} \quad (2.19)$$

- 16M. Se calcula el periodo "alargado" (T_{alargado}) de la estructura con disipadores correspondiente a la ductilidad demandada Q_{dem} , como sigue:

$$T_{\text{alargado}} = T_{\text{estructura con disipadores (servicio)}} \sqrt{Q_{\text{dem}}} \quad (2.20)$$



- 17M. Con el periodo alargado T_{alargado} y α (del paso 10M) se obtiene el valor de $Q_{\mu=2}^d$.
(Nótese que en este caso se utiliza el factor de reducción por disipación de energía que está asociado a un espectro con ductilidad $\mu = 2$).
- 18M. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$.
- 19M. Se verifica que las distorsiones máximas de entrepiso sean menores que la permisible.
- 20M. Se verifica que la resistencia de la estructura sea mayor que la requerida, comparando los coeficientes sísmicos obtenidos en el paso 13M con los calculados en el paso 18M.
- 21M. Se calcula la ductilidad máxima que desarrolla el sistema disipador en cada entrepiso, y se verifica que sea menor que su ductilidad disponible (obtenida de pruebas de laboratorio).



Capítulo 3

DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS QUE SE ANALIZAN CON LOS MÉTODOS ESTÁTICO Y MODAL

En este capítulo se describen las características de los dos edificios que se analizan en esta tesis. El primero es de diez niveles y el segundo de 24 niveles. Ambos se localizan en la zona IIIb del Valle de México.

3.1. Descripción del edificio de diez niveles

a). Las intensidades de las cargas son:

- Para los niveles del 1 al 9 se propuso un valor de carga muerta más viva de 900 kg/m².
- Para el nivel 10 se propuso el 75% del valor de la carga utilizado en los niveles inferiores.

b). El uso que se le dará al edificio es de oficinas, por lo que se considera del grupo B (artículo 174 del RCDF-2004).



c). Se suponen las siguientes propiedades de los materiales:

- Concreto clase I
- Peso volumétrico del concreto $\gamma = 2300 \text{ kg/cm}^3$
- Resistencia del concreto a compresión pura $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 14000 \sqrt{f'c}$
- Esfuerzo de fluencia del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del acero $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

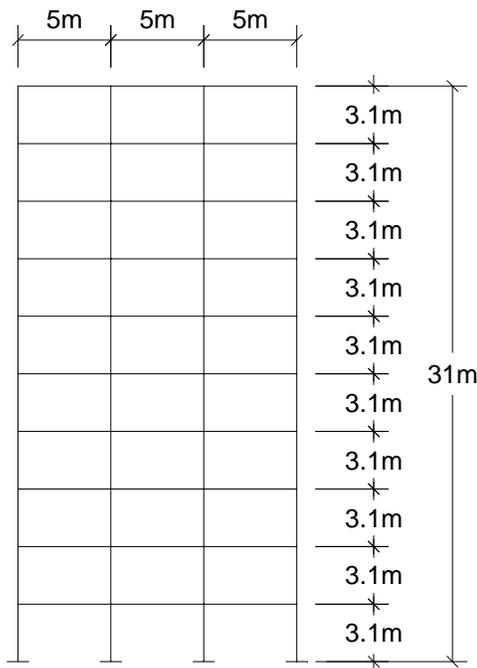
d). La altura de entrepiso es de 3.1 m.

e). La distancia entre ejes de columna es de 5m.

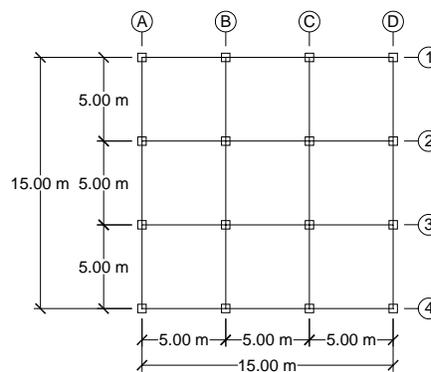
f). Se supone que las losas son diafragmas rígidos en su plano.

g). Los cuatro marcos poseen la misma rigidez lateral, por lo que los cortantes sísmicos que corresponden a un marco son el 25% de los cortantes sísmicos totales de la estructura.

h). Se hace la hipótesis de que los apoyos tienen empotramiento perfecto.



a) Vista en corte



b) Vista en planta

| Dimensiones de trabes y columnas | | |
|----------------------------------|---------------|-------------|
| Nivel | Columnas (cm) | Trabes (cm) |
| 9 y 10 | 42 | 35 x 75 |
| 7 y 8 | 50 | |
| 5 y 6 | 54 | |
| 1 a 4 | 56 | |

Figura 3.1 Geometría y dimensiones del edificio de 10 niveles



3.2. Descripción del edificio de veinticuatro niveles

Se trata de un edificio constituido por columnas de sección compuesta y vigas de perfiles I.

- a). Las intensidades de las cargas de diseño son las siguientes:
- Para los niveles del 1 al 22 se supone una carga muerta más viva de 2806.89 kg/m².
 - Para el nivel 24 se supone el 75% del valor de la carga usada en los niveles inferiores.
- b). El uso que se le dará al edificio es de oficinas por lo que se considera del grupo B (artículo 174 del RCDF-2004).
- c). Se consideran las siguientes propiedades
- Concreto clase 1
 - Peso volumétrico del concreto $\gamma = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 - Resistencia del concreto a compresión pura (columnas) $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
 - Resistencia del concreto a compresión pura (losa) $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de elasticidad del concreto $E_c = 14000 \sqrt{f'c}$
 - Esfuerzo de fluencia del acero (losa) $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 - Esfuerzo de fluencia de perfiles I (columnas y vigas) $f_y = 3515 \text{ kg/cm}^2$
 - Módulo de elasticidad del acero $E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- d). El edificio es regular en planta. La profundidad del sótano medida desde el nivel exterior es de 4.0m, y la altura medida sobre la banqueta hasta el nivel de la azotea es de 110.8m. El edificio presenta cuatro cambios en su altura en las dimensiones de secciones transversales de sus columnas, traveses y contravientos: de la cimentación al nivel 3, del nivel 4 al nivel 8, del nivel 9 al nivel 13, y del nivel 14 a la azotea.
- e). En esta tesis se analiza en particular el marco del eje 4 (ver Figura 3.2) del edificio. Las columnas exteriores (correspondientes a los ejes B y H) son de sección compuesta de 1.20m x 1.20m con perfil I de acero estructural. Las columnas de los ejes C, D, E, F y G también son de sección compuesta de 0.80m x 0.80m. Las columnas que están entre los ejes E y F, no tienen recubrimiento de concreto.
- f). Con la intención de suministrar soporte lateral a las traveses principales y disminuir el peralte de la losa debido a la amplitud del claro de los tableros que conforman el sistema de piso, se instalaron traveses secundarios de perfil tipo I (Tabla 3.1). En la Tabla 3.2 se muestran los perfiles empleados en la estructura (ver Figura 3.2).



Tabla 3.1 Secciones de vigas principales y secundarias

| NIVEL | TRABES PRINCIPALES | TRABES SECUNDARIAS |
|----------|--------------------|--------------------|
| Sótano-3 | W 36 X 135 | W 16 X 26 |
| 4-8 | W 36 X 194 | W 16 X 31 |
| 9-13 | W 36 X 170 | W 12 X 14 |
| 14-17 | W 21 X 44 | W 12 X 14 |
| 17-24 | W 36 X 160 | W 12 X 14 |

Tabla 3.2 Secciones de columnas y contravientos

| NIVEL | COLUMNAS | CONTRAVIENTOS |
|---------|------------|---------------|
| Sótano | W 14 X 211 | W 14 X 132 |
| P. Baja | W 14 X 211 | W 14 X 132 |
| 1 | W 14 X 211 | W 14 X 132 |
| 2 | W 14 X 211 | W 14 X 132 |
| 3 | W 14 X 211 | W 14 X 132 |
| 4 | W 14 X 145 | W 14 X 120 |
| 5 | W 14 X 145 | W 14 X 120 |
| 6 | W 14 X 145 | W 14 X 120 |
| 7 | W 14 X 145 | W 14 X 120 |
| 8 | W 14 X 145 | W 14 X 120 |
| 9 | W 14 X 90 | W 14 X 82 |
| 10 | W 14 X 90 | W 14 X 82 |
| 11 | W 14 X 90 | W 14 X 82 |
| 12 | W 14 X 90 | W 14 X 82 |
| 13 | W 14 X 90 | W 14 X 82 |
| 14 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 15 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 16 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 17 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 18 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 19 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 20 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 21 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |
| 22 | W 12 X 53 | W 12 X 58 |

Los archivos de datos correspondientes a los edificios de 10 y 24 niveles se presentan en el Apéndice C de esta tesis.



Capítulo 4

APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTÁTICO AL EDIFICIO DE 10 NIVELES CON DISIPADORES DE ENERGÍA TIPO TADAS

En este capítulo se ilustra paso a paso la aplicación del método estático para edificios con disipadores de energía al edificio de diez niveles descrito en el capítulo anterior. En este trabajo se considero el análisis de cada edificio en el plano despreciando posibles efectos de torsión

4.1. Revisión inicial

El primer paso consiste en revisar el perfil de distorsión máxima de entrepiso (calculado con el método estático) para saber si la estructura necesita ser reforzada.

1E10. Primeramente se calcula el periodo fundamental de la estructura con la ecuación 2.9 (ver Tabla 4.1).

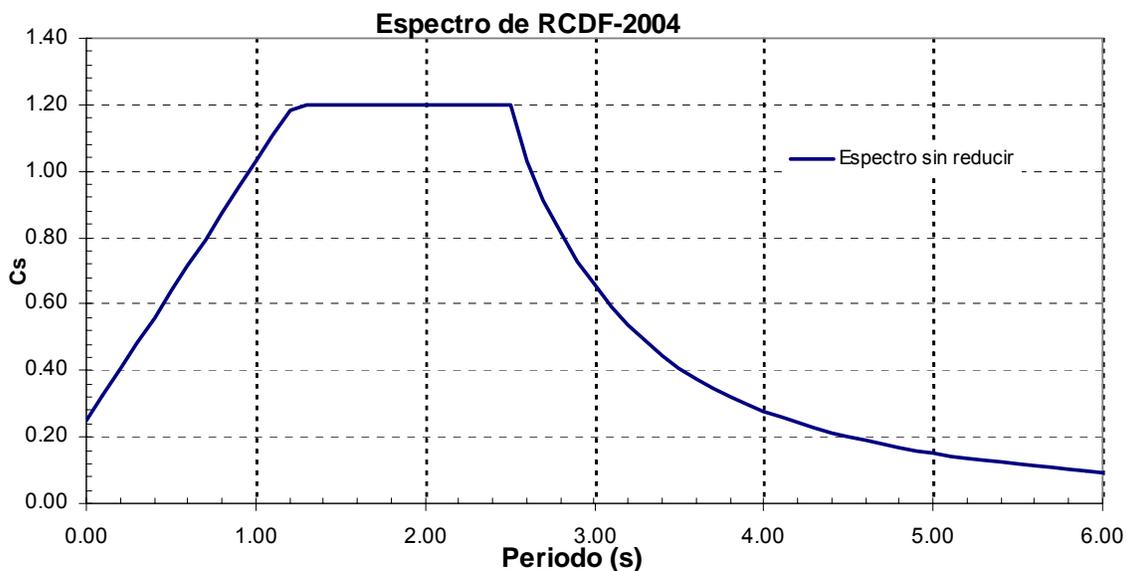


Tabla 4.1 Cálculo del periodo fundamental de la estructura

| Nivel | W _i (ton) | F _i (ton) | x _i (m) | W _i x _i ² | F _i x _i |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| 10 | 39.79 | 20.00 | 0.115 | 0.53 | 2.30 |
| 9 | 54.28 | 18.00 | 0.111 | 0.67 | 2.00 |
| 8 | 55.04 | 16.00 | 0.103 | 0.59 | 1.65 |
| 7 | 55.80 | 14.00 | 0.095 | 0.50 | 1.33 |
| 6 | 56.23 | 12.00 | 0.084 | 0.40 | 1.01 |
| 5 | 56.66 | 10.00 | 0.073 | 0.30 | 0.73 |
| 4 | 56.89 | 8.00 | 0.060 | 0.21 | 0.48 |
| 3 | 57.12 | 6.00 | 0.047 | 0.13 | 0.28 |
| 2 | 57.12 | 4.00 | 0.033 | 0.06 | 0.13 |
| 1 | 57.12 | 2.00 | 0.019 | 0.02 | 0.04 |
| Σ W _i = | 546.04 | | Σ = | 3.40 | 9.95 |

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i x_i^2}{g \sum F_i x_i}} = 2\pi \sqrt{\frac{3.40}{9.81(9.95)}} = 1.17s$$

Con el valor del periodo T_1 se obtiene la ordenada espectral de diseño como se indica en el Apéndice A del RCDF-2004. Los parámetros del espectro de diseño son los siguientes: $\beta = 1.0$; factor de reducción por amortiguamiento suplementario, que es igual a uno cuando se ignora la interacción suelo-estructura. $k = 0.35$, $Q = 2.0$, $T_s = 2.07s$ (ver mapa de zonificación de periodos Figura A.1 del RCDF-2004), $T_a = 1.22s$, $T_b = 2.48s$, $R = 2.02$, $Q' = 2.52$. Utilizando estos parámetros se obtienen las Figuras 4.1 y 4.2.

Figura 4.1 Espectro del Apéndice A del RCDF-2004, $T_s = 2.07s$

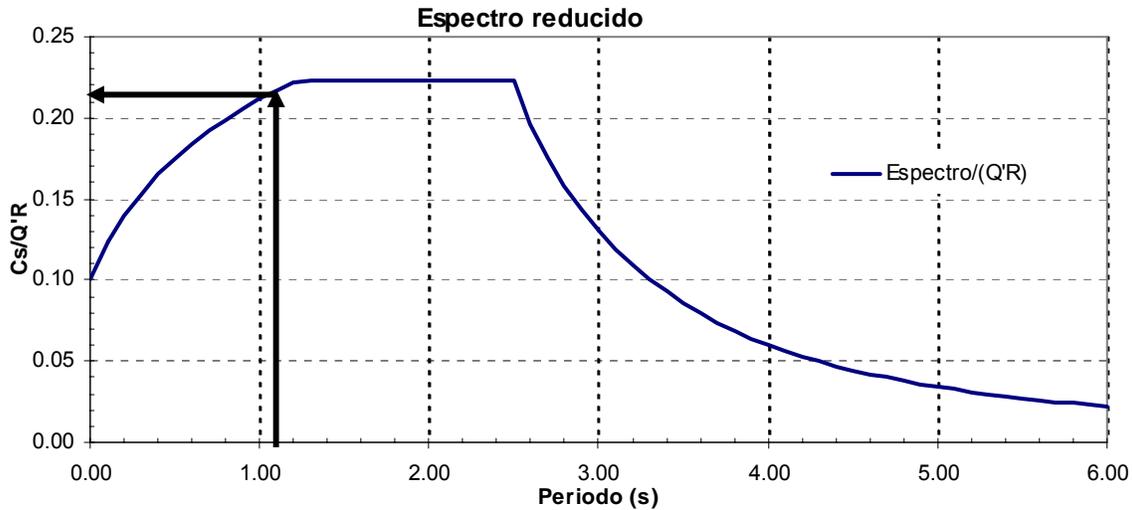


Figura 4.2 Espectro reducido por sobre-resistencia R y por Q'

Con la ecuación 4.1 se calculan las fuerzas horizontales (ver Tabla 4.2) que se aplican en el centro de masas en cada nivel.

$$F_i = \frac{C_s}{Q'R} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} \tag{4.1}$$

El coeficiente sísmico reducido C_s ($C_s/Q'R=0.21$) asociado al periodo fundamental de la estructura ($T_1=1.17s$) se obtiene del espectro de diseño (Figura 4.2). El factor de reducción por ductilidad ($Q'=Q$) se obtiene con la ecuación B.7.

Tabla 4.2 Fuerzas cortantes obtenidas a partir del método estático (ecuación 4.1, ver sección 2.1.1 del capítulo 2) actuando en el centro de masas de cada entrepiso

| Nivel | W_i (ton) | h_i (m) | $W_i h_i$ (ton-m) | F_i (ton) |
|---------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|
| 10 | 39.79 | 31.00 | 1233.63 | 15.69 |
| 9 | 54.28 | 27.90 | 1514.31 | 19.26 |
| 8 | 55.04 | 24.80 | 1364.95 | 17.36 |
| 7 | 55.80 | 21.70 | 1210.86 | 15.40 |
| 6 | 56.23 | 18.60 | 1045.89 | 13.30 |
| 5 | 56.66 | 15.50 | 878.25 | 11.17 |
| 4 | 56.89 | 12.40 | 705.42 | 8.97 |
| 3 | 57.12 | 9.30 | 531.18 | 6.76 |
| 2 | 57.12 | 6.20 | 354.12 | 4.50 |
| 1 | 57.12 | 3.10 | 177.06 | 2.25 |
| $\Sigma W_i=$ | 546.04 | $\Sigma W_i h_i=$ | 9015.68 | |

2E10. A partir del análisis estático se obtienen las distorsiones máximas de entrepiso. Se verifica que estas sean menores que la distorsión tolerable (establecida aquí igual a 0.002). Dado que esto no se cumple (ver Figura 4.3), se concluye que es necesario reforzar los entrepisos en los que se excede dicha distorsión. Aquí se



está suponiendo que la distorsión tolerable es 0.002 correspondiente a una estructura con muros ligados según el Apéndice A del RCDF-2004. Rigurosamente esta distorsión tolerable debería ser igual a 0.004, pero se supuso una menor con fines ilustrativos.

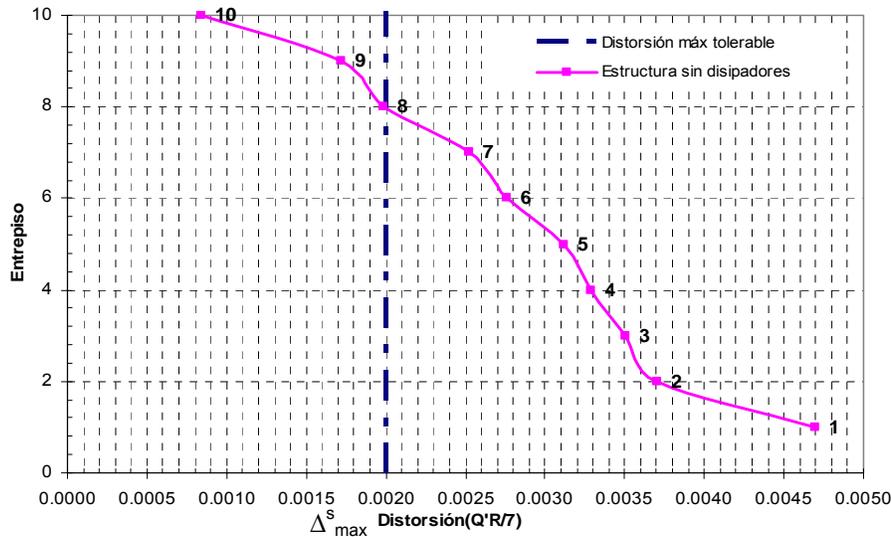


Figura 4.3 Perfil de distorsiones máximas

4.2. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio

- 3E10. Para revisar la condición de aceptación del estado límite de servicio ($\Delta_{max}^s < \Delta_{permitida}$) primeramente se calcula la rigidez de cada entrepiso k_{ci} (ecuación 2.2). Dicha rigidez se muestra en la tercera columna de la Tabla 4.3.
- 4E10. Se calcula la rigidez necesaria k_{di} para cada entrepiso (con la ecuación 2.3), tal que no se exceda la distorsión permitida $\Delta_{permitida}$. Dicha rigidez se presenta en la cuarta columna de la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Cálculo de la rigidez de entrepiso necesaria por entrepiso

| Entrepiso | Δ_{max}^s | k_{ci} (ton/m) | k_{di} (ton/m) |
|-----------|------------------|---------------------|---------------------|
| 10 | 0.00084 | 1408.87 | 0 |
| 9 | 0.00172 | 1508.77 | 0 |
| 8 | 0.00198 | 2314.03 | 0 |
| 7 | 0.00252 | 2369.91 | 621 |
| 6 | 0.00276 | 2397.68 | 910 |
| 5 | 0.00312 | 2407.76 | 1343 |
| 4 | 0.00329 | 2421.73 | 1565 |
| 3 | 0.00351 | 2432.65 | 1837 |
| 2 | 0.00370 | 2518.16 | 2141 |
| 1 | 0.00470 | 3642.44 | 4918 |



5E10. En este ejemplo se supone que se utilizarán disipadores TADAS por lo que se debe satisfacer la ecuación 2.4. Las propiedades del material que constituyen las placas son las siguientes: $E = 21,000,000.00 \text{ ton/m}^2$ y $f_y = 25300 \text{ ton/m}^2$.

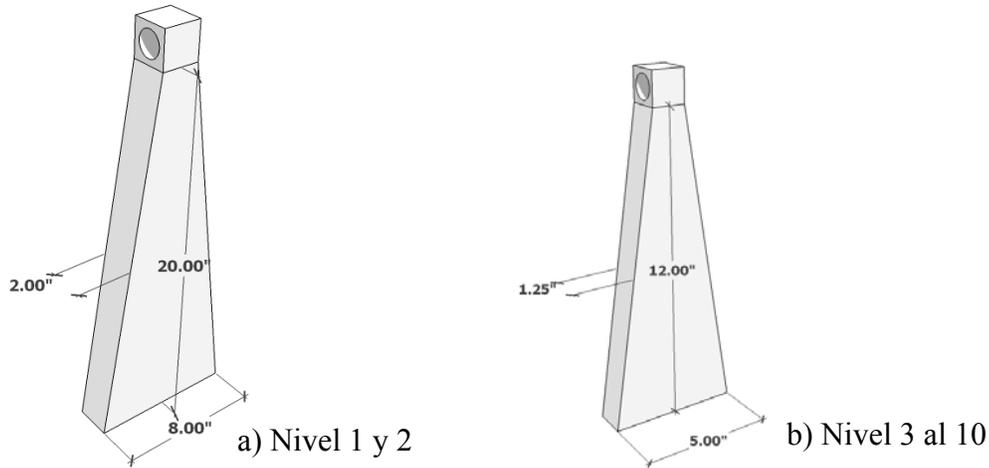


Figura 4.4 Placas tipo TADAS y dimensiones propuestas

6E10. Con la rigidez obtenida en el paso 4E10 se calcula el número de disipadores por entrepiso N_i (ecuación 2.5), así como el área de las barras A_i (ecuación 2.6), la fuerza de fluencia P_{y_i} (ecuación 2.7), y el esfuerzo de fluencia f_{y_i} (ecuación 2.8). Los resultados se muestran en la Tabla 4.4. En la columna 4 de esta Tabla se presenta el número de disipadores calculados con la ecuación 2.5; sin embargo este número no fue suficiente para que se cumpliera la condición de aceptación del estado límite de servicio, por lo que después de tres iteraciones dicho número de disipadores se incrementó como aparece en la columna 5 de la Tabla 4.4. Las propiedades de los disipadores que aparecen en las columnas 6 a 9 corresponden al número de placas que aparece en la columna 5.

Tabla 4.4 Propiedades de los disipadores propuestos

| Entrepiso | Rigidez necesita k_{di} (ton/m) | Número de placas por entrepiso | Redondeo de placas (automático) (4) | Número final de placas | Rigidez con placas redondeadas k_{di} (ton/m) (6) | Áreas para cada barra (m^2) (7) | P_y (ton) (8) | f_y (ton/m^2) (9) |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
| 10 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1,005 | 2.99E-05 | 3.54 | 59224 |
| 9 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1,005 | 2.99E-05 | 3.54 | 59224 |
| 8 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1,005 | 2.99E-05 | 3.54 | 59224 |
| 7 | 621 | 1.24 | 2 | 6 | 3,014 | 8.97E-05 | 10.63 | 59224 |
| 6 | 910 | 1.81 | 2 | 6 | 3,014 | 8.97E-05 | 10.63 | 59224 |
| 5 | 1,343 | 2.67 | 3 | 14 | 7,034 | 2.09E-04 | 24.80 | 59224 |
| 4 | 1,565 | 3.12 | 4 | 14 | 7,034 | 2.09E-04 | 24.80 | 59224 |
| 3 | 1,837 | 3.66 | 4 | 14 | 7,034 | 2.09E-04 | 24.80 | 59224 |
| 2 | 2,141 | 4.26 | 5 | 20 | 14,224 | 4.23E-04 | 87.05 | 102819 |
| 1 | 4,918 | 9.79 | 10 | 20 | 14,224 | 4.23E-04 | 87.05 | 102819 |

La distribución de los disipadores a lo alto del marco se presenta en la Figura 4.5.

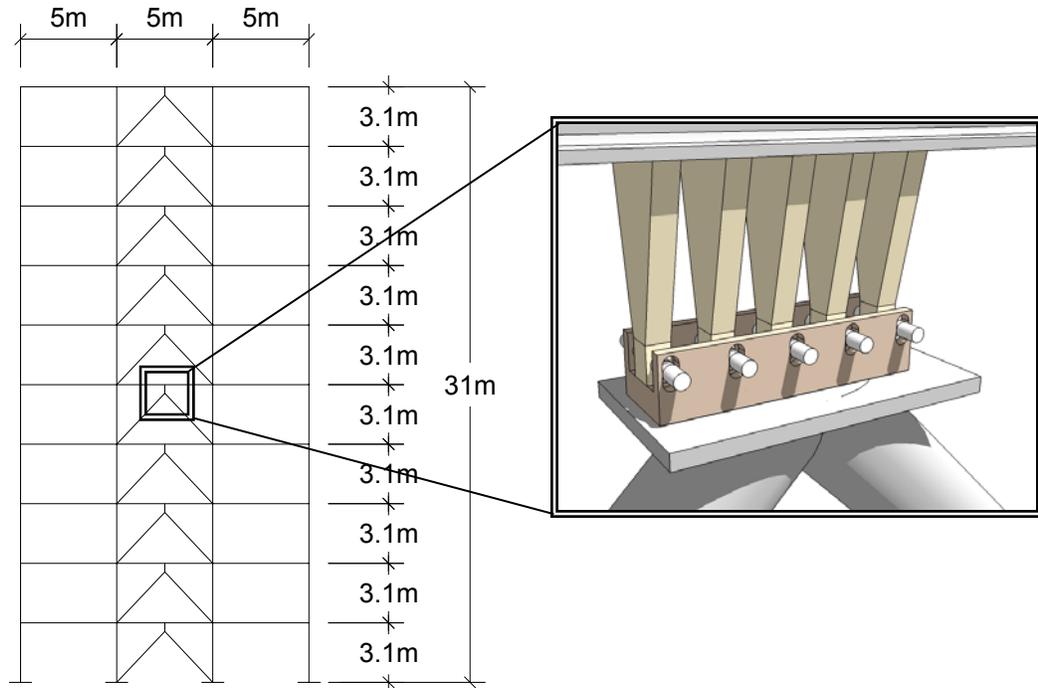


Figura 4.5 Distribución de disipadores en el marco

7E10. Enseguida se calcula el valor de α correspondiente del marco con el número de disipadores que aparece en la columna 5 de la Tabla 4.4. Los valores de las rigideces globales de las estructuras con disipadores, y alternativamente sin disipadores, así como la rigidez del sistema disipador se presentan en la Figura 4.6. A partir de esta se encuentra $\alpha = 0.41$.

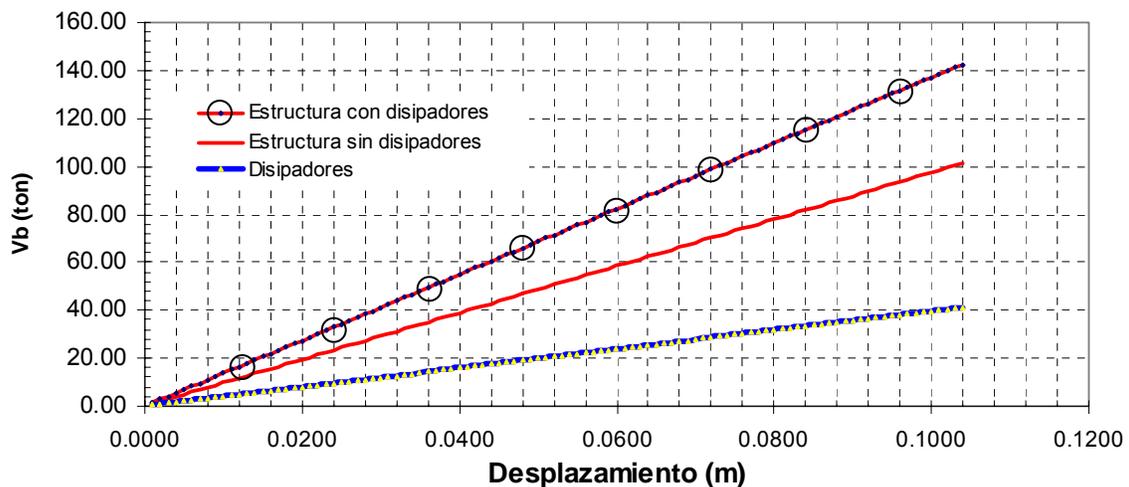


Figura 4.6 Rigideces globales de los sistemas estructurales

8E10. Se modela la estructura con los disipadores propuestos en la columna 5 de la Tabla 4.4, y se obtiene el periodo fundamental igual a $T_1 = 0.95s$ (con la ecuación 2.9).



9E10. Con el valor de $\alpha=0.41$ y el periodo fundamental ($T_1 = 0.95s$) del edificio con disipadores se obtiene $Q_{\mu=1}^d = 1.10$ (Rivera y Ruiz 2007). Este es un factor de reducción del espectro de diseño lineal debido a la disipación de energía debida a la presencia de los elementos TADAS (ver Apéndice A de esta tesis). Es decir que debido a los disipadores las ordenadas del espectro de diseño se reducen 10%.

10E10. Se divide la ordenada espectral (correspondiente a $T_1=0.95s$) entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$, y se hace un análisis estático usando la ecuación 4.11.

$$F_i = \frac{C_s}{RQ'Q_{\mu=1}^d} W_i h_i \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i}; \quad \frac{c}{RQ'} \geq a_o \quad (4.11)$$

11E10. Los resultados de dicho análisis se presentan en las Tablas 4.5 y 4.6 (usando las fuerzas F_i encontradas en el paso anterior, en donde $C_s/Q'RQ_{\mu=1}^d=0.191$).

Tabla 4.5 Resultado del análisis estático de la estructura con disipadores

| Nivel | W_i (ton) | h_i (m) | $W_i h_i$ (ton-m) | F_i (ton) |
|-------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------|
| 10 | 39.79 | 31.00 | 1233.63 | 14.26 |
| 9 | 54.28 | 27.90 | 1514.31 | 17.51 |
| 8 | 55.04 | 24.80 | 1364.95 | 15.78 |
| 7 | 55.80 | 21.70 | 1210.86 | 14.00 |
| 6 | 56.23 | 18.60 | 1045.89 | 12.09 |
| 5 | 56.66 | 15.50 | 878.25 | 10.15 |
| 4 | 56.89 | 12.40 | 705.42 | 8.16 |
| 3 | 57.12 | 9.30 | 531.18 | 6.14 |
| 2 | 57.12 | 6.20 | 354.12 | 4.09 |
| 1 | 57.12 | 3.10 | 177.06 | 2.05 |
| | $\Sigma W_i=$ 546.04 | $\Sigma W_i h_i=$ | 9015.68 | 104.24 |

Tabla 4.6 Distorsiones máximas de entrepiso

| Entrepiso | Altura de entrepiso (m) | Desplazamiento (reducido) (m) | Distorsión (reducida) | Distorsión ($Q'R/7$) (real) |
|-----------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 10 | 3.10 | 0.0773 | 0.0009 | 0.0007 |
| 9 | 3.10 | 0.0744 | 0.0020 | 0.0014 |
| 8 | 3.10 | 0.0683 | 0.0023 | 0.0017 |
| 7 | 3.10 | 0.0611 | 0.0030 | 0.0022 |
| 6 | 3.10 | 0.0519 | 0.0028 | 0.0020 |
| 5 | 3.10 | 0.0432 | 0.0027 | 0.0020 |
| 4 | 3.10 | 0.0348 | 0.0028 | 0.0020 |
| 3 | 3.10 | 0.0261 | 0.0028 | 0.0021 |
| 2 | 3.10 | 0.0173 | 0.0025 | 0.0018 |
| 1 | 3.10 | 0.0096 | 0.0031 | 0.0023 |



En la Tabla 4.6 la columna 3 representa los desplazamientos máximos de los entresijos reducidos por $Q'RQ_{\mu=1}^d$. La columna 4 las correspondientes distorsiones máximas de entresijo obtenidas a partir de la columna 3. La columna 5 es la distorsión real, obtenida al multiplicar la columna 4 por $Q'R/7$.

12E10. Se verifica que las distorsiones máximas calculadas sean menores que la permitida $\Delta_{\text{permitida}} = 0.002$ (ver Tabla 4.6 y Figura 4.7).

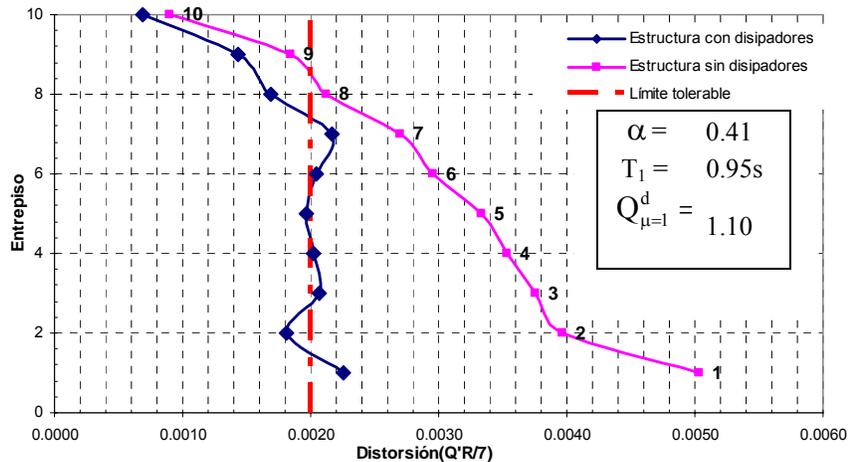


Figura 4.7 Perfil de distorsiones máximas correspondientes al estado límite de servicio

- ✓ Hasta aquí se ha verificado que la distorsión máxima demandada del edificio con disipadores correspondiente al estado límite de servicio sea menor que o aproximadamente igual a 0.002. En lo que sigue se revisan las condiciones de aceptación del estado límite último.

4.3. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último

13E10. El siguiente paso es realizar un análisis con carga monotónica creciente ("pushover", en inglés) con los disipadores propuestos en la columna 5 de la Tabla 4.3. A partir de este resultado se obtienen los valores de $C_y = 0.16$ y $\delta_y = 0.003$ (ver Figura 4.8), en donde δ_y representa la distorsión de fluencia.

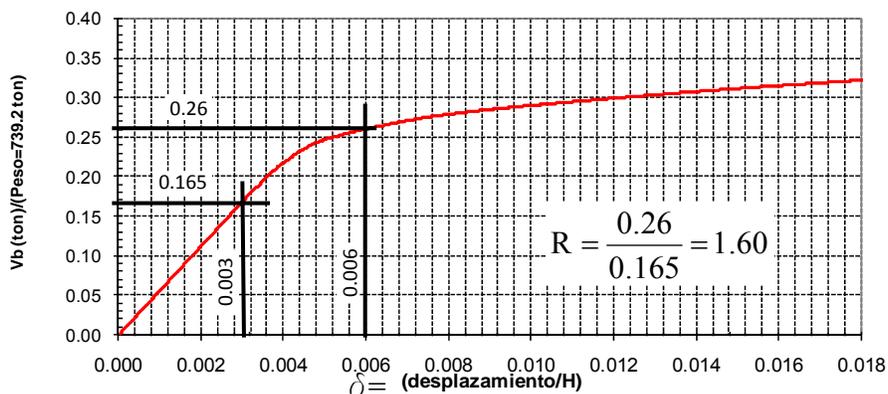


Figura 4.8. Resultado del análisis no-lineal ("pushover")



14E10. En lo que sigue se obtiene el desplazamiento máximo de azotea que demanda el sistema asociado al estado límite cercano al colapso:

$$D_{\text{azotea}} = \overbrace{0.077\text{m}}^{\text{Desplazamiento reducido de azotea}} \times \overbrace{2.00}^Q \times \overbrace{1.60}^R = 0.247\text{m}$$

donde 0.077m es el desplazamiento máximo reducido de azotea (tercera columna, correspondiente al entrepiso 10, de la Tabla 4.6), Q es la ductilidad de diseño del edificio, y R es el factor de sobre-resistencia (Figura 4.8).

15E10. Para encontrar la ductilidad demandada Q_{dem} se divide el desplazamiento máximo de azotea (D_{azotea}) entre el desplazamiento de fluencia

$$Q_{\text{dem}} = \frac{D_{\text{azotea}}}{(H_{\text{edificio}})(\delta_y)} = \frac{0.247}{(31)(0.003)} = 2.66$$

en donde $H_{\text{edificio}} = 31\text{m}$
 $\delta_y = 0.003$

16E10. Se calcula el periodo "alargado" (T_{alargado}) de la estructura con disipadores correspondiente a la ductilidad demandada, Q_{dem} .

$$T_{\text{estructura con disipadores}} = 0.95\text{s}$$

$$Q_{\text{dem}} = 2.66$$

$$T_{\text{alargado}} = 0.95\text{s}\sqrt{2.66} = 1.55\text{s}$$

17E10. Con el T_{alargado} y el valor de $\alpha = 0.41$ (del paso 7E10) se obtiene $Q_{\mu=2}^d$ correspondiente a un espectro con ductilidad $\mu=2$ (ver Apéndice A de esta tesis).

$$T_{\text{alargado}} = 1.55\text{s}$$

$$\alpha = 0.41$$

$$Q_{\mu=2}^d = 1.05$$

En este caso la reducción de las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores es de 5%.

18E10. Con el fin de encontrar el valor del coeficiente sísmico requerido se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$ (Figura 4.9). A partir del espectro reducido se encuentra que $C_s/Q'RQ_{\mu=2}^d = 0.257$ para un periodo $T_{\text{alargado}} = 1.55\text{s}$

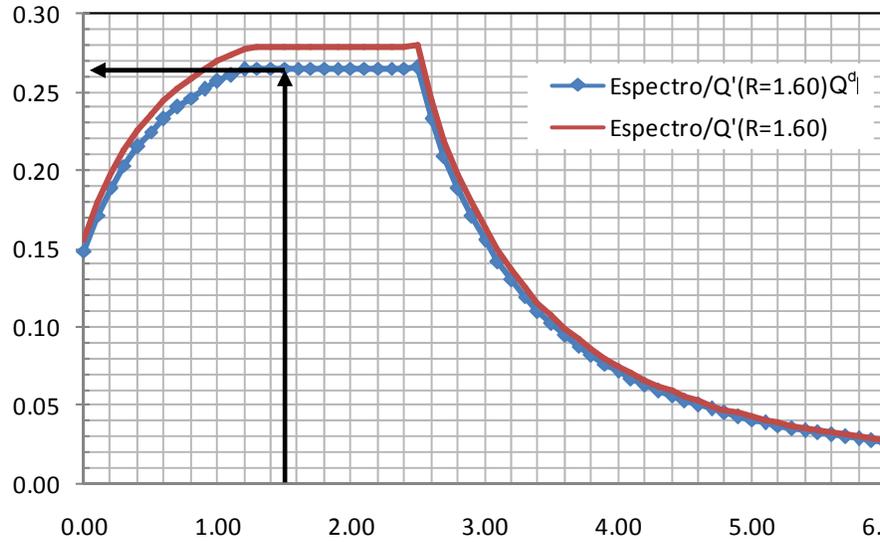


Figura 4.9 Espectro de diseño del Apéndice A del RCDF reducido por $Q'RQ_{\mu=2}^d$

- ✓ Con lo anterior se tienen los datos para verificar que la resistencia global de la estructura sea mayor que la requerida (ver pasos 13E10 y 18E10).

$$C_{S_{resistente}} = 0.26 > C_{S_{requerido}} = 0.257$$

(de la Figura 4.8) (de la Figura 4.9)

19E10. En lo que sigue se encontrarán las distorsiones máximas de entrepiso. Para ello, con la ordenada espectral reducida que se encontró en el paso 18E10 se obtiene la fuerza cortante basal requerida que se distribuye en la altura de la estructura y se realiza un análisis estático (ver sección 2.1.1 del capítulo 2). Las fuerzas a lo alto de la estructura se muestra en la columna 5 de la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Fuerzas sísmicas del método estático

| Nivel | W_i (ton) | h_i (m) | $W_i h_i$ (ton-m) | F_i (ton) |
|----------------|----------------|--------------------|----------------------|----------------|
| 10 | 39.79 | 31.00 | 1233.63 | 19.21 |
| 9 | 54.28 | 27.90 | 1514.31 | 23.58 |
| 8 | 55.04 | 24.80 | 1364.95 | 21.26 |
| 7 | 55.80 | 21.70 | 1210.86 | 18.86 |
| 6 | 56.23 | 18.60 | 1045.89 | 16.29 |
| 5 | 56.66 | 15.50 | 878.25 | 13.68 |
| 4 | 56.89 | 12.40 | 705.42 | 10.99 |
| 3 | 57.12 | 9.30 | 531.18 | 8.27 |
| 2 | 57.12 | 6.20 | 354.12 | 5.52 |
| 1 | 57.12 | 3.10 | 177.06 | 2.76 |
| $\Sigma W_i =$ | 546.04 | $\Sigma W_i h_i =$ | 9015.68 | 140.41 |

20E10. Se obtienen las distorsiones máximas de entrepiso (Tabla 4.8).



Tabla 4.8 Distorsiones máximas de entrepiso

| Entrepiso (1) | Altura de entrepiso (m) (2) | Distorsión máxima de entrepiso (real) (3) | Desplazamiento relativo de entrepiso (m) (4) | Desplazamiento máximo (m) (5) |
|------------------|--------------------------------------|--|---|--|
| 10 | 3.10 | 0.0042 | 0.0131 | 0.34 |
| 9 | 3.10 | 0.0088 | 0.0272 | 0.33 |
| 8 | 3.10 | 0.0104 | 0.0322 | 0.30 |
| 7 | 3.10 | 0.0133 | 0.0413 | 0.27 |
| 6 | 3.10 | 0.0126 | 0.0390 | 0.23 |
| 5 | 3.10 | 0.0121 | 0.0376 | 0.19 |
| 4 | 3.10 | 0.0125 | 0.0386 | 0.15 |
| 3 | 3.10 | 0.0127 | 0.0393 | 0.11 |
| 2 | 3.10 | 0.0110 | 0.0340 | 0.07 |
| 1 | 3.10 | 0.0132 | 0.0408 | 0.04 |

En la Tabla 4.8 la columna 3 indica la distorsión máxima reducida de entrepiso y multiplicada por QR. La columna 4 indica el desplazamiento máximo real de entrepiso obtenido al multiplicar los valores de las columnas 2 por los de la 3. En la última columna (5) se representa el desplazamiento máximo real con respecto a la base del sistema.

- ✓ En la Figura 4.10 se verifica que las distorsiones máximas de entrepiso son menores que la permisible (en este caso esta es igual a 0.015, según el Apéndice A del RCDF).

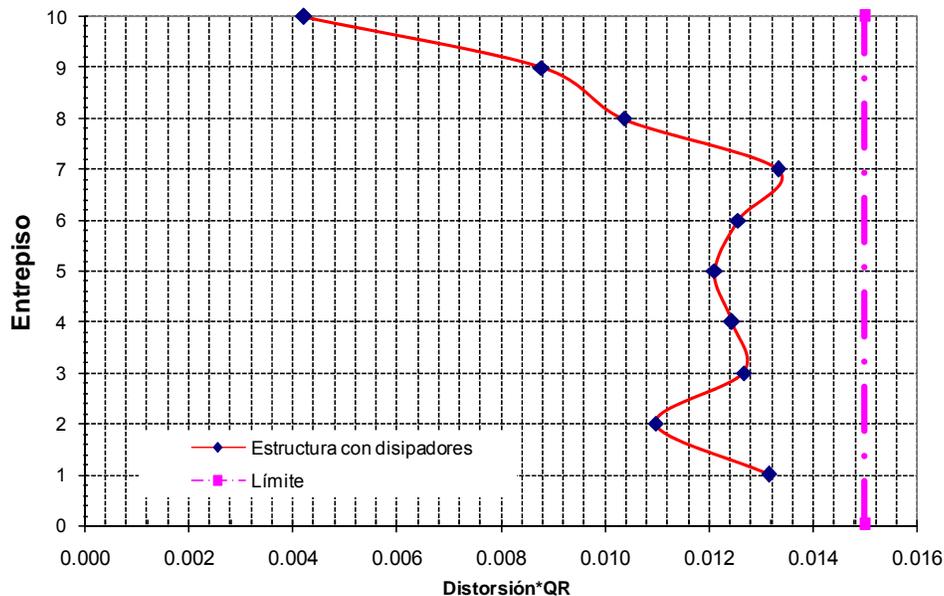


Figura 4.10 Perfil de distorsión máxima correspondiente al estado límite último



21E10. Se revisa la ductilidad que desarrolla el disipador (con la ecuación 2.12). En este caso el desplazamiento de fluencia de los disipadores es igual a 0.0035 m. La ductilidad demandada por el sistema disipador se indica en la cuarta columna de la Tabla 4.9. Esta ductilidad máxima es menor que la permisible obtenida de pruebas de laboratorio (columna 5 de la Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Ductilidad demandada y ductilidad tolerable del disipador

| Entrepiso | Desplazamiento máximo de entrepiso (m) | Δy Disipador (m) | Ductilidad máxima demandada | Ductilidad disponible |
|-----------|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 10 | 0.343 | 0.0035 | 3.7 | 23 |
| 9 | 0.330 | 0.0035 | 7.7 | 23 |
| 8 | 0.303 | 0.0035 | 9.1 | 23 |
| 7 | 0.271 | 0.0035 | 11.7 | 23 |
| 6 | 0.229 | 0.0035 | 11.1 | 23 |
| 5 | 0.190 | 0.0035 | 10.7 | 23 |
| 4 | 0.153 | 0.0035 | 10.9 | 23 |
| 3 | 0.114 | 0.0035 | 11.1 | 23 |
| 2 | 0.075 | 0.0035 | 9.7 | 23 |
| 1 | 0.041 | 0.0035 | 11.6 | 23 |

donde la ductilidad disponible del disipador (columna 5 de la Tabla 4.6) se obtuvo de pruebas experimentales de laboratorio (por ejemplo ver Figura 5 de la Introducción de esta tesis).

En lo que sigue se presenta el **resumen de la verificación de las condiciones de aceptación del estado límite último del edificio de 10 niveles (método estático):**

✓ **Resistencia global**

$$C_{S_{resistente}} = 0.26 > C_{S_{requerido}} = 0.257$$

✓ **Distorsión máxima de entrepiso**

$$\delta_y = 0.013 < \delta_{perms} = 0.015$$

✓ **Ductilidad máxima del disipador**

$$\mu_{desarrolla\ disipador} = 11.7 < \mu_{disponible\ disipador} = 23$$



En la Tabla 4.10 se indica el número de placas necesarias por entrepiso (que es igual a las que se indican en la columna 5 de la Tabla 4.4). Esto quiere decir que en el diseño rigió la condición correspondiente al estado límite de servicio.

Tabla 4.10 Distribución final de disipadores

| Entrepiso | Número de placas |
|-----------|------------------|
| 10 | 2 |
| 9 | 2 |
| 8 | 2 |
| 7 | 6 |
| 6 | 6 |
| 5 | 14 |
| 4 | 14 |
| 3 | 14 |
| 2 | 20 |
| 1 | 20 |



Capítulo 5

APLICACIÓN DEL MÉTODO DINÁMICO MODAL A DOS EDIFICIOS CON DISIPADORES DE ENERGÍA TIPO TADAS

En este capítulo se aplica el método dinámico modal para edificios con disipadores de energía que dependen de los desplazamientos relativos entre sus extremos. En este caso se utilizan disipadores tipo TADAS. El criterio se aplica a dos edificios: el primero es de diez y el segundo de veinticuatro niveles. Estos fueron descritos en el capítulo 3.

5.1. Edificio de 10 niveles. Revisión inicial

Primeramente se hace una revisión del perfil de distorsión máxima correspondiente al estado límite de servicio.

- 1M10. Se obtienen los coeficientes de participación del análisis dinámico modal y se encuentra el número de modos necesarios para que la suma de los pesos efectivos sea mayor o igual al 90% del peso total de la estructura. En este caso fué necesario tomar en cuenta la participación de 6 modos.
- 2M10. Se realiza un análisis modal utilizando el espectro correspondiente (reducido) del Apéndice A del RCDF-2004 (ver Figuras 5.1, 5.2 y 5.3 y Apéndice B de



esta tesis). En el análisis se consideran los siguientes datos del espectro: $\beta = 1.00$, $k = 0.35$, $Q = 2.00$, $T_s = 2.07s$, $T_b = 2.48$, $T_a = 1.22s$, $Q' = 2.52$ y $R = 2.02$

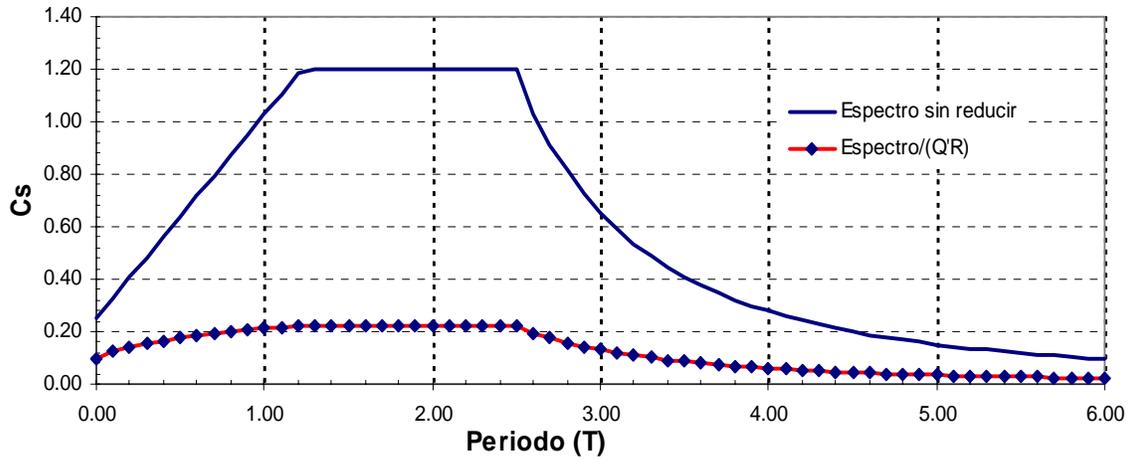


Figura 5.1 Espectro reducido por ductilidad y sobre-resistencia (RCDF-2004)

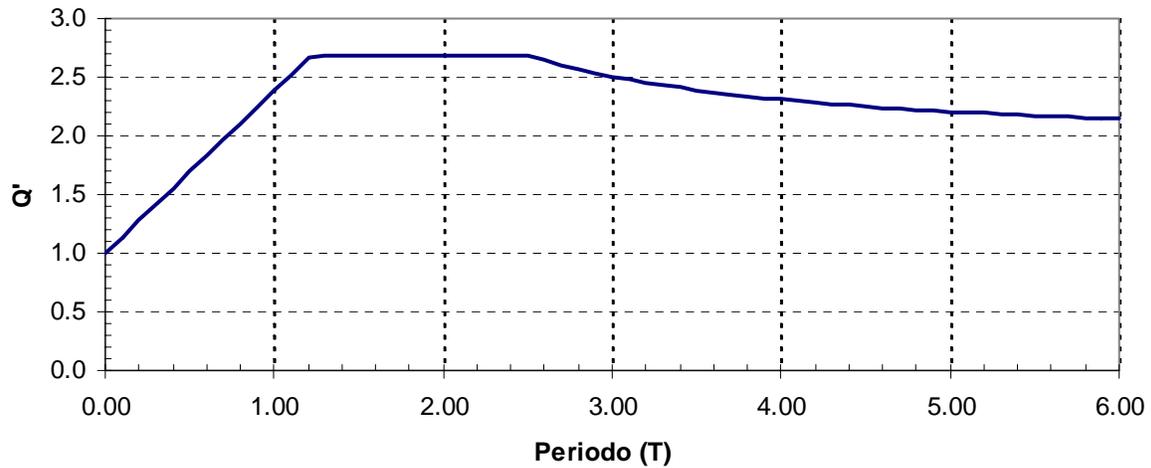


Figura 5.2 Factor Q' obtenido a partir del Apéndice A. RCDF-2004

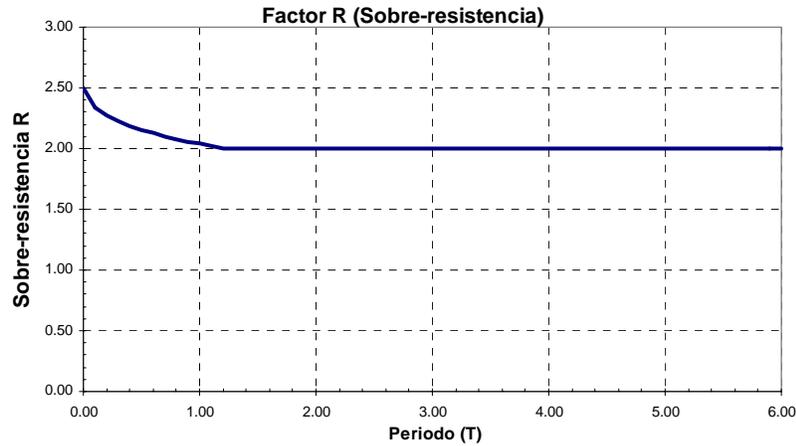


Figura 5.3 Factor de sobre-resistencia obtenido a partir del Apéndice A. RCDF-2004

3M10. Se verifica que el perfil de distorsiones sea menor o igual al límite establecido en el RCDF-2004. En este ejemplo se elige una distorsión máxima permitida $\Delta_{\text{permitida}}=0.002$. Debido a que la condición no se satisface (ver Figura 5.4), es necesario reforzar principalmente los entrepisos en los que se excede dicha distorsión. Aquí se supuso que la distorsión tolerable es 0.002 correspondiente a una estructura con muros ligados según el Apéndice A del RCDF-2004. Rigurosamente esta distorsión tolerable debería ser de 0.004, sin embargo, se eligió menor para fines ilustrativos.

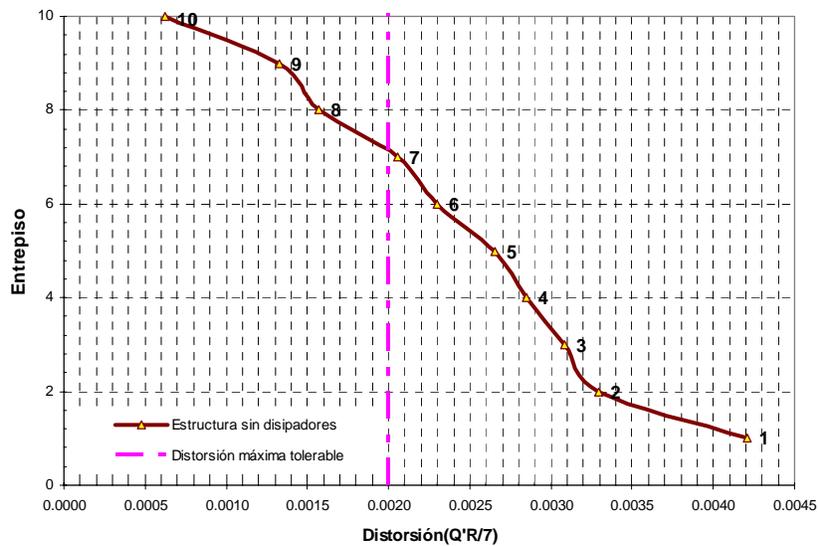


Figura 5.4 Perfil de distorsiones máximas obtenido del análisis modal espectral correspondiente al estado límite de servicio

Nótese que las distorsiones máximas de entrepiso obtenidas con el análisis modal son menores que las calculadas con el método estático (ver Figuras 4.3 y 5.4). Esto se refleja en el número de placas que son necesarias para que las distorsiones máximas de entrepiso sean menores que la permisible.



5.2. Edificio de 10 niveles. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio

A continuación se muestran los pasos para revisar la condición de aceptación del estado límite de servicio para el edificio de diez niveles. (El procedimiento que se sigue es el descrito en el capítulo 2).

4M10. Se calcula la rigidez de cada entrepiso k_{ci} (ver Tabla 5.1).

5M10. Se calcula la rigidez necesaria k_{di} para cada entrepiso de manera que no se exceda la distorsión máxima permitida $\Delta_{\text{permitida}} = 0.002$ (ver la Tabla 5.1 en donde k_{ci} es la rigidez de cada entrepiso, y Δ_{max}^s es la distorsión máxima de entrepiso obtenida a partir del análisis modal).

Tabla 5.1 Distorsiones máximas de entrepiso obtenidas del análisis modal espectral

| Nivel | Δ_{max}^s | k_{ci} (ton/m) | k_{di} (ton/m) |
|-------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| 10 | 0.0006 | 1408.87 | 0 |
| 9 | 0.0013 | 1508.77 | 0 |
| 8 | 0.0016 | 2314.03 | 0 |
| 7 | 0.0021 | 2369.91 | 66 |
| 6 | 0.0023 | 2397.68 | 361 |
| 5 | 0.0027 | 2407.76 | 785 |
| 4 | 0.0029 | 2421.73 | 1032 |
| 3 | 0.0031 | 2432.65 | 1320 |
| 2 | 0.0033 | 2518.16 | 1625 |
| 1 | 0.0042 | 3642.44 | 4027 |

6M10. En este ejemplo se propone utilizar disipadores tipo TADAS (Figura 5.5). El número de disipadores depende de la rigidez k_{di} que se obtuvo en la Tabla 5.1.

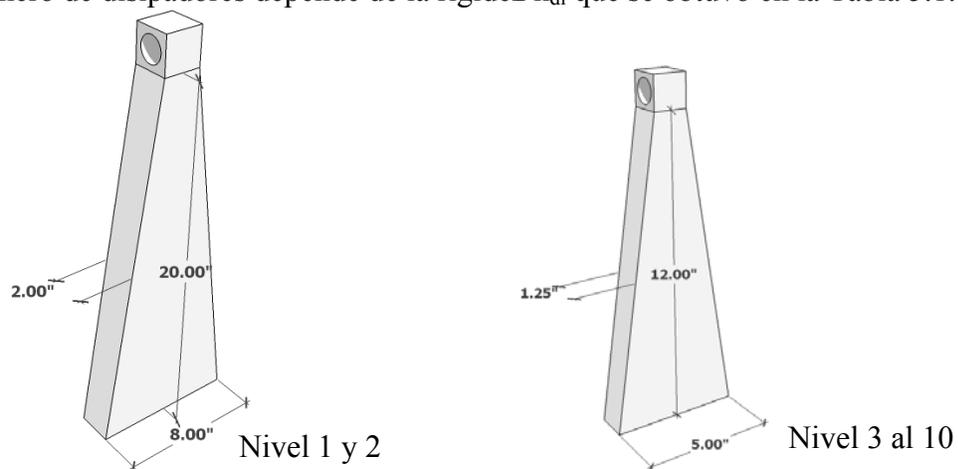


Figura 5.5 Dimensiones de los disipadores propuestos



En la Tabla 5.2 se presenta el cálculo del número necesario de disipadores por entrepiso y en la Figura 5.6 la localización de los disipadores. En la columna 4 de esta Tabla se presenta el número de disipadores calculados con la ecuación 2.5; sin embargo este número no fue suficiente para que se cumpliera la condición de aceptación del estado límite de servicio, por lo que dicho número de disipadores se incrementó como aparece en la columna 5 de la Tabla 5.3.

Tabla 5.2 Propiedades de los disipadores propuestos

| Nivel | Rigidez necesaria k_{di} (ton/m) | Número de placas por entrepiso (N) | Redondeo de placas (automático) | Número final de placas (N) | Rigidez redondeada k_{di} (ton/m) | Áreas para cada barra A_i (m ²) | Py (ton) | f_y (ton/m ²) |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|----------|-----------------------------|
| 10 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1005 | 2.991E-05 | 3.54 | 59224 |
| 9 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1005 | 2.991E-05 | 3.54 | 59224 |
| 8 | 0 | 0.00 | 0 | 2 | 1005 | 2.991E-05 | 3.54 | 59224 |
| 7 | 66 | 0.13 | 1 | 4 | 2010 | 5.981E-05 | 7.08 | 59224 |
| 6 | 361 | 0.72 | 1 | 4 | 2010 | 5.981E-05 | 7.08 | 59224 |
| 5 | 785 | 1.56 | 2 | 8 | 4019 | 1.196E-04 | 14.17 | 59224 |
| 4 | 1,032 | 2.05 | 3 | 8 | 4019 | 1.196E-04 | 14.17 | 59224 |
| 3 | 1,320 | 2.63 | 3 | 8 | 4019 | 1.196E-04 | 14.17 | 59224 |
| 2 | 1,625 | 3.23 | 4 | 18 | 12802 | 3.810E-04 | 78.35 | 102819 |
| 1 | 4,027 | 8.01 | 9 | 20 | 14224 | 4.233E-04 | 87.05 | 102819 |

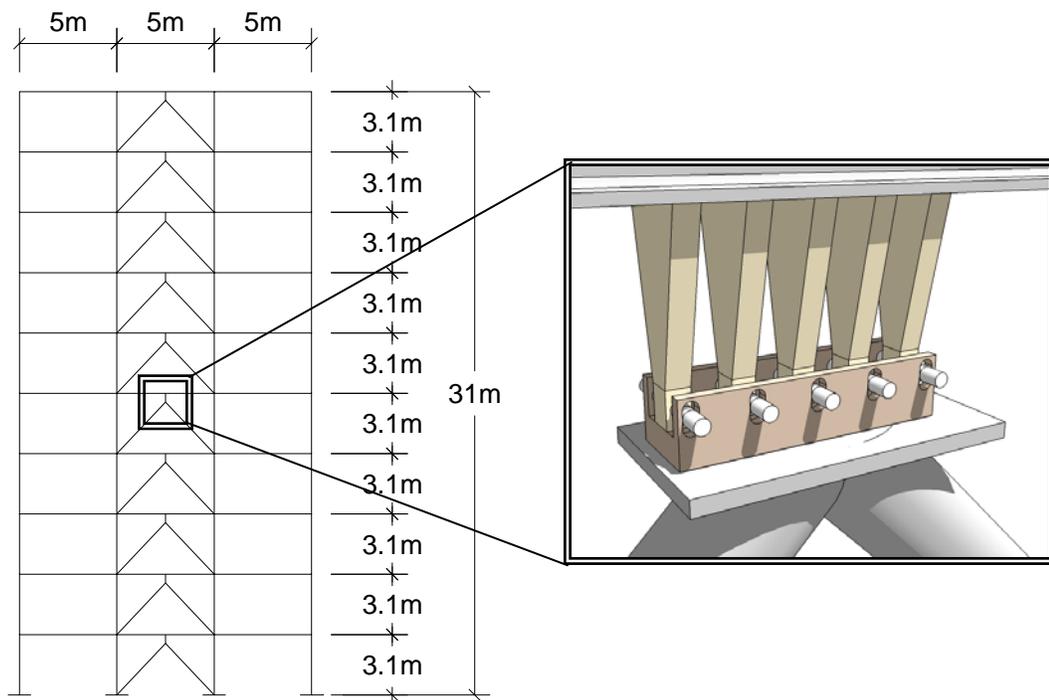


Figura 5.6 Distribución de disipadores a lo alto del marco

7M10. Se modela la estructura con disipadores, con ayuda del programa DRAIN2DX se obtienen sus periodos naturales de vibrar.



Tabla 5.3 Periodos naturales de vibrar

| Periodos de la estructura con disipadores | Periodos de la estructura sin disipadores |
|---|---|
| $T_1 = 0.99s$ | $T_1 = 1.17s$ |
| $T_2 = 0.36s$ | $T_2 = 0.40s$ |
| $T_3 = 0.21s$ | $T_3 = 0.24s$ |

8M10. Se calcula la relación de rigideces $\alpha = K_d / K_c$, en donde K_d es la rigidez del sistema disipador y K_c es la rigidez global del sistema sin disipadores de energía (ver Figura 5.7). Con el valor de α y el del periodo fundamental T_1 del edificio con disipadores, se obtiene el valor de $Q_{\mu=1}^d$ (Ruiz y Rivera 2007).

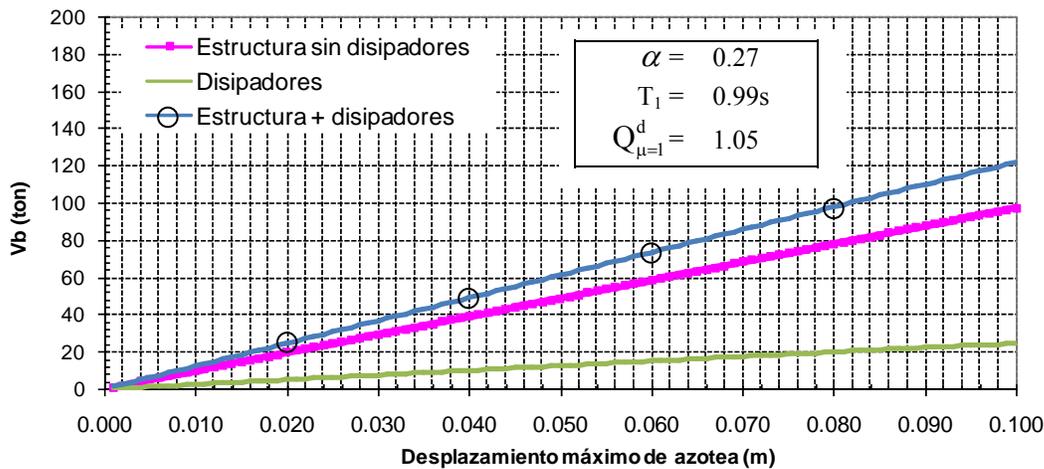


Figura 5.7 Rigidez de la estructura con y sin disipadores

La reducción de las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores es en este caso de 5%

9M10. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$, y se hace un análisis modal de la estructura con disipadores.

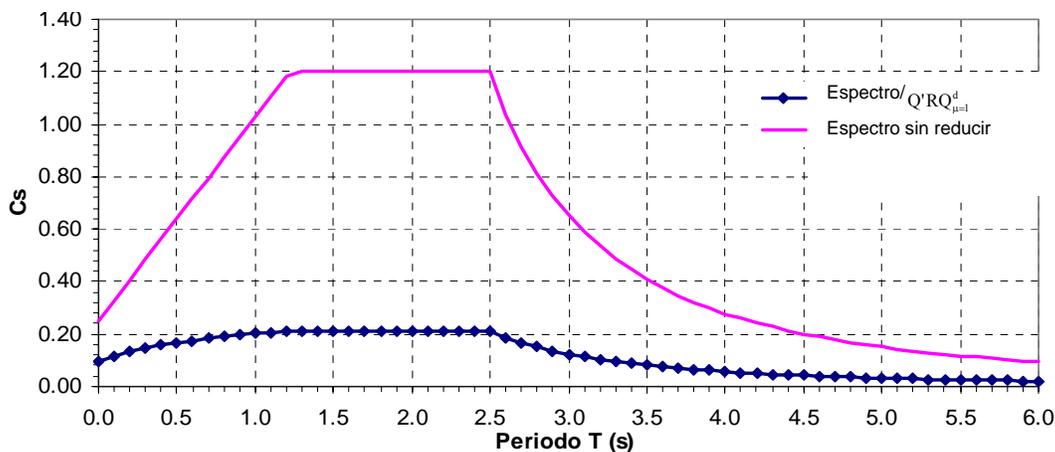


Figura 5.8 Espectro original de diseño y espectro reducido



10M10. Se verifica que las distorsiones máximas sean menores que la permitida $\Delta_{\text{permitida}} = 0.002$ (ver Tabla 5.4 y Figura 5.9).

Tabla 5.4 Desplazamientos de entrepiso obtenidos del análisis modal

| Nivel | Altura de entrepiso (m) | Desplazamiento "reducido" (m) | Distorsión "reducida" | Distorsión (Q'R/7) (real) |
|-------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 10 | 3.10 | 0.06665 | 0.00078 | 0.00057 |
| 9 | 3.10 | 0.06422 | 0.00166 | 0.00121 |
| 8 | 3.10 | 0.05908 | 0.00194 | 0.00141 |
| 7 | 3.10 | 0.05307 | 0.00244 | 0.00177 |
| 6 | 3.10 | 0.04551 | 0.00242 | 0.00176 |
| 5 | 3.10 | 0.03801 | 0.00251 | 0.00183 |
| 4 | 3.10 | 0.03021 | 0.00261 | 0.00190 |
| 3 | 3.10 | 0.02212 | 0.00261 | 0.00190 |
| 2 | 3.10 | 0.01402 | 0.00212 | 0.00154 |
| 1 | 3.10 | 0.00746 | 0.00241 | 0.00175 |

En la Tabla 5.4 la columna 3 es el desplazamiento máximo de entrepiso obtenida del análisis modal cuando el espectro se divide entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$. La columna 4 es la correspondiente distorsión máxima de entrepiso (a partir de la columnas 3). La columna 5 es la distorsión de entrepiso real que se obtiene de multiplicar la columna 4 por $Q'R/7$, donde Q' y R se definen en las ecuaciones B.7 y B.8. En la Figura 5.9 se muestra el perfil de distorsión máxima de la estructura con disipadores de energía.

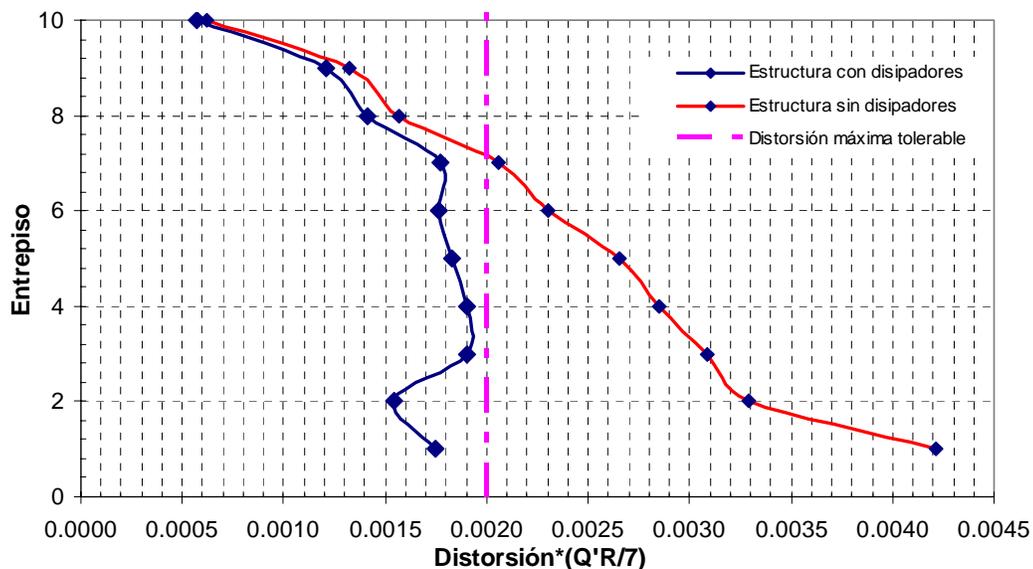


Figura 5.9 Perfil de distorsiones máximas de entrepiso correspondiente al estado límite de servicio



- ✓ Hasta aquí se ha verificado que la distorsión máxima demandada del edificio con disipadores correspondiente al estado límite de servicio es menor que 0.002. En lo que sigue se verifican las condiciones de aceptación para el estado límite último (cercano al colapso).

5.3. Edificio de 10 niveles. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último

11M10. En el siguiente paso se realiza un análisis estático no-lineal con carga creciente monótonica ("pushover," en inglés) de la estructura que contiene el número de disipadores que se indican en la Tabla 5.2 y en la Figura 5.6.

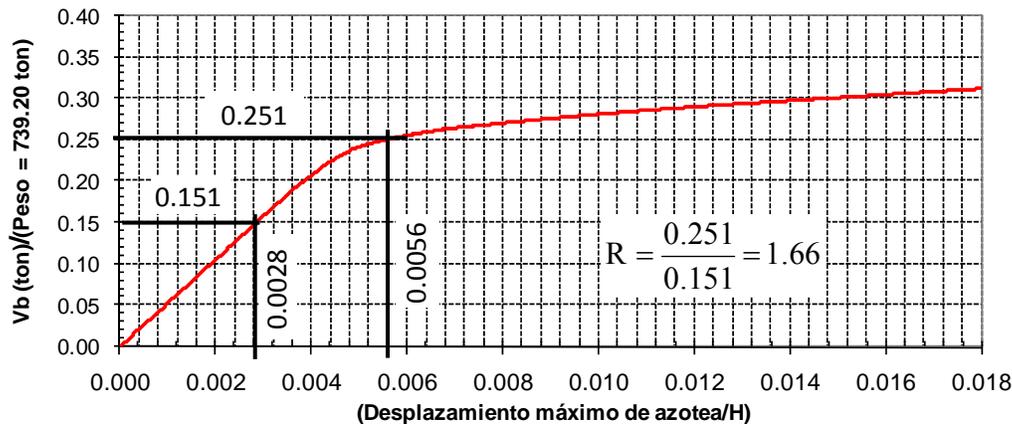


Figura 5.10 Resultado del análisis con carga monótonica creciente ("pushover," en inglés)

12M10. Se obtiene el desplazamiento máximo de azotea (D_{azotea}) que demanda el sistema, correspondiente al estado límite último:

$$D_{\text{azotea}} = \overbrace{0.067}^{\text{Desplazamiento reducido de azotea}} \times \overbrace{2.00}^Q \times \overbrace{1.66}^R = 0.221\text{m}$$

donde 0.067m es el desplazamiento de azotea (columna 3 de la Tabla 5.4) calculado a partir del análisis modal del paso 10M10. Q es la ductilidad de diseño y R es el factor de sobre-resistencia (calculado en la Figura 5.10).

13M10. Para encontrar la ductilidad demandada Q_{dem} se divide el desplazamiento máximo de azotea entre el desplazamiento de fluencia:

$$Q_{\text{dem}} = \frac{D_{\text{azotea}}}{(H_{\text{edificio}})(\delta_y)} = \frac{0.067}{(31)(0.0028)} = 2.55$$

donde

$$H_{\text{edificio}} = 31\text{m}$$

$$\delta_y = 0.0028$$

D = Desplazamiento

δ = Distorsión



14M10. Se calcula el periodo "alargado" ($T_{alargado}$) de la estructura con disipadores correspondiente a la ductilidad demandada Q_{dem} .

$$T_{estructura\ con\ disipadores} = 0.99s$$

$$Q_{dem} = 2.55$$

$$T_{alargado} = 0.99\sqrt{2.55} = 1.58s$$

15M10. Con el periodo "alargado" $T_{alargado}$ y $\alpha = 0.27$ (del paso 8M10) se obtiene $Q_{\mu=2}^d$ (Ruiz y Rivera 2007):

$$T_{alargado} = 1.58s$$

$$\alpha = 0.27$$

$$Q_{\mu=2}^d = 1.04$$

En este caso la reducción de las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores es de 4%.

16M10. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$.

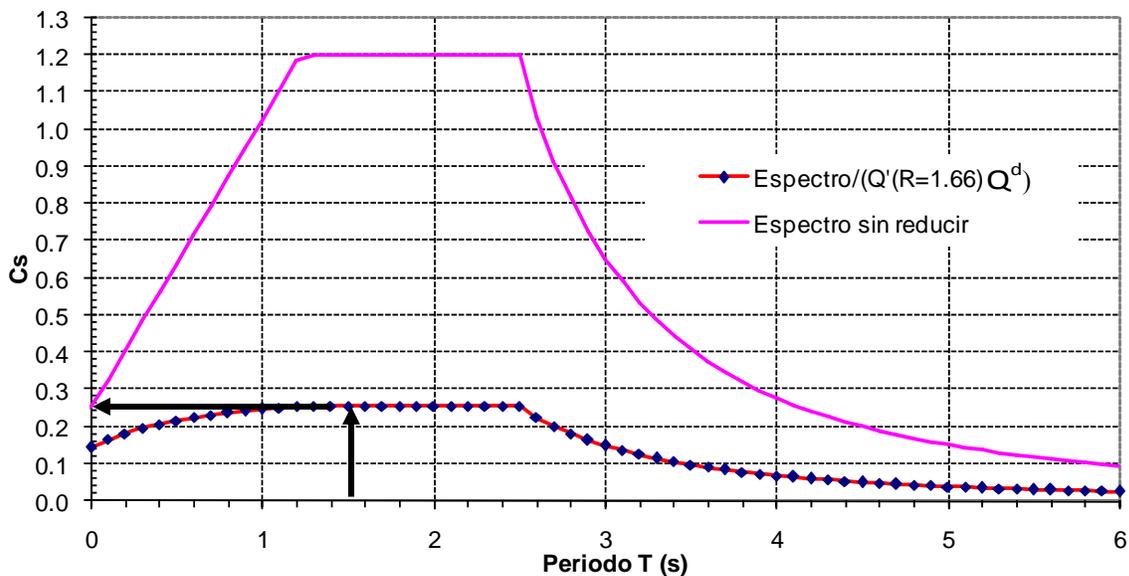


Figura 5.11 Espectro reducido por $Q'RQ_{\mu=2}^d$

17M10. Se verifica que la resistencia de la estructura sea mayor que la requerida.

$$C_{Sresistente} = 0.251 > C_{Srequerido} = 0.25$$

(de la Figura 5.10) (de la Figura 5.11)

18M10. En el siguiente paso, se obtiene mediante un análisis modal el desplazamiento máximo de entrepiso (Tabla 5.5).



Tabla 5.5 Resumen de desplazamientos máximos de entrepiso

| Entrepiso (1) | Desplazamiento máximo reducido (m) (2) | Altura de entrepiso (m) (3) | Distorsión máxima de entrepiso real (4) | Desplazamiento máximo de entrepiso (m) (5) |
|------------------|---|--------------------------------|--|---|
| 10 | 0.0818 | 3.10 | 0.0032 | 0.0099 |
| 9 | 0.0788 | 3.10 | 0.0068 | 0.0209 |
| 8 | 0.0725 | 3.10 | 0.0079 | 0.0245 |
| 7 | 0.0651 | 3.10 | 0.0099 | 0.0308 |
| 6 | 0.0559 | 3.10 | 0.0099 | 0.0306 |
| 5 | 0.0466 | 3.10 | 0.0102 | 0.0318 |
| 4 | 0.0371 | 3.10 | 0.0106 | 0.0330 |
| 3 | 0.0271 | 3.10 | 0.0106 | 0.0330 |
| 2 | 0.0172 | 3.10 | 0.0086 | 0.0267 |
| 1 | 0.0092 | 3.10 | 0.0098 | 0.0304 |

En la Tabla 5.5 la columna 2 es el desplazamiento máximo calculado del análisis modal en donde el espectro se encuentra reducido entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$. La columna 4 es la correspondiente distorsión máxima de entrepiso (a partir de las columnas 2 y 3), y multiplicada por QR. La columna 5 es el desplazamiento máximo real de entrepiso (resulta de multiplicar las columnas 3 y 4).

- ✓ En la Figura 5.12 se verifica que las distorsiones máximas de entrepiso son menores que la permisible (que es igual a 0.015).

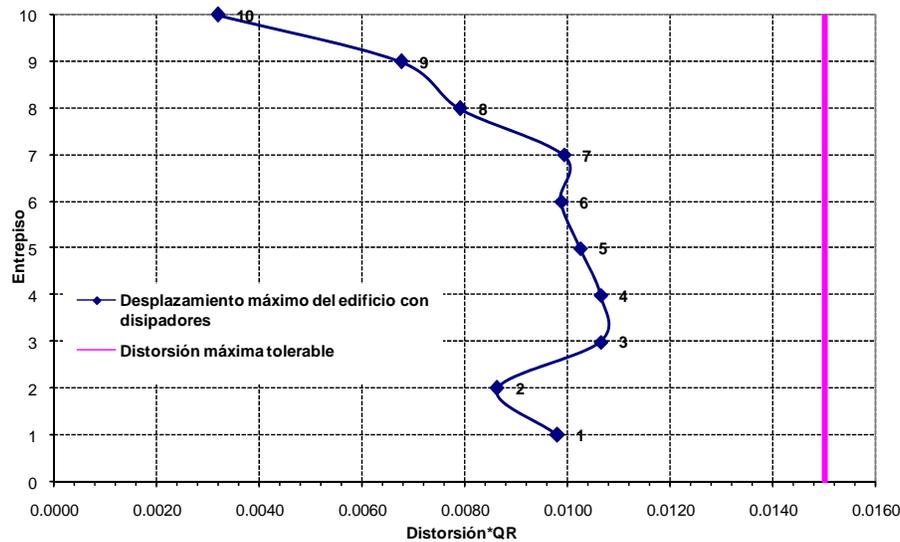


Figura 5.12 Perfil de distorsión máxima de entrepiso correspondiente al estado límite último

19M10. Enseguida se calcula la ductilidad máxima que demanda el sistema disipador. Se obtuvo un desplazamiento de fluencia de 0.0035. La ductilidad máxima que demanda el disipador ocurre en los entrepisos 3 y 4, es igual a 9.4 (ver columna 4 de la Tabla 5.6).



Tabla 5.6 Ductilidad máxima que demanda el disipador y ductilidad disponible

| Nivel | Desplazamiento relativo máximo de entrepiso (m) | Δy Disipador (m) | Ductilidad que demanda el sistema disipador | Ductilidad disponible del disipador |
|-------|---|--------------------------|---|-------------------------------------|
| 10 | 0.0099 | 0.0035 | 2.8 | 23 |
| 9 | 0.0209 | 0.0035 | 5.9 | 23 |
| 8 | 0.0245 | 0.0035 | 7.0 | 23 |
| 7 | 0.0308 | 0.0035 | 8.7 | 23 |
| 6 | 0.0306 | 0.0035 | 8.7 | 23 |
| 5 | 0.0318 | 0.0035 | 9.0 | 23 |
| 4 | 0.0330 | 0.0035 | 9.4 | 23 |
| 3 | 0.0330 | 0.0035 | 9.4 | 23 |
| 2 | 0.0267 | 0.0035 | 7.6 | 23 |
| 1 | 0.0304 | 0.0035 | 8.6 | 23 |

La ductilidad disponible del disipador (columna 5 de la Tabla 5.6) se obtuvo de pruebas experimentales de laboratorio (por ejemplo ver Figura 5 de la Introducción de esta tesis).

En lo que sigue se presenta el **resumen de la verificación de las condiciones de aceptación del estado límite último del edificio de 10 niveles (método modal espectral)**:

✓ Resistencia global:

$$C_{S_{requerido}} = 0.25 < C_{S_{resistente}} = 0.251$$

✓ Distorsión máxima de entrepiso:

$$\delta = 0.011 < \Delta_{perms} = 0.015$$

✓ Ductilidad máxima del disipador:

$$\mu_{desarrolla\ disipador} = 9.4 < \mu_{disponible\ disipador} = 23$$

En la Tabla 5.7 se indica el número de placas necesarias por entrepiso. Dicho número coincide con la columna 5 de la Tabla 5.2, lo que indica que para el diseño rigió la condición correspondiente al estado límite de servicio y resistencia.

Tabla 5.7 Distribución final de placas por entrepiso

| Entrepiso | Número de placas |
|-----------|------------------|
| 10 | 2 |
| 9 | 2 |
| 8 | 2 |
| 7 | 4 |
| 6 | 4 |
| 5 | 8 |
| 4 | 8 |
| 3 | 8 |
| 2 | 18 |
| 1 | 20 |

En lo que sigue se aplica el método modal para el diseño de la estructura de 24 niveles con disipadores. Esta estructura se describió en el capítulo 3.



5.4. Edificio de 24 niveles. Revisión inicial

- 1M24. Con el fin de obtener las distorsiones máximas de entrepiso, primeramente se obtienen los coeficientes de participación del análisis dinámico modal y se encuentra el número de modos necesarios para que la suma de los pesos efectivos sea mayor o igual al 90% del peso total de la estructura. En este caso fue necesario tomar en cuenta la participación de 12 modos.
- 2M24. Se realiza un análisis modal utilizando el espectro correspondiente (reducido por Q'R) del Apéndice A del RCDF-2004 (ver Figura 5.13). Aquí se consideran los siguientes datos del espectro: $\beta=1$, $k = 0.35$, $Q=2$, $T_s=2.07s$, $T_b=2.48s$ y $T_a=1.22s$.

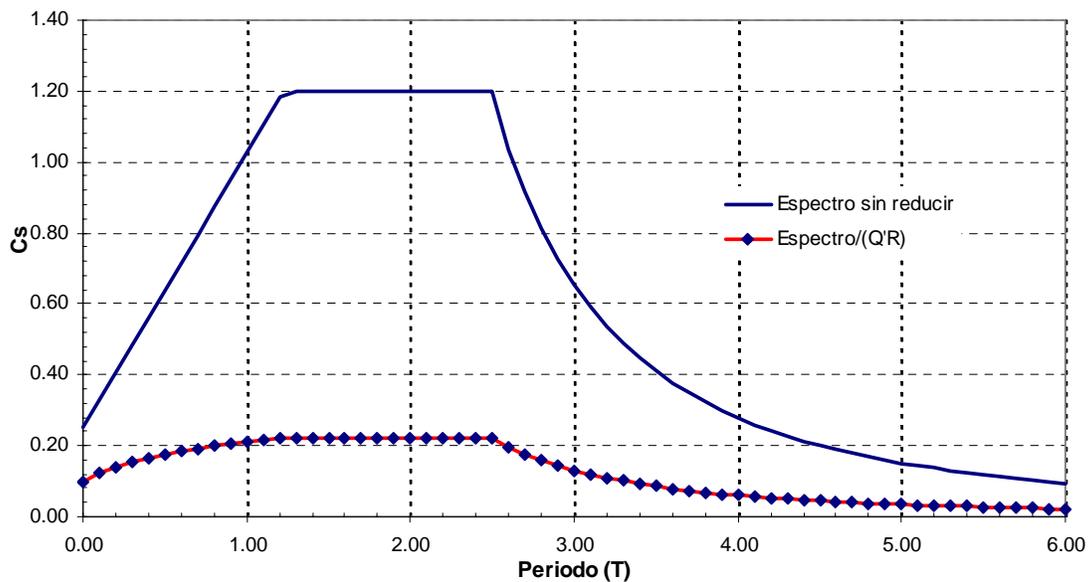


Figura 5.13 Espectro del Apéndice A reducido entre Q'R

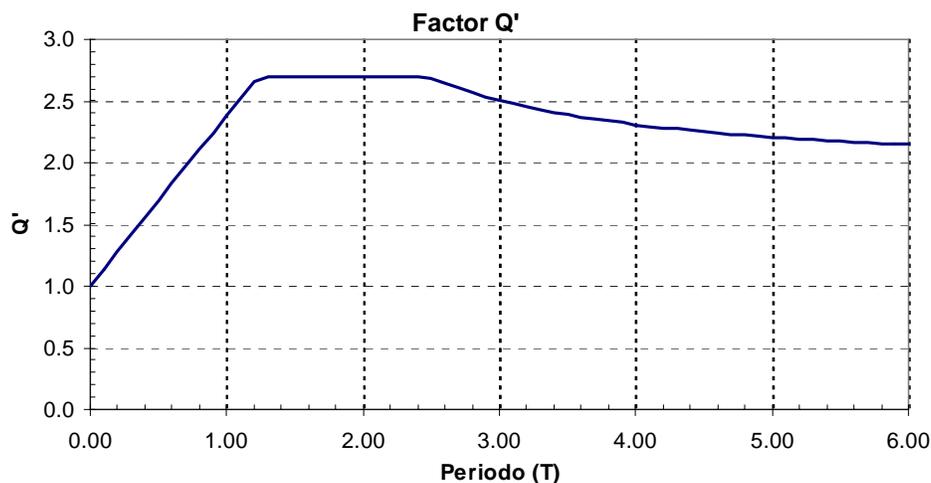


Figura 5.14 Factor de reducción por ductilidad

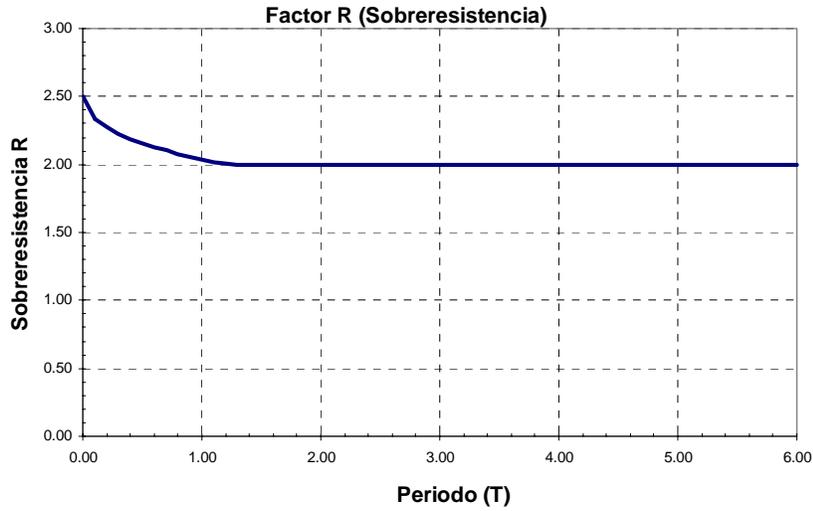


Figura 5.15 Factor de reducción por sobre-resistencia

3M24. Se verifica que el perfil de distorsión máxima correspondiente al estado límite de servicio sea menor o igual al límite establecido en el RCDF-2004. En este ejemplo se elige $\Delta_{\text{permitida}}=0.002$. La Figura 5.16 muestra que es necesario introducir disipadores en varios entrepisos.

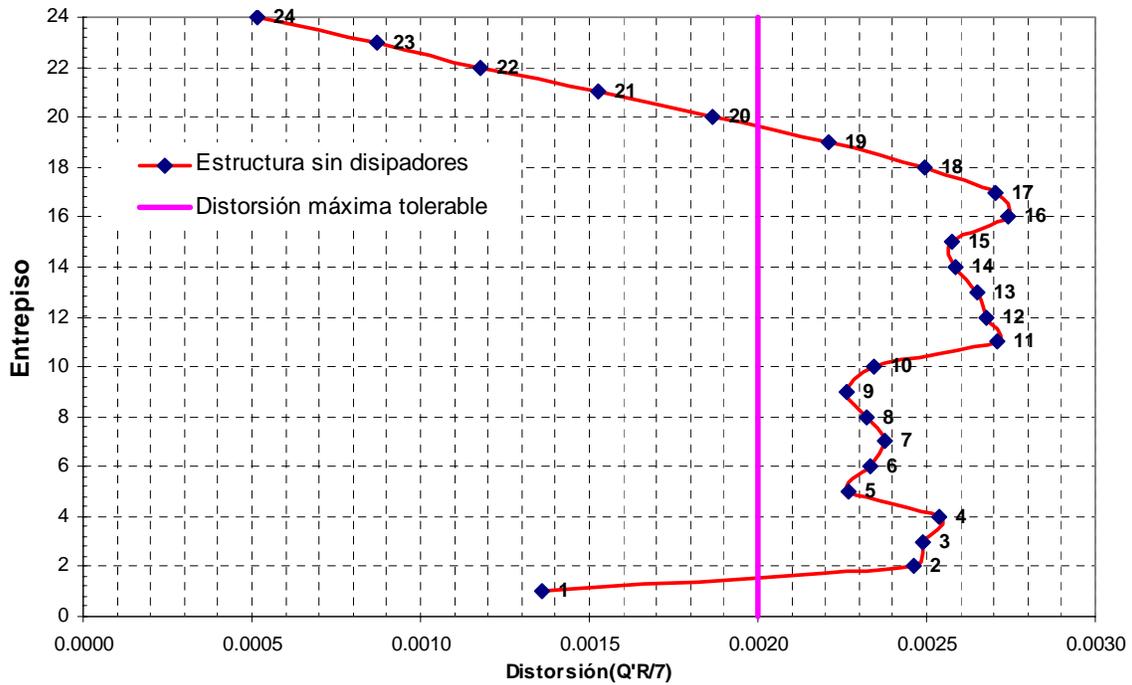


Figura 5.16 Perfil de distorsión máxima de entrepiso correspondiente al estado límite de servicio



5.5. Edificio de 24 niveles. Revisión de la condición de aceptación del estado límite de servicio.

A continuación se muestran los pasos referentes a la introducción de disipadores para cumplir con la condición del estado límite de servicio.

4M24. Para ello se calcula la rigidez de cada entrepiso k_{ci} (tercera columna de la Tabla 5.8).

5M24. Se calcula la rigidez necesaria k_{di} para cada entrepiso, de manera que no se exceda la distorsión permitida $\Delta_{permitida}$ (cuarta columna de la Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Cálculo de la rigidez de entrepiso necesarias, k_{di}

| Entrepiso | Δ_{max}^s | k_{ci} (ton/m) | k_{di} |
|-----------|------------------|------------------|----------|
| 1 | 0.00136 | 92635 | 0 |
| 2 | 0.00246 | 35509 | 8232 |
| 3 | 0.00249 | 34890 | 8542 |
| 4 | 0.00254 | 32234 | 8706 |
| 5 | 0.00227 | 49047 | 6597 |
| 6 | 0.00233 | 49284 | 8174 |
| 7 | 0.00238 | 49086 | 9290 |
| 8 | 0.00232 | 51655 | 8271 |
| 9 | 0.00226 | 53746 | 7008 |
| 10 | 0.00234 | 53366 | 9142 |
| 11 | 0.00271 | 46340 | 16435 |
| 12 | 0.00268 | 47399 | 16033 |
| 13 | 0.00265 | 48293 | 15741 |
| 14 | 0.00258 | 49663 | 14525 |
| 15 | 0.00258 | 49593 | 14327 |
| 16 | 0.00274 | 46167 | 17091 |
| 17 | 0.00271 | 45447 | 16025 |
| 18 | 0.00250 | 47263 | 11741 |
| 19 | 0.00221 | 50074 | 5251 |
| 20 | 0.00187 | 53966 | 0 |
| 21 | 0.00153 | 57188 | 0 |
| 22 | 0.00118 | 60878 | 0 |
| 23 | 0.00087 | 49071 | 0 |
| 24 | 0.00052 | 52116 | 0 |

6M24. Al igual que en el edificio de diez niveles, se propone utilizar disipadores tipo TADAS (Figura 5.17). El número de disipadores depende de la rigidez k_{di} que se muestra en la Tabla 5.8. El cálculo del número de disipadores por nivel se presenta en la Tabla 5.9.

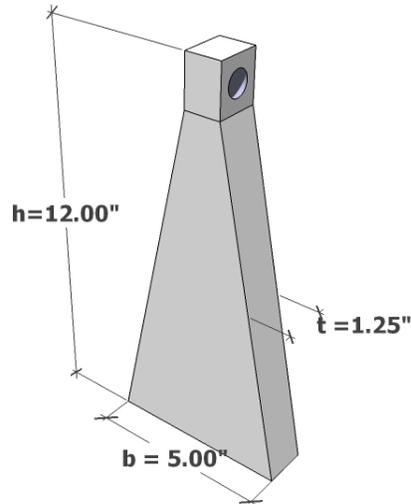


Figura 5.17 Dimensiones propuestas de las placas TADAS

Tabla 5.9 Propiedades de los disipadores TADAS para el edificio de 24 niveles

| Nivel | Rigidez necesaria k_{di} (ton/m) | Número de placas por entrepiso (N_i) | Redondeo de placas (automático) | Número final de placas (N) | Rigidez redondeada k_{di} (ton/m) | Areas A_i para cada barra (m^2) | P_y (ton) | f_y (ton/m ²) |
|-------|------------------------------------|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| 1 | 0 | 0.00 | 0 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 2 | 8,232 | 8.62 | 9 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 3 | 8,542 | 8.94 | 9 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 4 | 8,706 | 9.12 | 10 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 5 | 6,597 | 6.91 | 7 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 6 | 8,174 | 8.56 | 9 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 7 | 9,290 | 9.73 | 10 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 8 | 8,271 | 8.66 | 9 | 18 | 17190 | 4.604E-04 | 50.50 | 27418 |
| 9 | 7,008 | 7.34 | 8 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 10 | 9,142 | 9.57 | 10 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 11 | 16,435 | 17.21 | 18 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 12 | 16,033 | 16.79 | 17 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 13 | 15,741 | 16.48 | 17 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 14 | 14,525 | 15.21 | 16 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 15 | 14,327 | 15.00 | 16 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 16 | 17,091 | 17.90 | 18 | 24 | 22920 | 6.139E-04 | 67.33 | 27418 |
| 17 | 16,025 | 16.78 | 17 | 10 | 9550 | 2.558E-04 | 28.05 | 27418 |
| 18 | 11,741 | 12.29 | 13 | 10 | 9550 | 2.558E-04 | 28.05 | 27418 |
| 19 | 5,251 | 5.50 | 6 | 10 | 9550 | 2.558E-04 | 28.05 | 27418 |
| 20 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 3820 | 1.023E-04 | 11.22 | 27418 |
| 21 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 3820 | 1.023E-04 | 11.22 | 27418 |
| 22 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 3820 | 1.023E-04 | 11.22 | 27418 |
| 23 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 3820 | 1.023E-04 | 11.22 | 27418 |
| 24 | 0 | 0.00 | 0 | 4 | 3820 | 1.023E-04 | 11.22 | 27418 |

En la columna 5 de la Tabla 5.9 se presenta el número final de placas después de hacer cuatro iteraciones.



7M24. Enseguida se modela la estructura con disipadores, y se obtienen sus periodos naturales de vibrar. La Figura 5.18 muestra la distribución de los disipadores TADAS en las dos crujeas externas del marco.

Tabla 5.10 Periodos naturales de vibración

| Periodos con disipadores | Periodos sin disipadores |
|--------------------------|--------------------------|
| $T_1 = 1.87s$ | $T_1 = 2.03s$ |
| $T_2 = 0.71s$ | $T_2 = 0.77s$ |
| $T_3 = 0.43s$ | $T_3 = 0.46s$ |
| $T_4 = 0.31s$ | $T_4 = 0.33s$ |

Los periodos de vibrar corresponden a la estructura cuando no se permite deformación axial en sus columnas.

8M24. Posteriormente se calcula el valor de α (a partir de la Figura 5.19) así como el periodo fundamental T_1 del edificio con disipadores. Con estos valores (α y T_1) se obtiene el valor de $Q_{\mu=1}^d$ (Ruiz y Rivera 2007).

$$\begin{aligned}\alpha &= 0.12 \\ T_1 &= 1.87s \\ Q_{\mu=1}^d &= 1.10\end{aligned}$$

La reducción de las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores es de 10%.

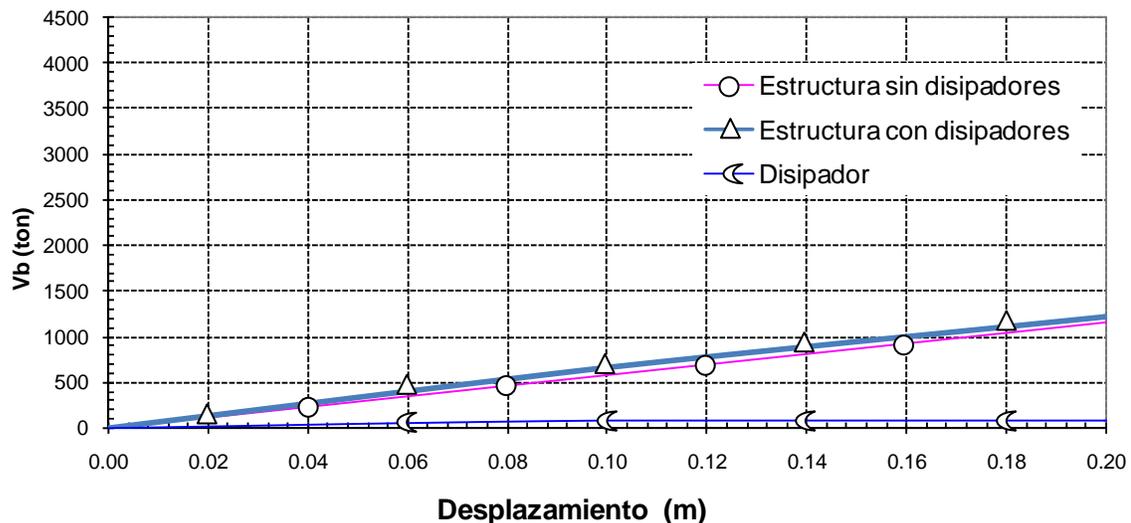


Figura 5.18 Rigidez de la estructura y de los disipadores



9M24. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=1}^d$, y se hace un análisis modal.

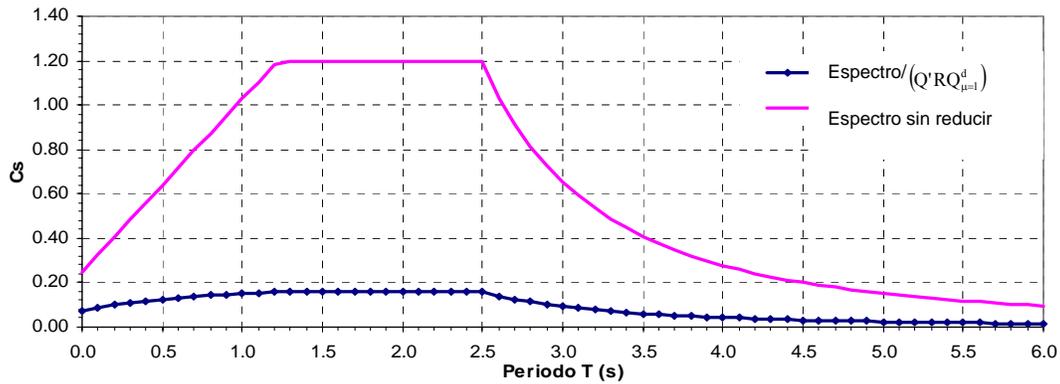


Figura 5.20 Espectro de diseño del Apéndice A del RCDF y espectro reducido

10M24. Se verifica que las distorsiones máximas sean menores que la permitida $\Delta_{\text{permitida}} = 0.002$. Las distorsiones máximas de entrepiso que resultan del análisis se muestran en la Tabla 5.11 y en la Figura 5.21.

Tabla 5.11 Distorsiones máximas de entrepiso correspondientes al estado límite de servicio

| Nivel (1) | Altura de entrepiso (m) (2) | Desplaza- miento "reducido" (m) (3) | Distorsión "reducida" (4) | Distorsión (Q'R/7) (real) (5) |
|--------------|--------------------------------------|---|---------------------------------|--|
| 1 | 4.00 | 0.0061 | 0.0015 | 0.0012 |
| 2 | 5.65 | 0.0207 | 0.0026 | 0.0020 |
| 3 | 5.65 | 0.0352 | 0.0026 | 0.0020 |
| 4 | 6.00 | 0.0509 | 0.0026 | 0.0020 |
| 5 | 4.50 | 0.0617 | 0.0024 | 0.0018 |
| 6 | 4.50 | 0.0728 | 0.0025 | 0.0019 |
| 7 | 4.50 | 0.0842 | 0.0025 | 0.0019 |
| 8 | 4.50 | 0.0951 | 0.0024 | 0.0019 |
| 9 | 4.50 | 0.1055 | 0.0023 | 0.0018 |
| 10 | 4.50 | 0.1161 | 0.0023 | 0.0018 |
| 11 | 4.50 | 0.1279 | 0.0026 | 0.0020 |
| 12 | 4.50 | 0.1396 | 0.0026 | 0.0020 |
| 13 | 4.50 | 0.1510 | 0.0025 | 0.0019 |
| 14 | 4.50 | 0.1620 | 0.0024 | 0.0019 |
| 15 | 4.50 | 0.1727 | 0.0024 | 0.0018 |
| 16 | 4.50 | 0.1839 | 0.0025 | 0.0019 |
| 17 | 4.50 | 0.1951 | 0.0025 | 0.0019 |
| 18 | 4.50 | 0.2063 | 0.0025 | 0.0019 |
| 19 | 4.50 | 0.2164 | 0.0023 | 0.0017 |
| 20 | 4.50 | 0.2252 | 0.0019 | 0.0015 |
| 21 | 4.50 | 0.2327 | 0.0017 | 0.0013 |
| 22 | 4.50 | 0.2385 | 0.0013 | 0.0010 |
| 23 | 6.00 | 0.2442 | 0.0009 | 0.0007 |
| 24 | 6.50 | 0.2478 | 0.0005 | 0.0004 |

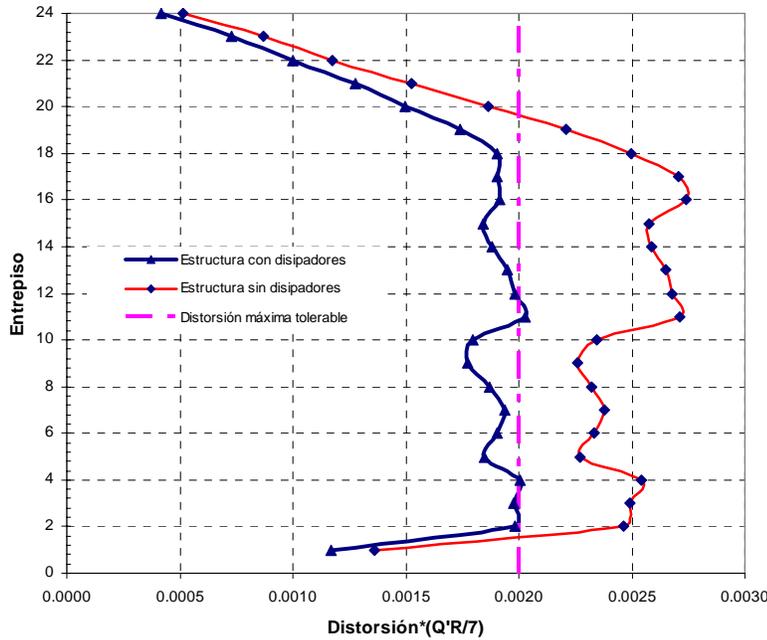


Figura 5.21 Perfil de distorsión máxima de la estructura

- ✓ La Figura 5.21 muestra que la distorsión máxima demandada por el edificio con disipadores (correspondiente al estado límite de servicio) es menor que 0.002. En lo que sigue se revisan las condiciones de aceptación correspondientes al estado límite último.

5.6. Edificio de 24 niveles. Revisión de las condiciones de aceptación del estado límite último

11M24. Primeramente se realiza un análisis estático no-lineal ("pushover") del edificio con los disipadores propuestos.

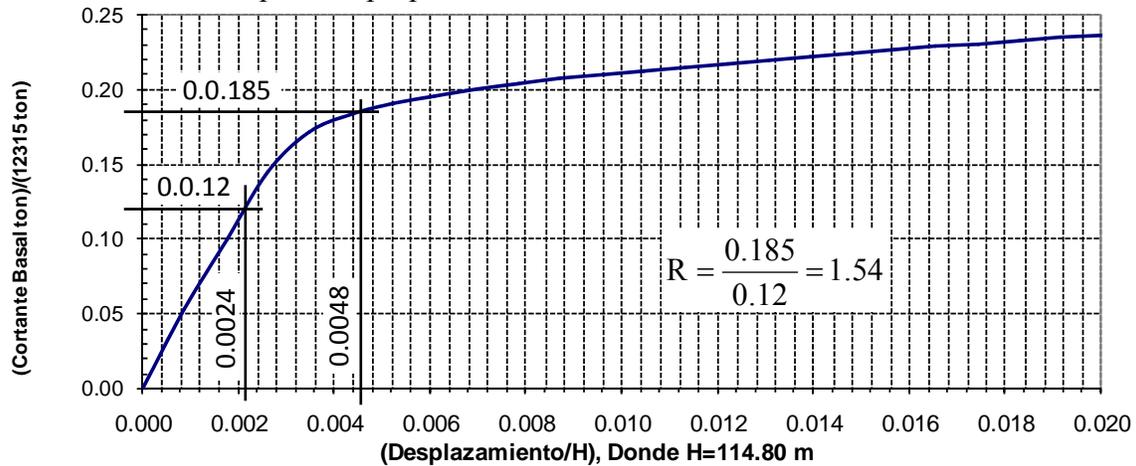


Figura 5.22 Resultado del análisis estático no-lineal

12M24. Se obtiene el desplazamiento máximo de azotea D_{azotea} que demanda el sistema correspondiente al estado límite último.



$$D_{\text{azotea}} = \overbrace{0.248\text{m}}^{\text{Desplazamiento reducido de azotea}} \times \overbrace{2.00}^Q \times \overbrace{1.54}^R = 0.7632\text{m}$$

donde 0.248m se calcula en la columna 3 de la Tabla 5.11. Q y R se calculan con la ecuación B.7 y Figura 5.22.

13M24. Para encontrar la ductilidad global demandada Q_{dem} se divide el desplazamiento máximo de azotea entre el desplazamiento de fluencia.

$$Q_{\text{dem}} = \frac{D_{\text{azotea}}}{(H_{\text{edificio}})(\delta_y)} = \frac{0.7632}{(114.8)(0.0024)} = 2.77$$

donde

$$H_{\text{edificio}} = 114.8\text{m}$$

$$\delta_y = 0.0024 \text{ (de la Figura 5.22)}$$

14M24. Se calcula el periodo "alargado" (T_{alargado}) de la estructura con disipadores correspondiente a la ductilidad demandada Q_{dem} .

$$T_{\text{estructura con disipadores}} = 1.87\text{s}$$

$$Q_{\text{dem}} = 2.77$$

$$T_{\text{alargado}} = 1.87\text{s} \sqrt{2.77} = 3.15\text{s}$$

Nótese que en este caso el periodo "alargado" se presenta en la rama descendente del espectro (Figura 5.23)

15M24. Con los valores de T_{alargado} y $\alpha = 0.27$ se obtiene el valor de $Q_{\mu=2}^d$ (Ruiz y Rivera 2007):

$$T_{\text{alargado}} = 3.15\text{s}$$

$$\alpha = 0.12$$

$$Q_{\mu=2}^d = 1.02$$

En este caso la reducción de las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores es muy poca (2%).

16M24. Se dividen las ordenadas espectrales entre $Q'RQ_{\mu=2}^d$.

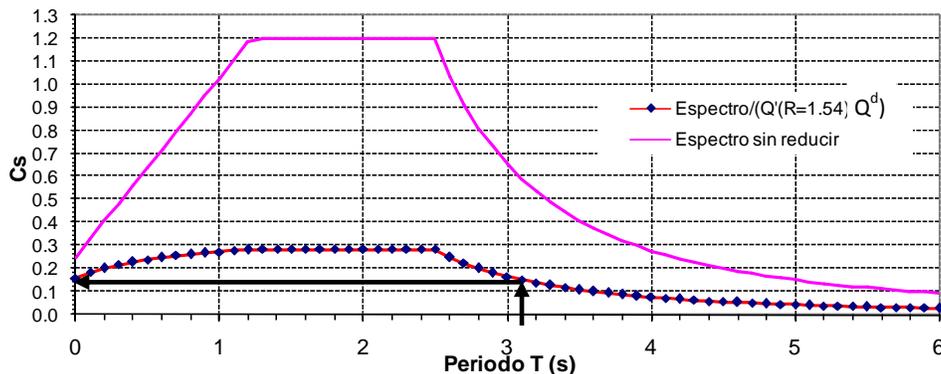


Figura 5.23 Espectro de diseño reducido por $Q'RQ_{\mu=2}^d$



17M24. Se verifica que la resistencia de la estructura sea mayor que la requerida:

$$C_{S_{\text{requerido}}}=0.15 < C_{S_{\text{resistente}}}=0.185$$

(de la Figura 5.23) (de la Figura 5.22)

18M24. Se obtienen las distorsiones máximas de entrepiso (ver Tabla 5.12) y se verifica que dichas distorsiones máximas de entrepiso sean menores que la permisible (que es igual a 0.015).

Tabla 5.12 Resumen de los desplazamientos máximos de entrepiso

| Nivel (1) | Desplazamiento máximo reducido (m) (2) | Altura de entrepiso (m) (3) | Desplazamiento máximo real (4) | Desplazamiento máximo relativo de entrepiso (m) (5) |
|--------------|--|--------------------------------------|---|---|
| 1 | 0.0085 | 4.00 | 0.00655 | 0.026 |
| 2 | 0.0289 | 5.65 | 0.01114 | 0.063 |
| 3 | 0.0493 | 5.65 | 0.01110 | 0.063 |
| 4 | 0.0712 | 6.00 | 0.01126 | 0.068 |
| 5 | 0.0864 | 4.50 | 0.01037 | 0.047 |
| 6 | 0.1020 | 4.50 | 0.01070 | 0.048 |
| 7 | 0.1179 | 4.50 | 0.01087 | 0.049 |
| 8 | 0.1333 | 4.50 | 0.01051 | 0.047 |
| 9 | 0.1478 | 4.50 | 0.00997 | 0.045 |
| 10 | 0.1626 | 4.50 | 0.01009 | 0.045 |
| 11 | 0.1792 | 4.50 | 0.01138 | 0.051 |
| 12 | 0.1955 | 4.50 | 0.01113 | 0.050 |
| 13 | 0.2114 | 4.50 | 0.01093 | 0.049 |
| 14 | 0.2269 | 4.50 | 0.01055 | 0.047 |
| 15 | 0.2420 | 4.50 | 0.01034 | 0.047 |
| 16 | 0.2576 | 4.50 | 0.01074 | 0.048 |
| 17 | 0.2733 | 4.50 | 0.01070 | 0.048 |
| 18 | 0.2889 | 4.50 | 0.01070 | 0.048 |
| 19 | 0.3032 | 4.50 | 0.00977 | 0.044 |
| 20 | 0.3155 | 4.50 | 0.00841 | 0.038 |
| 21 | 0.3259 | 4.50 | 0.00716 | 0.032 |
| 22 | 0.3341 | 4.50 | 0.00560 | 0.025 |
| 23 | 0.3421 | 6.00 | 0.00410 | 0.025 |
| 24 | 0.3471 | 6.50 | 0.00236 | 0.015 |

19M24. Se calcula la ductilidad máxima que demanda el sistema disipador. En este caso se obtuvo una ductilidad máxima demandada de 21.3 (cuarta columna de la Tabla 5.12). El desplazamiento de fluencia del disipador es de $\Delta_{y_{\text{dis}}} = 0.0029\text{m}$. La ductilidad disponible (columna 5 de la Tabla 5.13) se obtiene de pruebas de laboratorio.

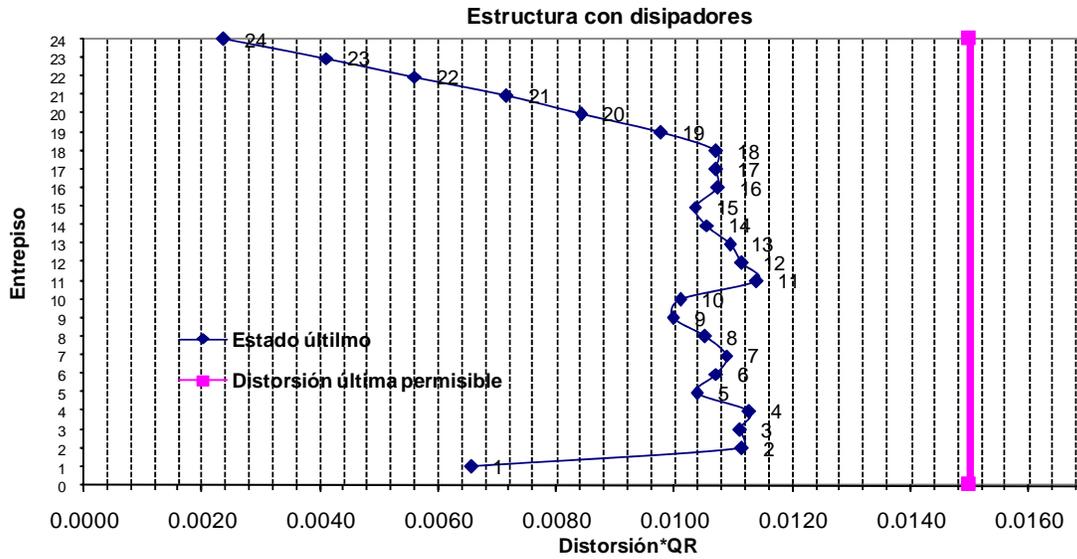


Figura 5.24 Perfil de distorsión máxima correspondiente al estado límite último

Tabla 5.13 Ductilidades máxima y disponible del disipador

| Nivel | Desplazamiento máximo relativo de entrepiso (m) | Δy_{dis} (Disipador) | Ductilidad máxima del disipador real | Ductilidad disponible del disipador |
|-------|---|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 0.00655 | 0.0029 | 8.9 | 23 |
| 2 | 0.01114 | 0.0029 | 21.4 | 23 |
| 3 | 0.01110 | 0.0029 | 21.3 | 23 |
| 4 | 0.01126 | 0.0029 | 22.8 | 23 |
| 5 | 0.01037 | 0.0029 | 15.9 | 23 |
| 6 | 0.01070 | 0.0029 | 16.4 | 23 |
| 7 | 0.01087 | 0.0029 | 16.6 | 23 |
| 8 | 0.01051 | 0.0029 | 16.1 | 23 |
| 9 | 0.00997 | 0.0029 | 15.3 | 23 |
| 10 | 0.01009 | 0.0029 | 15.5 | 23 |
| 11 | 0.01138 | 0.0029 | 17.4 | 23 |
| 12 | 0.01113 | 0.0029 | 17.0 | 23 |
| 13 | 0.01093 | 0.0029 | 16.7 | 23 |
| 14 | 0.01055 | 0.0029 | 16.2 | 23 |
| 15 | 0.01034 | 0.0029 | 15.8 | 23 |
| 16 | 0.01074 | 0.0029 | 16.4 | 23 |
| 17 | 0.01070 | 0.0029 | 16.4 | 23 |
| 18 | 0.01070 | 0.0029 | 16.4 | 23 |
| 19 | 0.00977 | 0.0029 | 15.0 | 23 |
| 20 | 0.00841 | 0.0029 | 12.9 | 23 |
| 21 | 0.00716 | 0.0029 | 11.0 | 23 |
| 22 | 0.00560 | 0.0029 | 8.6 | 23 |
| 23 | 0.00410 | 0.0029 | 8.4 | 23 |
| 24 | 0.00236 | 0.0029 | 5.2 | 23 |



En lo que sigue se presenta el **resumen de la verificación de las condiciones de aceptación del estado límite último del edificio de 24 niveles (método modal espectral)**:

- ✓ Resistencia global

$$C_{S_{requerido}} = 0.15 < C_{S_{resistente}} = 0.18$$

- ✓ Distorsión máxima de entrepiso

$$\delta = 0.011 < \delta_{perms} = 0.015$$

- ✓ Ductilidad del sistema disipador

$$\mu_{desarrolla\ disipador} = 22.8 < \mu_{disponible\ disipador} = 23$$

En la Tabla 5.14 se indica el número de placas por entrepiso. Este número coincide con los indicados en la columna 5 de la Tabla 5.9, lo que indica que en el diseño rigió la condición correspondiente al estado límite de servicio.

Tabla 5.14 Distribución de disipadores

| Entrepiso | Número de placas |
|-----------|------------------|
| 1 | 18 |
| 2 | 18 |
| 3 | 18 |
| 4 | 18 |
| 5 | 18 |
| 6 | 18 |
| 7 | 18 |
| 8 | 18 |
| 9 | 24 |
| 10 | 24 |
| 11 | 24 |
| 12 | 24 |
| 13 | 24 |
| 14 | 24 |
| 15 | 24 |
| 16 | 24 |
| 17 | 10 |
| 18 | 10 |
| 19 | 10 |
| 20 | 4 |
| 21 | 4 |
| 22 | 4 |
| 23 | 4 |
| 24 | 4 |



COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES

Se ilustró paso a paso la aplicación de dos métodos para el refuerzo de edificios con disipadores de energía sísmica (método estático y modal espectral para edificios con disipadores de energía). Los métodos se emplearon para diseñar dos edificios con disipadores TADAS. Estos se supusieron localizados en suelo blando del valle de México.

La ventaja de los métodos aquí aplicados es que toman como base los espectros del Apéndice A del RCDF-2004. Esto hace que los ingenieros que están acostumbrados a usar el RCDF no tengan que seguir un procedimiento complejo cuando diseñen edificios con disipadores de energía, si no que solamente apliquen factores de reducción a las ordenadas espectrales por la presencia de los disipadores.

Los factores de reducción Q_{μ}^d que se aplicaron en los ejemplos redujeron las ordenadas espectrales de diseño entre 2% y 10%. Si se hubiesen diseñado estructuras con otros periodos de vibración (por ejemplo cercanos a dos segundos) y con mayor relación de rigideces $\alpha = K_d/K_c$, entonces los factores de reducción de las ordenadas espectrales Q_{μ}^d habrían sido mayores.

En el diseño de los dos ejemplos ilustrativos rigió la condición correspondiente al estado límite de servicio y resistencia. Una posible solución habría sido añadir contravientos en vez de disipadores de energía, sin embargo esta solución implica un aumento de la fuerza axial en la cimentación.

En el presente estudio la estructura se considera empotrada en la base. Esta suposición en suelos blandos no resulta del todo cierta ya que el efecto de la interacción suelo-estructura puede ser importante. Este efecto provoca un alargamiento en el periodo de vibración de la estructura por la rotación de su base. Sería deseable que en futuras investigaciones se considerara este efecto.

En este trabajo se consideró el análisis de cada edificio en el plano despreciando posibles efectos de torsión. Es deseable que se realicen en futuras investigaciones consideración de torsión.

También es conveniente que se calibren los resultados de los métodos estático y dinámico modal comparándolos con los obtenidos con el método “paso a paso” en el tiempo.



Referencias

Aguirre, M y Sánchez, R (1990), “Disipadores de energía sísmica”, *Construcción y Tecnología*, Vol. III, No 27, pp 15-19.

Aguirre, M y Sánchez, R (1989), “Pruebas de elementos disipadores de energía sísmica” IMCYC.

Alonso, J L (1989), “Mechanical Characteristic of X-plate energy dissipators”, CE 299 Report, University of California at Berkeley.

Berman, D M y Goel, S C (1987) “Evaluation of cyclic testing of steel-plate device for added damping and stiffness” Report UMCE 87-10, Department of civil Engineering, University of Michigan Ann Arbor, Michigan.

Berman, D M y Hanson, R D (1990), “Viscoelastic versus steel plate mechanical damping devices and experimental comparison”, Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Palm Springs, California, pp 469-477.

Chávez, J H y González, R (1989), “Efecto de dos tipos de amortiguamiento externo en la respuesta de una estructura metálica de los niveles”, VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructuras, Acapulco, Guerrero, Vol III, pp F341-F350.

Comisión Federal de Electricidad CFE (2007), Manual de Obras Civiles. Diseño por sismo. En preparación.

FEMA 450 (2006) “Federal Emergency Management Agency”.
<http://www.bssconline.org/>

Kobori, T, Miura, Y, Fukuzawa, E, Yamada, T, Arita, T, Takenaka, Y, Miyagawa, N, Tanaka, N y Fukumoto, T (1992), “Development and application of hysteretic steel dampers”, Then World Conference on Earthquake Engineering, España, V4, pp 2241-2346.

Tena Colunga, A (2003), “Disipación Pasiva de Energía en México: un Estado del Arte”, Memorias, VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Barquisimeto, Venezuela, noviembre.

Tsai, K Ch, Li J W, Hong, Ch P, Chen, H W y Su Y F (1993), ”Welded steel triangular plate device for seismic energy dissipation”, Proceeding of Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation, and Active Control, San Francisco, California, V2, pp 687-698.



Rivera, J L (2006), “Espectros de confiabilidad uniforme para sistemas estructurales con disipadores de energía” Tesis presentada en el programa de Maestría y Doctorado del Instituto de Ingeniería, UNAM, como requisito para obtener el grado de Doctora en Ingeniería (Estructuras).

Rivera y Ruiz (2007), “Design approach based on UAFR spectra for structures with displacement-dependent dissipating elements” *Earthquake Spectra*, Volume 23, No. 2.

Ruiz, y Rivera, (2007), “Factores de reducción para espectros de diseño sísmico debidos a la presencia de disipadores de energía”, sometido al XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Ixtapa Zihuatanejo.

Ruiz, S E y Presichi, D (2007), “Métodos estático y dinámico para el diseño sísmico de edificios con disipadores de energía”, sometido al XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Ixtapa Zihuatanejo.

Silva, G L, (1993), “Criterio para diseño sísmico de estructuras con dispositivos disipadores de energía” Tesis presentada en la Facultad de Ingeniería, UNAM, como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil.

Skinner, R I, Nelly, J M y Heine A J (1975), “Hysteretic dampers for earthquake resistant structures”, *Earth Eng Struct Dynamics*, Vol, 3, pp 287-296.

Su, Y F y Hanson, R D (1990), “Seismic response of building structures with mechanical damping devices”, Department of Civil Engineering, University of Michigan.

Soong, T T y Mahomoodi, P (1990), “Seismic behavior of structures with added viscoelástico dampers”, *Proceedings of Fourth U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, Palm Springs, California, pp 499-506.

Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, (2004), Normas Técnicas Complementarias Para Diseño Por Sismo, RCDF-2004.

Xia, C y Hanson, R D (1992), “Influence of ADAS element parameters of building seismic response”, *Journal of Structural Engineering*, ASCE Vol 118, No 7.

Whittaker, A, Bertero V, Alonso J y Thompson Ch (1989), “Earthquake Simulator testing of steel plate added damping and stiffness elements”, *Earthquake Engineering Research Center*, Report No UCB/EERC-89/02, University of California, Berkeley.



Apéndice A

A continuación se presenta el procedimiento general para obtener el factor Q_{μ}^d propuesto por Ruiz y Rivera (2007) para considerar el efecto de los disipadores de energía en la respuesta estructural.

1. Con la base en un estudio de peligro sísmico para el sitio en donde se ubica la estructura de interés (con las mismas características sísmo tectónicas y mismo tipo de suelo) se calcula la curva de peligro sísmico correspondientes al periodo fundamental de vibrar de la estructura en estudio (Figura A.1).

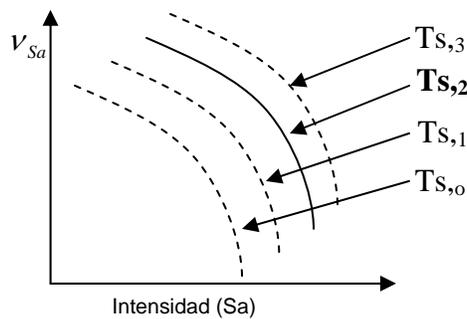


Figura A.1 Curvas de peligro sísmico para un sitio específico (Log-Log) y para distintos periodos fundamentales de vibrar

2. Se calcula la probabilidad de falla de la estructura representada por un sistema de un grado de libertad (S1GL) para cierto nivel de intensidad $P[Q \geq 1 | S_a]$, en donde:

$$Q = \frac{\text{Ductilidad demandada por la estructura (SIGDL)}}{\text{Ductilidad que es capaz de desarrollar la estructura (SIGDL)}} \quad (\text{A.1})$$

3. Se calcula, mediante integración numérica, la curva de peligro de demanda:

$$v_{Cy}(Cy) = \int \left| \frac{dv_{Sa}}{dSa} \right| P[Q \geq 1 | Sa] dSa \quad (\text{A.2})$$

donde v_{Cy} representa la probabilidad de que se exceda por año cierto valor de la resistencia representada por el coeficiente sísmico C_y , y S_a es la intensidad representada por la ordenada espectral asociada al periodo fundamental del sistema.



4. Se obtiene una curva de demanda estructural para el periodo de vibración de interés de un sistema de un grado de libertad (S1GDL) con disipadores de energía (con un valor de $\alpha = K_d/K_c$ fijo) y, alternativamente, del sistema sin disipadores de energía, ambos asociados a la misma ductilidad de diseño μ , y a un amortiguamiento crítico $\xi = 5\%$ (Figura A.2).

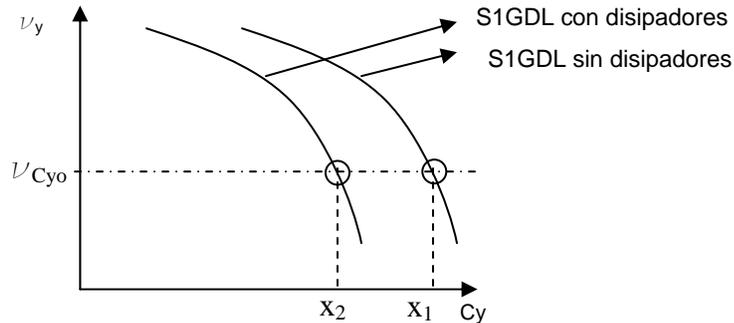


Figura A.2 Curvas de peligro de demanda estructural para un sistema con valores fijos de periodo fundamental T_1 , amortiguamiento ξ , ductilidad μ , y relación de rigideces $\alpha = K_d/K_c$ donde K_d representa la rigidez del disipador y K_c la rigidez del sistema principal.

Una vez obtenidas las curvas de peligro de demanda (dada por C_y) se obtienen los valores x_1 y x_2 correspondientes a un valor fijo de ν_{Cy_0} (por ejemplo: $\nu_{Cy_0} = 0.008$). Después se obtienen las relaciones de los coeficientes sísmicos C_y correspondiente al del sistema sin disipadores entre el del sistema con disipadores:

$$Q_\mu^d = \frac{x_1}{x_2} \quad (\text{A.3})$$

Actualmente se están calculando en el Instituto de Ingeniería de la UNAM gráficas del factor Q_μ^d correspondiente a distintos periodos de vibración, para distintas ductilidades (por ejemplo ver Figura A.3) y distintos valores α .

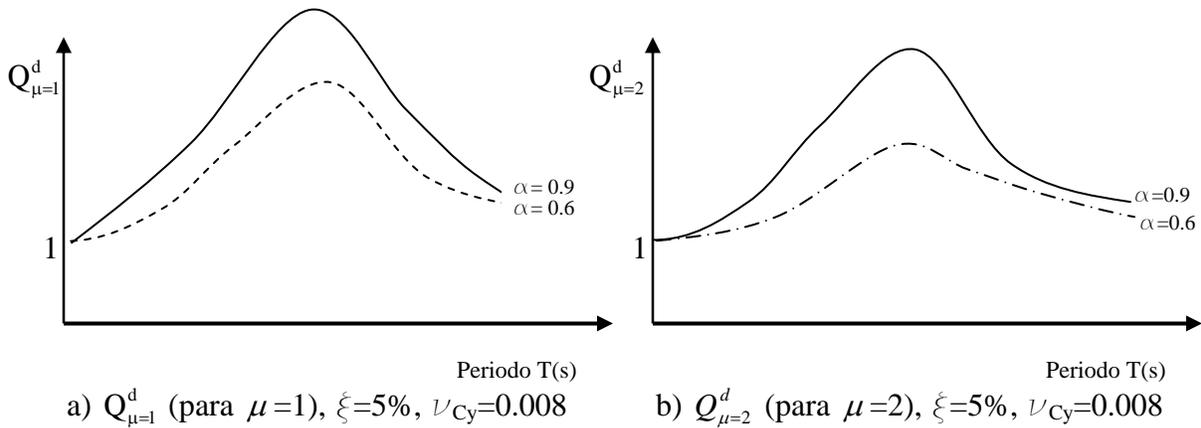


Figura A.3 Ejemplos de distintos factores Q_{μ}^d para dos diferentes ductilidades (μ), distintos valores de α , y amortiguamiento crítico de 5%.

Los factores Q_{μ}^d (Ruiz y Rivera, 2007) utilizados en este trabajo para considerar el efecto de los disipadores de energía en la respuesta estructural son válidos solamente para los periodos fundamentales, y los valores de ductilidad μ , α y amortiguamiento de los edificios aquí estudiados.



Apéndice B

Espectro de diseño según el Apéndice A del RCDF-2004

Para definir el espectro de diseño se debe definir el valor del periodo del suelo T_s el cual depende de la ubicación del edificio, de acuerdo con el mapa A.1 de zonificación del RCDF-2004. Los valores que definen el espectro de diseño se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones (Figura B.1).

$$T_a = \begin{cases} 0.2 + 0.65(T_s - 0.5); & \text{si } T_s \leq 1.125 \text{ s} \\ 1.5; & \text{si } 1.125 < T_s \leq 3.5 \text{ s} \\ 4.75 - T_s; & \text{si } T_s > 3.5 \text{ s} \\ 0.85; & \text{si } T_s > 3.9 \text{ s} \end{cases} \quad (\text{B.1})$$

$$T_b = \begin{cases} 1.35; & \text{si } T_s \leq 1.125 \text{ s} \\ 1.2 T_s; & \text{si } 1.125 < T_s \leq 3.5 \text{ s} \\ 4.2; & \text{si } T_s > 3.5 \text{ s} \end{cases} \quad (\text{B.2})$$

$$k = \begin{cases} 2 - T_s; & \text{si } 0.5 < T_s \leq 1.65 \text{ s} \\ 1.2 T_s; & \text{si } T_s > 3.25 \text{ s} \end{cases} \quad (\text{B.3})$$

$$a_0 = \begin{cases} 0.1 + 0.15(T_s - 0.5); & \text{si } 0.5 \leq T_s \leq 1.5 \text{ s} \\ 0.25; & \text{si } T_s > 1.5 \text{ s} \end{cases} \quad (\text{B.4})$$

$$c = \begin{cases} 0.28 + 0.92(T_s - 0.5); & \text{si } 0.5 \leq T_s \leq 1.5 \text{ s} \\ 1.2; & \text{si } 1.5 < T_s \leq 2.5 \text{ s} \\ 1.2 - 0.5(T_s - 2.5); & \text{si } 2.5 < T_s \leq 3.5 \text{ s} \\ 0.7; & \text{si } T_s > 3.5 \end{cases} \quad (\text{B.5})$$

$$p = k + (1 - k)(T_b/T)^2 \quad (\text{B.6})$$

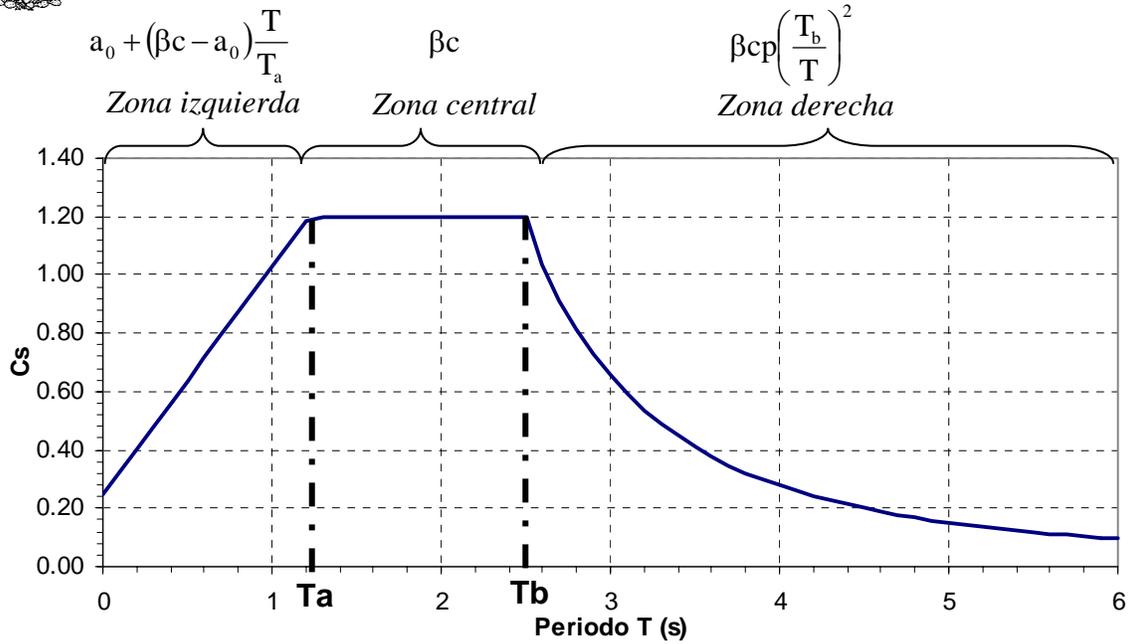


Figura B.1 Espectro del Apéndice A (RCDF-2004)

donde β es un factor de reducción por amortiguamiento suplementario, que es igual a uno cuando se ignora la interacción suelo-estructura y k es una variable para calcular el factor de reducción por ductilidad (ecuación B.7).

- Para realizar el análisis sísmico, las ordenadas espectrales de aceleración obtenidas de la Figura 2.1 podrán ser reducidas por los factores de ductilidad, Q' , y de sobrerresistencia, R , de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$Q' = \begin{cases} 1 + (Q-1) \sqrt{\frac{\beta}{k} \frac{T}{T_a}}; & \text{si } T \leq T_a \\ 1 + (Q-1) \sqrt{\frac{\beta}{k}}; & \text{si } T_a < T \leq T_b \\ 1 + (Q-1) \sqrt{\frac{\beta p}{k}}; & \text{si } T > T_b \end{cases} \quad (B.7)$$

donde Q es el factor de comportamiento sísmico por ductilidad (ecuación B.2). La reducción por sobrerresistencia está dada por el factor R (ecuación B.8).

$$R = \begin{cases} \frac{10}{4 + \sqrt{T/T_a}}; & \text{si } T \leq T_a \\ 2; & \text{si } T_a < T \leq T_b \end{cases} \quad (B.8)$$



Apéndice C

Archivo de DRAIN2DX del edificio de 10 niveles

```
*STARTXX
NEWBORR      0 1 0 0 F      MARCO CON/DISIPADORES 10N . Ton-m
*NODECOORDS
C   1   0   30
C   2   5   30
C   3  10   30
C   4  15   30
C  41   0   0
C  42   5   0
C  43  10   0
C  44  15   0
C  45  7.5  30
C  54  7.5   3.
L   1  41   4  9   3.
L   2  42   4  9   3.
L   3  43   4  9   3.
L   4  44   4  9   3.
L  45  54   1  8   3.
*RESTRAINTS
S 111  41  44   1
S 001  45  54   1
*SLAVING
S 100   1   2   4   1
S 100   5   6   8   1
S 100   9  10  12   1
S 100  13  14  16   1
S 100  17  18  20   1
S 100  21  22  24   1
S 100  25  26  28   1
S 100  29  30  32   1
S 100  33  34  36   1
S 100  37  38  40   1
*MASSES
S 100 9.94863   1   4   1      9.810.55436120
S 100 13.56912   5   8   1
S 100 13.75956   9  12   1
S 100 13.95000  13  16   1
S 100 14.05764  17  20   1
S 100 14.16528  21  24   1
S 100 14.22221  25  28   1
S 100 14.27913  29  32   1
S 100 14.27913  33  36   1
S 100 14.27913  37  40   1
*ELEMENTGROUP   IVIGAS
02 1 0 .00359693      VIGAS DEL MARCO
1 4 4
11131370.85  0.03 0.2275.008009890  4 4 2 0.21875 0.2 1.
1 0.210 -0.210  0  0
2 0.250 -0.250  0  0
3 0.270 -0.270  0  0
4 0.280 -0.280  0  0
1 1 17.948 -17.948
2 1 17.948 -17.948
3 1 17.950 -21.160
4 1 21.165 -29.155
1 1 2 1 1 1 1 1
4 5 6 1 1 1 1 1
7 9 10 1 1 2 2 2
10 13 14 1 1 2 2 2
13 17 18 1 1 3 3 3
16 21 22 1 1 3 3 3
19 25 26 1 1 4 4 4
22 29 30 1 1 4 4 4
```



```

25 33 34 1 1 4 4 4
28 37 38 1 1 4 4 4
30 39 40 0 1 4 4 4
*ELEMENTGROUP !COLUMNAS
02 1 0 .00359693
4 1 4
11131370.85 0.03 0.1E+40.00259308 4 4 2 0.14700 0.2 1.
21131370.85 0.03 0.2E+40.00520833 4 4 2 0.20833 0.2 1.
31131370.85 0.03 0.2E+60.00708588 4 4 2 0.24300 0.2 1.
41131370.85 0.03 0.3E+60.00819541 4 4 2 0.26133 0.2 1.
1 0 0 -0.75 0
1 3 31.721 -31.721 396.346 -204.422 1.1 0.2 1.1 0.2
2 3 40.465 -40.465 476.422 -204.422 1.2 0.3 1.2 0.3
3 3 45.093 -45.093 521.683 -204.422 1.2 0.3 1.2 0.3
4 3 47.378 -47.378 545.619 -204.422 1.2 0.3 1.2 0.3
1 1 5 1 1 1 1 1
5 5 9 1 1 1 1 1
9 9 13 1 2 1 2 2
13 13 17 1 2 1 2 2
17 17 21 1 3 1 3 3
21 21 25 1 3 1 3 3
25 25 29 1 4 1 4 4
29 29 33 1 4 1 4 4
33 33 37 1 4 1 4 4
37 37 41 1 4 1 4 4
40 40 44 0 4 1 4 4
*ELEMENTGROUP
01 1 0 .00359693 DISIPADORES DEL MARCO
8
1 2.1E7 0.03 8.972E-05 105287 -105287 0 1.0
2 2.1E7 0.03 2.392E-04 105287 -105287 0 1.0
3 2.1E7 0.03 2.392E-04 105287 -105287 0 1.0
4 2.1E7 0.03 2.392E-04 105287 -105287 0 1.0
5 2.1E7 0.03 1.196E-04 105287 -105287 0 1.0
6 2.1E7 0.03 1.196E-04 105287 -105287 0 1.0
7 2.1E7 0.03 1.196E-04 105287 -105287 0 1.0
8 2.1E7 0.03 1.00E+08 25300 -25300 0 1.0
1 14 48 0 7
2 15 48 0 7
3 18 49 0 6
4 19 49 0 6
5 22 50 0 5
6 23 50 0 5
7 26 51 0 4
8 27 51 0 4
9 30 52 0 3
10 31 52 0 3
11 34 53 0 2
12 35 53 0 2
13 38 54 0 1
14 39 54 0 1
15 42 54 0 8
16 54 43 0 8
17 38 53 0 8
18 53 39 0 8
19 34 52 0 8
20 52 35 0 8
21 30 51 0 8
22 51 31 0 8
23 26 50 0 8
24 27 50 0 8
25 22 49 0 8
26 49 23 0 8
*RESULTS
NSD 001 1 41 4
*ELEMLOAD
CMCV CARGAS PARA VIGAS
G 1 2
1 0 1 0 2.94488 2.306830 0 2.94488 -2.306830
2 0 1 0 3.79080 2.921020 0 3.79080 -2.921020

```



1 3 1 1 1
4 30 1 2 1

*NODALOAD

| | | | | | |
|--------------|------------------------------------|---|----|---|--|
| CTV | CARGAS DE LOS MARCOS TRANSVERSALES | | | | |
| S 0 -2.94489 | 0 | 1 | 4 | 3 | |
| S 0 -4.57876 | 0 | 2 | 3 | 1 | |
| S 0 -3.79081 | 0 | 5 | 37 | 4 | |
| S 0 -6.29198 | 0 | 6 | 38 | 4 | |
| S 0 -6.29198 | 0 | 7 | 39 | 4 | |
| S 0 -3.79081 | 0 | 8 | 40 | 4 | |

*NODALOAD

| | | | | |
|-----------|--|-----|----|--|
| CPAI | FUERZA PARA ANALISIS ESTATICO NO LINEAL. | | | |
| S 0.13578 | 0.0 | 0.0 | 1 | |
| S 0.17401 | 0.0 | 0.0 | 5 | |
| S 0.15719 | 0.0 | 0.0 | 9 | |
| S 0.13903 | 0.0 | 0.0 | 13 | |
| S 0.11760 | 0.0 | 0.0 | 17 | |
| S 0.09695 | 0.0 | 0.0 | 21 | |
| S 0.07576 | 0.0 | 0.0 | 25 | |
| S 0.05470 | 0.0 | 0.0 | 29 | |
| S 0.03424 | 0.0 | 0.0 | 33 | |
| S 0.01473 | 0.0 | 0.0 | 37 | |

*SPECTRUM

| | | | |
|------|---------|-------------------------------|-----|
| ESPE | SP1 | *ANALISIS ESPECTRAL ACELR 1.2 | |
| 61 | 1 0 1 1 | 1.0 | 1.0 |

*PARAMETERS

F 0.001 0.001
OS 0 0 1 0 1300

*MODE

10 2 0 0 CALCULO DE PERIODO INICIAL

*GRAV

E CMCV 1.
N CTV 1.

*SPEC

0 2 ESPE 1.

*STOP

Archivo de DRAIN2DX del edificio de 24 niveles

*STARTXX

DISPCON1 0 0 1 1 1 F M 24 NIVELES

*NODECOORDS

| | | |
|------|-------|------|
| C 1 | 0.000 | 0 |
| C 2 | 4.500 | 0 |
| C 3 | 13.50 | 0 |
| C 4 | 22.50 | 0 |
| C 5 | 25.45 | 0 |
| C 6 | 31.50 | 0 |
| C 7 | 40.50 | 0 |
| C 8 | 45.00 | 0 |
| C 9 | 0.000 | 4.0 |
| C 10 | 4.500 | 4.0 |
| C 11 | 13.50 | 4.0 |
| C 12 | 22.50 | 4.0 |
| C 13 | 25.45 | 4.0 |
| C 14 | 31.50 | 4.0 |
| C 15 | 40.50 | 4.0 |
| C 16 | 45.00 | 4.0 |
| C 17 | 0.000 | 9.65 |
| C 18 | 4.500 | 9.65 |
| C 19 | 13.50 | 9.65 |
| C 20 | 22.50 | 9.65 |
| C 21 | 25.45 | 9.65 |
| C 22 | 31.50 | 9.65 |
| C 23 | 40.50 | 9.65 |
| C 24 | 45.00 | 9.65 |
| C 25 | 0 | 15.3 |
| C 26 | 4.5 | 15.3 |



| | | | |
|---|-----|-------|--------|
| C | 27 | 13.5 | 15.3 |
| C | 28 | 22.5 | 15.3 |
| C | 29 | 25.45 | 15.3 |
| C | 30 | 31.50 | 15.3 |
| C | 31 | 40.50 | 15.3 |
| C | 32 | 45.00 | 15.3 |
| C | 33 | 0 | 21.3 |
| C | 34 | 4.5 | 21.3 |
| C | 35 | 13.5 | 21.3 |
| C | 36 | 22.5 | 21.3 |
| C | 37 | 25.45 | 21.3 |
| C | 38 | 31.50 | 21.3 |
| C | 39 | 40.50 | 21.3 |
| C | 40 | 45.00 | 21.3 |
| C | 177 | 0 | 102.3 |
| C | 178 | 4.5 | 102.3 |
| C | 179 | 13.5 | 102.3 |
| C | 180 | 22.5 | 102.3 |
| C | 181 | 25.45 | 102.3 |
| C | 182 | 31.50 | 102.3 |
| C | 183 | 40.50 | 102.3 |
| C | 184 | 45.00 | 102.3 |
| C | 185 | 0 | 108.3 |
| C | 186 | 4.5 | 108.3 |
| C | 187 | 13.5 | 108.3 |
| C | 188 | 22.5 | 108.3 |
| C | 189 | 25.45 | 108.3 |
| C | 190 | 31.50 | 108.3 |
| C | 191 | 40.50 | 108.3 |
| C | 192 | 45.00 | 108.3 |
| C | 193 | 0 | 114.8 |
| C | 194 | 4.5 | 114.8 |
| C | 195 | 13.5 | 114.8 |
| C | 196 | 22.5 | 114.8 |
| C | 197 | 25.45 | 114.8 |
| C | 198 | 31.50 | 114.8 |
| C | 199 | 40.50 | 114.8 |
| C | 200 | 45.00 | 114.8 |
| C | 201 | 18.0 | 4 |
| C | 202 | 18.0 | 15.3 |
| C | 203 | 18.0 | 25.8 |
| C | 211 | 18.0 | 97.80 |
| C | 212 | 18.0 | 108.30 |
| C | 213 | 2.25 | 4.0 |
| C | 214 | 47.75 | 4.0 |
| C | 215 | 2.25 | 9.65 |
| C | 216 | 42.75 | 9.65 |
| C | 217 | 2.25 | 15.30 |
| C | 218 | 42.75 | 15.30 |
| C | 219 | 2.25 | 21.30 |
| C | 220 | 42.75 | 21.30 |
| C | 221 | 2.25 | 25.80 |
| C | 222 | 42.75 | 25.80 |
| C | 223 | 2.25 | 30.30 |
| C | 224 | 42.75 | 30.30 |
| C | 225 | 2.25 | 34.80 |
| C | 226 | 42.75 | 34.80 |
| C | 227 | 2.25 | 39.30 |
| C | 228 | 42.75 | 39.30 |
| C | 229 | 2.25 | 43.80 |
| C | 230 | 42.75 | 43.80 |
| C | 231 | 2.25 | 48.30 |
| C | 232 | 42.75 | 48.30 |
| C | 233 | 2.75 | 52.80 |
| C | 234 | 42.75 | 52.80 |
| C | 235 | 2.25 | 57.30 |
| C | 236 | 42.75 | 57.30 |
| C | 237 | 2.25 | 61.80 |
| C | 238 | 42.75 | 61.80 |
| C | 239 | 2.25 | 66.30 |



| | | | | | |
|-------------|-----|-------|--------|-----|-----|
| C | 240 | 42.75 | 66.30 | | |
| C | 241 | 2.25 | 70.80 | | |
| C | 242 | 42.75 | 70.80 | | |
| C | 243 | 2.25 | 75.30 | | |
| C | 244 | 42.75 | 75.30 | | |
| C | 245 | 2.25 | 79.80 | | |
| C | 246 | 42.75 | 79.80 | | |
| C | 247 | 2.25 | 84.30 | | |
| C | 248 | 42.75 | 84.30 | | |
| C | 249 | 2.25 | 88.80 | | |
| C | 250 | 42.75 | 88.80 | | |
| C | 251 | 2.25 | 93.30 | | |
| C | 252 | 42.75 | 93.30 | | |
| C | 253 | 2.25 | 97.80 | | |
| C | 254 | 42.75 | 97.80 | | |
| C | 255 | 2.25 | 102.30 | | |
| C | 256 | 42.75 | 102.30 | | |
| C | 257 | 2.25 | 108.30 | | |
| C | 258 | 42.75 | 108.30 | | |
| C | 259 | 2.25 | 114.80 | | |
| C | 260 | 42.75 | 114.80 | | |
| L | 33 | 177 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 34 | 178 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 35 | 179 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 36 | 180 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 37 | 181 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 38 | 182 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 39 | 183 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 40 | 184 | 8 | 17 | 4.5 |
| L | 203 | 211 | 1 | 7 | 9.0 |
| *RESTRAINTS | | | | | |
| S | 111 | 1 | 8 | 1 | |
| IS | 111 | 16 | | | |
| *SLAVING | | | | | |
| S | 100 | 196 | 197 | 200 | 1 |
| S | 100 | 196 | 193 | 195 | 1 |
| S | 100 | 188 | 189 | 192 | 1 |
| S | 100 | 188 | 185 | 187 | 1 |
| S | 100 | 180 | 181 | 184 | 1 |
| S | 100 | 180 | 177 | 179 | 1 |
| S | 100 | 172 | 173 | 176 | 1 |
| S | 100 | 172 | 169 | 171 | 1 |
| S | 100 | 164 | 165 | 168 | 1 |
| S | 100 | 164 | 161 | 163 | 1 |
| S | 100 | 156 | 157 | 160 | 1 |
| S | 100 | 156 | 153 | 155 | 1 |
| S | 100 | 148 | 149 | 152 | 1 |
| S | 100 | 148 | 145 | 147 | 1 |
| S | 100 | 140 | 141 | 144 | 1 |
| S | 100 | 140 | 137 | 139 | 1 |
| S | 100 | 132 | 133 | 136 | 1 |
| S | 100 | 132 | 129 | 131 | 1 |
| S | 100 | 124 | 125 | 128 | 1 |
| S | 100 | 124 | 121 | 123 | 1 |
| S | 100 | 116 | 117 | 120 | 1 |
| S | 100 | 116 | 113 | 115 | 1 |
| S | 100 | 108 | 109 | 112 | 1 |
| S | 100 | 108 | 105 | 107 | 1 |
| S | 100 | 100 | 101 | 104 | 1 |
| S | 100 | 100 | 97 | 99 | 1 |
| S | 100 | 92 | 93 | 96 | 1 |
| S | 100 | 92 | 89 | 91 | 1 |
| S | 100 | 84 | 85 | 88 | 1 |
| S | 100 | 84 | 81 | 83 | 1 |
| S | 100 | 76 | 77 | 80 | 1 |
| S | 100 | 76 | 73 | 75 | 1 |
| S | 100 | 68 | 69 | 72 | 1 |
| S | 100 | 68 | 65 | 67 | 1 |
| S | 100 | 60 | 61 | 64 | 1 |
| S | 100 | 60 | 57 | 59 | 1 |



| | | | | | |
|---------------|---------|------|------------|----------------------------|----------------|
| S 100 | 52 | 53 | 56 | 1 | |
| S 100 | 52 | 49 | 51 | 1 | |
| S 100 | 44 | 45 | 48 | 1 | |
| S 100 | 44 | 41 | 43 | 1 | |
| S 100 | 36 | 37 | 40 | 1 | |
| S 100 | 36 | 33 | 35 | 1 | |
| S 100 | 28 | 29 | 32 | 1 | |
| S 100 | 28 | 25 | 27 | 1 | |
| S 100 | 20 | 21 | 24 | 1 | |
| S 100 | 20 | 17 | 19 | 1 | |
| S 100 | 12 | 13 | 16 | 1 | |
| S 100 | 12 | 09 | 11 | 1 | |
| S 010 | 1 | 9 | 193 | 8 | |
| S 010 | 2 | 10 | 194 | 8 | |
| S 010 | 3 | 11 | 195 | 8 | |
| S 010 | 4 | 12 | 196 | 8 | |
| S 010 | 5 | 13 | 197 | 8 | |
| S 010 | 6 | 14 | 198 | 8 | |
| S 010 | 7 | 15 | 199 | 8 | |
| S 010 | 8 | 16 | 200 | 8 | |
| *MASSES | | | | | |
| S 100 | 101.63 | 9 | 16 | 1 | 9.81 0.1582666 |
| S 100 | 101.63 | 17 | 24 | 1 | |
| S 100 | 101.63 | 25 | 32 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 33 | 40 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 41 | 48 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 49 | 56 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 57 | 64 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 65 | 72 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 73 | 80 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 81 | 88 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 89 | 96 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 97 | 104 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 105 | 112 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 113 | 120 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 121 | 128 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 129 | 136 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 137 | 144 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 145 | 152 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 153 | 160 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 161 | 168 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 169 | 176 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 177 | 184 | 1 | |
| S 100 | 59.38 | 185 | 192 | 1 | |
| S 100 | 47.00 | 193 | 200 | 1 | |
| *ELEMENTGROUP | | | | | |
| 01 | 1 | 1 | 0.01236598 | DISIPADORES ELEMNT 169-264 | |
| 13 | | | | | |
| 1 | 2.039E7 | 0.03 | 0.0250 | 35150 | -35150 1 1.0 |
| 2 | 2.039E7 | 0.03 | 0.0228 | 35150 | -35150 1 1.0 |
| 3 | 2.039E7 | 0.03 | 0.0155 | 35150 | -35150 1 1.0 |
| 4 | 2.039E7 | 0.03 | 0.0110 | 35150 | -35150 1 1.0 |
| 5 | 2.039E7 | 0.03 | 3.837E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 6 | 2.039E7 | 0.03 | 4.604E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 7 | 2.039E7 | 0.03 | 4.604E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 8 | 2.039E7 | 0.03 | 6.139E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 9 | 2.039E7 | 0.03 | 6.139E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 10 | 2.039E7 | 0.03 | 5.116E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 11 | 2.039E7 | 0.03 | 1.023E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 12 | 2.039E7 | 0.03 | 1.023E-04 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 13 | 2.039E7 | 0.03 | 5.400E+07 | 28786 | -28786 1 1.0 |
| 1 | 3 | 201 | 1 | 1 | |
| 2 | 4 | 201 | 1 | 1 | |
| 3 | 5 | 14 | 1 | 1 | |
| 4 | 201 | 19 | 1 | 1 | |
| 5 | 201 | 20 | 1 | 1 | |
| 6 | 14 | 21 | 1 | 1 | |
| 7 | 19 | 202 | 1 | 1 | |
| 8 | 20 | 202 | 1 | 1 | |
| 9 | 21 | 30 | 1 | 1 | |



| | | | | |
|----|-----|-----|---|----|
| 10 | 202 | 35 | 1 | 1 |
| 11 | 202 | 36 | 1 | 1 |
| 12 | 30 | 37 | 1 | 1 |
| 13 | 35 | 203 | 1 | 1 |
| 14 | 36 | 203 | 1 | 1 |
| 15 | 37 | 46 | 1 | 1 |
| 16 | 203 | 51 | 1 | 2 |
| 17 | 203 | 52 | 1 | 2 |
| 18 | 46 | 53 | 1 | 2 |
| 19 | 51 | 204 | 1 | 2 |
| 20 | 52 | 204 | 1 | 2 |
| 21 | 53 | 62 | 1 | 2 |
| 22 | 204 | 67 | 1 | 2 |
| 23 | 204 | 68 | 1 | 2 |
| 24 | 62 | 69 | 1 | 2 |
| 25 | 67 | 205 | 1 | 2 |
| 26 | 68 | 205 | 1 | 2 |
| 27 | 69 | 78 | 1 | 2 |
| 28 | 205 | 83 | 1 | 2 |
| 29 | 205 | 84 | 1 | 2 |
| 30 | 78 | 85 | 1 | 2 |
| 31 | 83 | 206 | 1 | 3 |
| 32 | 84 | 206 | 1 | 3 |
| 33 | 85 | 94 | 1 | 3 |
| 34 | 206 | 99 | 1 | 3 |
| 35 | 206 | 100 | 1 | 3 |
| 36 | 94 | 101 | 1 | 3 |
| 37 | 99 | 207 | 1 | 3 |
| 38 | 100 | 207 | 1 | 3 |
| 39 | 101 | 110 | 1 | 3 |
| 40 | 207 | 115 | 1 | 3 |
| 41 | 207 | 116 | 1 | 3 |
| 42 | 110 | 117 | 1 | 3 |
| 43 | 115 | 208 | 1 | 3 |
| 44 | 116 | 208 | 1 | 3 |
| 45 | 117 | 126 | 1 | 3 |
| 46 | 208 | 131 | 1 | 4 |
| 47 | 208 | 132 | 1 | 4 |
| 48 | 126 | 133 | 1 | 4 |
| 49 | 131 | 209 | 1 | 4 |
| 50 | 132 | 209 | 1 | 4 |
| 51 | 133 | 142 | 1 | 4 |
| 52 | 209 | 147 | 1 | 4 |
| 53 | 209 | 148 | 1 | 4 |
| 54 | 142 | 149 | 1 | 4 |
| 55 | 147 | 210 | 1 | 4 |
| 56 | 148 | 210 | 1 | 4 |
| 57 | 149 | 158 | 1 | 4 |
| 58 | 210 | 163 | 1 | 4 |
| 59 | 210 | 164 | 1 | 4 |
| 60 | 158 | 165 | 1 | 4 |
| 61 | 163 | 211 | 1 | 4 |
| 62 | 164 | 211 | 1 | 4 |
| 63 | 165 | 174 | 1 | 4 |
| 64 | 211 | 179 | 1 | 4 |
| 65 | 211 | 180 | 1 | 4 |
| 66 | 174 | 181 | 1 | 4 |
| 67 | 179 | 212 | 1 | 4 |
| 68 | 180 | 212 | 1 | 4 |
| 69 | 181 | 190 | 1 | 4 |
| 70 | 212 | 195 | 1 | 4 |
| 71 | 212 | 196 | 1 | 4 |
| 72 | 190 | 197 | 1 | 4 |
| 73 | 1 | 213 | 1 | 13 |
| 74 | 2 | 213 | 1 | 13 |
| 75 | 7 | 214 | 1 | 13 |
| 76 | 8 | 214 | 1 | 13 |
| 77 | 9 | 215 | 1 | 13 |
| 78 | 10 | 215 | 1 | 13 |
| 79 | 15 | 216 | 1 | 13 |



| | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|
| 80 | 16 | 216 | 1 | 13 |
| 81 | 17 | 217 | 1 | 13 |
| 82 | 18 | 217 | 1 | 13 |
| 83 | 23 | 218 | 1 | 13 |
| 84 | 24 | 218 | 1 | 13 |
| 85 | 25 | 219 | 1 | 13 |
| 86 | 26 | 219 | 1 | 13 |
| 87 | 31 | 220 | 1 | 13 |
| 88 | 32 | 220 | 1 | 13 |
| 89 | 33 | 221 | 1 | 13 |
| 90 | 34 | 221 | 1 | 13 |
| 91 | 39 | 222 | 1 | 13 |
| 92 | 40 | 222 | 1 | 13 |
| 93 | 41 | 223 | 1 | 13 |
| 94 | 42 | 223 | 1 | 13 |
| 95 | 47 | 224 | 1 | 13 |
| 96 | 48 | 224 | 1 | 13 |
| 97 | 49 | 225 | 1 | 13 |
| 98 | 50 | 225 | 1 | 13 |
| 99 | 55 | 226 | 1 | 13 |
| 100 | 56 | 226 | 1 | 13 |
| 101 | 57 | 227 | 1 | 13 |
| 102 | 58 | 227 | 1 | 13 |
| 103 | 63 | 228 | 1 | 13 |
| 104 | 64 | 228 | 1 | 13 |
| 105 | 65 | 229 | 1 | 13 |
| 106 | 66 | 229 | 1 | 13 |
| 107 | 71 | 230 | 1 | 13 |
| 108 | 72 | 230 | 1 | 13 |
| 109 | 73 | 231 | 1 | 13 |
| 110 | 74 | 231 | 1 | 13 |
| 111 | 79 | 232 | 1 | 13 |
| 112 | 80 | 232 | 1 | 13 |
| 113 | 81 | 233 | 1 | 13 |
| 114 | 82 | 233 | 1 | 13 |
| 115 | 87 | 234 | 1 | 13 |
| 116 | 88 | 234 | 1 | 13 |
| 117 | 89 | 235 | 1 | 13 |
| 118 | 90 | 235 | 1 | 13 |
| 119 | 95 | 236 | 1 | 13 |
| 120 | 96 | 236 | 1 | 13 |
| 121 | 97 | 237 | 1 | 13 |
| 122 | 98 | 237 | 1 | 13 |
| 123 | 103 | 238 | 1 | 13 |
| 124 | 104 | 238 | 1 | 13 |
| 125 | 105 | 239 | 1 | 13 |
| 126 | 106 | 239 | 1 | 13 |
| 127 | 111 | 240 | 1 | 13 |
| 128 | 112 | 240 | 1 | 13 |
| 129 | 113 | 241 | 1 | 13 |
| 130 | 114 | 241 | 1 | 13 |
| 131 | 119 | 242 | 1 | 13 |
| 132 | 120 | 242 | 1 | 13 |
| 133 | 121 | 243 | 1 | 13 |
| 134 | 122 | 243 | 1 | 13 |
| 135 | 127 | 244 | 1 | 13 |
| 136 | 128 | 244 | 1 | 13 |
| 137 | 129 | 245 | 1 | 13 |
| 138 | 130 | 245 | 1 | 13 |
| 139 | 135 | 246 | 1 | 13 |
| 140 | 136 | 246 | 1 | 13 |
| 141 | 137 | 247 | 1 | 13 |
| 142 | 138 | 247 | 1 | 13 |
| 143 | 143 | 248 | 1 | 13 |
| 144 | 144 | 248 | 1 | 13 |
| 145 | 145 | 249 | 1 | 13 |
| 146 | 146 | 249 | 1 | 13 |
| 147 | 151 | 250 | 1 | 13 |
| 148 | 152 | 250 | 1 | 13 |
| 149 | 153 | 251 | 1 | 13 |



| | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|
| 150 | 154 | 251 | 1 | 13 |
| 151 | 159 | 252 | 1 | 13 |
| 152 | 160 | 252 | 1 | 13 |
| 153 | 161 | 253 | 1 | 13 |
| 154 | 162 | 253 | 1 | 13 |
| 155 | 167 | 254 | 1 | 13 |
| 156 | 168 | 254 | 1 | 13 |
| 157 | 169 | 255 | 1 | 13 |
| 158 | 170 | 255 | 1 | 13 |
| 159 | 175 | 256 | 1 | 13 |
| 160 | 176 | 256 | 1 | 13 |
| 161 | 177 | 257 | 1 | 13 |
| 162 | 178 | 257 | 1 | 13 |
| 163 | 183 | 258 | 1 | 13 |
| 164 | 184 | 258 | 1 | 13 |
| 165 | 185 | 259 | 1 | 13 |
| 166 | 186 | 259 | 1 | 13 |
| 167 | 191 | 260 | 1 | 13 |
| 168 | 192 | 260 | 1 | 13 |
| 169 | 9 | 213 | 1 | 12 |
| 170 | 213 | 10 | 1 | 12 |
| 171 | 15 | 214 | 1 | 12 |
| 172 | 214 | 16 | 1 | 12 |
| 173 | 17 | 215 | 1 | 12 |
| 174 | 215 | 18 | 1 | 12 |
| 175 | 23 | 216 | 1 | 12 |
| 176 | 216 | 24 | 1 | 12 |
| 177 | 25 | 217 | 1 | 5 |
| 178 | 217 | 26 | 1 | 5 |
| 179 | 31 | 218 | 1 | 5 |
| 180 | 218 | 32 | 1 | 5 |
| 181 | 33 | 219 | 1 | 5 |
| 182 | 219 | 34 | 1 | 5 |
| 183 | 39 | 220 | 1 | 5 |
| 184 | 220 | 40 | 1 | 5 |
| 185 | 41 | 221 | 1 | 5 |
| 186 | 221 | 42 | 1 | 5 |
| 187 | 47 | 222 | 1 | 5 |
| 188 | 222 | 48 | 1 | 5 |
| 189 | 49 | 223 | 1 | 6 |
| 190 | 223 | 50 | 1 | 6 |
| 191 | 55 | 224 | 1 | 6 |
| 192 | 224 | 56 | 1 | 6 |
| 193 | 57 | 225 | 1 | 6 |
| 194 | 225 | 58 | 1 | 6 |
| 195 | 63 | 226 | 1 | 6 |
| 196 | 226 | 64 | 1 | 6 |
| 197 | 65 | 227 | 1 | 6 |
| 198 | 227 | 66 | 1 | 6 |
| 199 | 71 | 228 | 1 | 6 |
| 200 | 228 | 72 | 1 | 6 |
| 201 | 73 | 229 | 1 | 7 |
| 202 | 229 | 74 | 1 | 7 |
| 203 | 79 | 230 | 1 | 7 |
| 204 | 230 | 80 | 1 | 7 |
| 205 | 81 | 231 | 1 | 7 |
| 206 | 231 | 82 | 1 | 7 |
| 207 | 87 | 232 | 1 | 7 |
| 208 | 232 | 88 | 1 | 7 |
| 209 | 89 | 233 | 1 | 7 |
| 210 | 233 | 90 | 1 | 7 |
| 211 | 95 | 234 | 1 | 7 |
| 212 | 234 | 96 | 1 | 7 |
| 213 | 97 | 235 | 1 | 8 |
| 214 | 235 | 98 | 1 | 8 |
| 215 | 103 | 236 | 1 | 8 |
| 216 | 236 | 104 | 1 | 8 |
| 217 | 105 | 237 | 1 | 8 |
| 218 | 237 | 106 | 1 | 8 |
| 219 | 111 | 238 | 1 | 8 |



| | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|
| 220 | 238 | 112 | 1 | 8 |
| 221 | 113 | 239 | 1 | 8 |
| 222 | 239 | 114 | 1 | 8 |
| 223 | 119 | 240 | 1 | 8 |
| 224 | 240 | 120 | 1 | 8 |
| 225 | 121 | 241 | 1 | 9 |
| 226 | 241 | 122 | 1 | 9 |
| 227 | 127 | 242 | 1 | 9 |
| 228 | 242 | 128 | 1 | 9 |
| 229 | 129 | 243 | 1 | 9 |
| 230 | 243 | 130 | 1 | 9 |
| 231 | 135 | 244 | 1 | 9 |
| 232 | 244 | 136 | 1 | 9 |
| 233 | 137 | 245 | 1 | 9 |
| 234 | 245 | 138 | 1 | 9 |
| 235 | 143 | 246 | 1 | 9 |
| 236 | 246 | 144 | 1 | 9 |
| 237 | 145 | 247 | 1 | 10 |
| 238 | 247 | 146 | 1 | 10 |
| 239 | 151 | 248 | 1 | 10 |
| 240 | 248 | 152 | 1 | 10 |
| 241 | 153 | 249 | 1 | 10 |
| 242 | 249 | 154 | 1 | 10 |
| 243 | 159 | 250 | 1 | 10 |
| 244 | 250 | 160 | 1 | 10 |
| 245 | 161 | 251 | 1 | 10 |
| 246 | 251 | 162 | 1 | 10 |
| 247 | 167 | 252 | 1 | 10 |
| 248 | 252 | 168 | 1 | 10 |
| 249 | 169 | 253 | 1 | 11 |
| 250 | 253 | 170 | 1 | 11 |
| 251 | 175 | 254 | 1 | 11 |
| 252 | 254 | 176 | 1 | 11 |
| 253 | 177 | 255 | 1 | 11 |
| 254 | 255 | 178 | 1 | 11 |
| 255 | 183 | 256 | 1 | 11 |
| 256 | 256 | 184 | 1 | 11 |
| 257 | 185 | 257 | 1 | 11 |
| 258 | 257 | 186 | 1 | 11 |
| 259 | 191 | 258 | 1 | 11 |
| 260 | 258 | 192 | 1 | 11 |
| 261 | 193 | 259 | 1 | 11 |
| 262 | 259 | 194 | 1 | 11 |
| 263 | 199 | 260 | 1 | 11 |
| 264 | 260 | 200 | 1 | 11 |

*ELEMENTGROUP

| | | | | | | | | | | |
|----|-----------|---------|------------|-----------------------------|----|----|----|----------|-----|---|
| 02 | 1 | 1 | 0.01236598 | PROPIEDADES DE LAS COLUMNAS | | | | | | |
| 7 | 1 | 16 | | | | | | | | |
| 1 | 2619160. | 0.03 | 1.44 | .17280000 | 4. | 4. | 2. | 1.440000 | 0.2 | 1 |
| 2 | 2619160. | 0.03 | 0.64 | 0.0341300 | 4. | 4. | 2. | 0.640000 | 0.2 | 1 |
| 3 | 20390000 | 0.03 | 0.04 | 0.0011070 | 4. | 4. | 2. | 0.009900 | 0.2 | 1 |
| 4 | 20390000 | 0.03 | 0.0276 | 0.0007100 | 4. | 4. | 2. | 0.006500 | 0.2 | 1 |
| 5 | 20390000 | 0.03 | 0.0171 | 0.0004160 | 4. | 4. | 2. | 0.004000 | 0.2 | 1 |
| 6 | 20390000 | 0.03 | 0.01 | 0.0001800 | 4. | 4. | 2. | 0.002700 | 0.2 | 1 |
| 7 | 16500708. | 0.03 | 0.64 | 0.0341300 | 4. | 4. | 2. | 0.640000 | 0.2 | 1 |
| 1 | 0. | 0. | 0. | 000. | | | | | | |
| 1 | 1 | 1053.00 | -1053.00 | | | | | | | |
| 2 | 1 | 916.00 | -916.00 | | | | | | | |
| 3 | 1 | 701.00 | -701.00 | | | | | | | |
| 4 | 1 | 644.00 | -644.00 | | | | | | | |
| 5 | 1 | 605.00 | -605.00 | | | | | | | |
| 6 | 1 | 569.00 | -569.00 | | | | | | | |
| 7 | 1 | 400.00 | -400.00 | | | | | | | |
| 8 | 1 | 362.00 | -362.00 | | | | | | | |
| 9 | 1 | 349.00 | -349.00 | | | | | | | |
| 10 | 1 | 285.00 | -285.00 | | | | | | | |
| 11 | 1 | 244.00 | -244.00 | | | | | | | |
| 12 | 1 | 215.00 | -215.00 | | | | | | | |
| 13 | 1 | 225.00 | -225.00 | | | | | | | |
| 14 | 1 | 150.00 | -150.00 | | | | | | | |



| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-------|--------|---|---|---|----|----|---|
| 15 | 1 | 90.00 | -90.00 | | | | | | |
| 16 | 1 | 45.00 | -45.00 | | | | | | |
| 001 | 001 | 009 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 002 | 002 | 010 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 003 | 003 | 011 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 004 | 004 | 012 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 005 | 005 | 013 | | 1 | 3 | 1 | 13 | 13 | |
| 006 | 006 | 014 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 007 | 007 | 015 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 008 | 008 | 016 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 009 | 009 | 017 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 010 | 010 | 018 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 011 | 011 | 019 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 012 | 012 | 020 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 013 | 013 | 021 | | 1 | 3 | 1 | 13 | 13 | |
| 014 | 014 | 022 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 015 | 015 | 023 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 016 | 016 | 024 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 017 | 017 | 025 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 018 | 018 | 026 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 019 | 019 | 027 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 020 | 020 | 028 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 021 | 021 | 029 | | 1 | 7 | 1 | 13 | 13 | |
| 022 | 022 | 030 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 023 | 023 | 031 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 024 | 024 | 032 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 025 | 025 | 033 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 026 | 026 | 034 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 027 | 027 | 035 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 028 | 028 | 036 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 029 | 029 | 037 | | 1 | 3 | 1 | 13 | 13 | |
| 030 | 030 | 038 | | 1 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| 031 | 031 | 039 | | 1 | 2 | 1 | 7 | 7 | |
| 032 | 032 | 040 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 033 | 033 | 041 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 034 | 034 | 042 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 035 | 035 | 043 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 036 | 036 | 044 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 037 | 037 | 045 | | 1 | 3 | 1 | 13 | 13 | |
| 038 | 038 | 046 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 039 | 039 | 047 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 040 | 040 | 048 | | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| 041 | 041 | 049 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 042 | 042 | 050 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 043 | 043 | 051 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 044 | 044 | 052 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 045 | 045 | 053 | | 1 | 4 | 1 | 14 | 14 | |
| 046 | 046 | 054 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 047 | 047 | 055 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 048 | 048 | 056 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 049 | 049 | 057 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 050 | 050 | 058 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 051 | 051 | 059 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 052 | 052 | 060 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 053 | 053 | 061 | | 1 | 4 | 1 | 14 | 14 | |
| 054 | 054 | 062 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 055 | 055 | 063 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 056 | 056 | 064 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 057 | 057 | 065 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 058 | 058 | 066 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 059 | 059 | 067 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 060 | 060 | 068 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 061 | 061 | 069 | | 1 | 4 | 1 | 14 | 14 | |
| 062 | 062 | 070 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 063 | 063 | 071 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 064 | 064 | 072 | | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| 065 | 065 | 073 | | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | |
| 066 | 066 | 074 | | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 | |
| 067 | 067 | 075 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |
| 068 | 068 | 076 | | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 | |



| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|---|---|----|----|
| 069 | 069 | 077 | 1 | 4 | 1 | 14 | 14 |
| 070 | 070 | 078 | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 |
| 071 | 071 | 079 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 072 | 072 | 080 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 073 | 073 | 081 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 074 | 074 | 082 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 075 | 075 | 083 | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 |
| 076 | 076 | 084 | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 |
| 077 | 077 | 085 | 1 | 4 | 1 | 14 | 14 |
| 078 | 078 | 086 | 1 | 7 | 1 | 8 | 8 |
| 079 | 079 | 087 | 1 | 2 | 1 | 8 | 8 |
| 080 | 080 | 088 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| 081 | 081 | 089 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 082 | 082 | 090 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 083 | 083 | 091 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 084 | 084 | 092 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 085 | 085 | 093 | 1 | 5 | 1 | 15 | 15 |
| 086 | 086 | 094 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 087 | 087 | 095 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 088 | 088 | 096 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 089 | 089 | 097 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 090 | 090 | 098 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 091 | 091 | 099 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 092 | 092 | 100 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 093 | 093 | 101 | 1 | 7 | 1 | 15 | 15 |
| 094 | 094 | 102 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 095 | 095 | 103 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 096 | 096 | 104 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 097 | 097 | 105 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 098 | 098 | 106 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 099 | 099 | 107 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 100 | 100 | 108 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 101 | 101 | 109 | 1 | 5 | 1 | 15 | 15 |
| 102 | 102 | 110 | 1 | 7 | 1 | 9 | 9 |
| 103 | 103 | 111 | 1 | 2 | 1 | 9 | 9 |
| 104 | 104 | 112 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| 105 | 105 | 113 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 106 | 106 | 114 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 107 | 107 | 115 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 108 | 108 | 116 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 109 | 109 | 117 | 1 | 5 | 1 | 15 | 15 |
| 110 | 110 | 118 | 1 | 7 | 1 | 16 | 16 |
| 111 | 111 | 119 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 112 | 112 | 120 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 113 | 113 | 121 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 114 | 114 | 122 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 115 | 115 | 123 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 116 | 116 | 124 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 117 | 117 | 125 | 1 | 5 | 1 | 15 | 15 |
| 118 | 118 | 126 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 119 | 119 | 127 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 120 | 120 | 128 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 121 | 121 | 129 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 122 | 122 | 130 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 123 | 123 | 131 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 124 | 124 | 132 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 125 | 125 | 133 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 126 | 126 | 134 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 127 | 127 | 135 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 128 | 128 | 136 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 129 | 129 | 137 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 130 | 130 | 138 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 131 | 131 | 139 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 132 | 132 | 140 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 133 | 133 | 141 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 134 | 134 | 142 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 135 | 135 | 143 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 136 | 136 | 144 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 137 | 137 | 145 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 138 | 138 | 146 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |



| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|---|---|----|----|
| 139 | 139 | 147 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 140 | 140 | 148 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 141 | 141 | 149 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 142 | 142 | 150 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 143 | 143 | 151 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 144 | 144 | 152 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 145 | 145 | 153 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 146 | 146 | 154 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 147 | 147 | 155 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 148 | 148 | 156 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 149 | 149 | 157 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 150 | 150 | 158 | 1 | 7 | 1 | 10 | 10 |
| 151 | 151 | 159 | 1 | 2 | 1 | 10 | 10 |
| 152 | 152 | 160 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 153 | 153 | 161 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 154 | 154 | 162 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 155 | 155 | 163 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 156 | 156 | 164 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 157 | 157 | 165 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 158 | 158 | 166 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 159 | 159 | 167 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 160 | 160 | 168 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 161 | 161 | 169 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 162 | 162 | 170 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 163 | 163 | 171 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 164 | 164 | 172 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 165 | 165 | 173 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 166 | 166 | 174 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 167 | 167 | 175 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 168 | 168 | 176 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 169 | 169 | 177 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 170 | 170 | 178 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 171 | 171 | 179 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 172 | 172 | 180 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 173 | 173 | 181 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 174 | 174 | 182 | 1 | 7 | 1 | 11 | 11 |
| 175 | 175 | 183 | 1 | 2 | 1 | 11 | 11 |
| 176 | 176 | 184 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 177 | 177 | 185 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 178 | 178 | 186 | 1 | 2 | 1 | 12 | 12 |
| 179 | 179 | 187 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 180 | 180 | 188 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 181 | 181 | 189 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 182 | 182 | 190 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 183 | 183 | 191 | 1 | 2 | 1 | 12 | 12 |
| 184 | 184 | 192 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 185 | 185 | 193 | 1 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 186 | 186 | 194 | 1 | 2 | 1 | 12 | 12 |
| 187 | 187 | 195 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 188 | 188 | 196 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 189 | 189 | 197 | 1 | 6 | 1 | 16 | 16 |
| 190 | 190 | 198 | 1 | 7 | 1 | 12 | 12 |
| 191 | 191 | 199 | 1 | 2 | 1 | 12 | 12 |
| 192 | 192 | 200 | 0 | 1 | 1 | 6 | 6 |

*ELEMENTGROUP

| | | | | | | | | | | |
|----|----------|------|------------|---------------------------|----|----|----|----------|-----|---|
| 02 | 1 | 1 | 0.01236598 | PROPIEDADES DE LAS TRABES | | | | | | |
| 16 | 1 | 16 | | | | | | | | |
| 01 | 20390000 | 0.03 | .02560 | .00324600 | 4. | 4. | 2. | 0.137600 | 0.2 | 1 |
| 02 | 20390000 | 0.03 | .008387 | 0.0003500 | 4. | 4. | 2. | 0.004665 | 0.2 | 1 |
| 03 | 20390000 | 0.03 | .034600 | 0.0047000 | 4. | 4. | 2. | 0.017000 | 0.2 | 1 |
| 04 | 20390000 | 0.03 | .030300 | 0.0040580 | 4. | 4. | 2. | 0.015100 | 0.2 | 1 |
| 05 | 20390000 | 0.03 | .017000 | 0.0015000 | 4. | 4. | 2. | 0.009000 | 0.2 | 1 |
| 06 | 20390000 | 0.03 | .028500 | 0.0037600 | 4. | 4. | 2. | 0.014400 | 0.2 | 1 |
| 07 | 20390000 | 0.03 | .024700 | .00280000 | 4. | 4. | 2. | 0.012380 | 0.2 | 1 |
| 08 | 20390000 | 0.03 | .022400 | 0.0024000 | 4. | 4. | 2. | 0.012000 | 0.2 | 1 |
| 09 | 20390000 | 0.03 | .020500 | 0.0018600 | 4. | 4. | 2. | 0.010500 | 0.2 | 1 |
| 10 | 20390000 | 0.03 | .014400 | 0.0008700 | 4. | 4. | 2. | 0.006800 | 0.2 | 1 |
| 11 | 20390000 | 0.03 | .016000 | 0.0012000 | 4. | 4. | 2. | 0.007900 | 0.2 | 1 |
| 12 | 20390000 | 0.03 | .013000 | 0.0007600 | 4. | 4. | 2. | 0.006400 | 0.2 | 1 |
| 13 | 20390000 | 0.03 | .01440 | 0.0008700 | 4. | 4. | 2. | 0.006800 | 0.2 | 1 |



| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|---------|-----------|----|----|----|----------|-----|---|
| 14 | 20390000 | 0.03 | .01170 | 0.0006500 | 4. | 4. | 2. | 0.006600 | 0.2 | 1 |
| 15 | 20390000 | 0.03 | .01170 | 0.0006560 | 4. | 4. | 2. | 0.006600 | 0.2 | 1 |
| 16 | 20390000 | 0.03 | .01050 | 0.0005600 | 4. | 4. | 2. | 0.006000 | 0.2 | 1 |
| 1 | 00. | 00. | 00. | 00. | | | | | | |
| 1 | 1 | 293.00 | -293.00 | | | | | | | |
| 2 | 1 | 55.00 | -55.00 | | | | | | | |
| 3 | 1 | 414.00 | -414.00 | | | | | | | |
| 4 | 1 | 359.00 | -359.00 | | | | | | | |
| 5 | 1 | 163.00 | -163.00 | | | | | | | |
| 6 | 1 | 335.00 | -335.00 | | | | | | | |
| 7 | 1 | 269.00 | -269.00 | | | | | | | |
| 8 | 1 | 239.00 | -239.00 | | | | | | | |
| 9 | 1 | 199.00 | -199.00 | | | | | | | |
| 10 | 1 | 115.00 | -115.00 | | | | | | | |
| 11 | 1 | 140.00 | -140.00 | | | | | | | |
| 12 | 1 | 102.00 | -102.00 | | | | | | | |
| 13 | 1 | 115.00 | -115.00 | | | | | | | |
| 14 | 1 | 88.00 | -88.00 | | | | | | | |
| 15 | 1 | 88.00 | -88.00 | | | | | | | |
| 16 | 1 | 77.00 | -77.00 | | | | | | | |
| 001 | 009 | 010 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 002 | 010 | 011 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 003 | 011 | 201 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 004 | 012 | 013 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 005 | 013 | 014 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 006 | 014 | 015 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 007 | 015 | 016 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 008 | 17 | 18 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 009 | 18 | 19 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 010 | 19 | 20 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 011 | 20 | 21 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 012 | 21 | 22 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 013 | 22 | 23 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 014 | 23 | 24 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 015 | 25 | 26 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 016 | 26 | 27 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 017 | 27 | 202 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 018 | 28 | 29 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 019 | 29 | 30 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 020 | 30 | 31 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 021 | 31 | 32 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 022 | 33 | 34 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 023 | 34 | 35 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 024 | 35 | 36 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 025 | 36 | 37 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 026 | 37 | 38 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 027 | 38 | 39 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 028 | 39 | 40 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 029 | 41 | 42 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 030 | 42 | 43 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 031 | 43 | 203 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 032 | 44 | 45 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 033 | 45 | 46 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 | | | |
| 034 | 46 | 47 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 035 | 47 | 48 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 036 | 49 | 50 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | | | |
| 037 | 50 | 51 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 038 | 51 | 52 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 039 | 52 | 53 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 040 | 53 | 54 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 041 | 54 | 55 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 042 | 55 | 56 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | | | |
| 043 | 57 | 58 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | | | |
| 044 | 58 | 59 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 045 | 59 | 204 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 046 | 60 | 61 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 047 | 61 | 62 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 | | | |
| 048 | 62 | 63 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | | | |
| 049 | 63 | 64 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | | | |
| 050 | 65 | 66 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 | | | |



| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|---|----|----|
| 051 | 66 | 67 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 052 | 67 | 68 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 053 | 68 | 69 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 054 | 69 | 70 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 055 | 70 | 71 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 056 | 71 | 72 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 057 | 73 | 74 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 058 | 74 | 75 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 059 | 75 | 205 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 060 | 76 | 77 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 061 | 77 | 78 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 062 | 78 | 79 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 063 | 79 | 80 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 064 | 81 | 82 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 065 | 82 | 83 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 066 | 83 | 84 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 067 | 84 | 85 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 068 | 85 | 86 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 069 | 86 | 87 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 070 | 87 | 88 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 071 | 89 | 90 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 072 | 90 | 91 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 073 | 91 | 206 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 074 | 92 | 93 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 075 | 93 | 94 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 076 | 94 | 95 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 077 | 95 | 96 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 078 | 097 | 098 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 079 | 098 | 099 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 080 | 099 | 100 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 081 | 100 | 101 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 082 | 101 | 102 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 083 | 102 | 103 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 084 | 103 | 104 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 085 | 105 | 106 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 086 | 106 | 107 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 087 | 107 | 207 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 088 | 108 | 109 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 089 | 109 | 110 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 090 | 110 | 111 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 091 | 111 | 112 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 092 | 113 | 114 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 093 | 114 | 115 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 094 | 115 | 116 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 095 | 116 | 117 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 096 | 117 | 118 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 097 | 118 | 119 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 098 | 119 | 120 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 099 | 121 | 122 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 100 | 122 | 123 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 101 | 123 | 208 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 102 | 124 | 125 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 103 | 125 | 126 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 104 | 126 | 127 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 105 | 127 | 128 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 106 | 129 | 130 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 107 | 130 | 131 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 108 | 131 | 132 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 109 | 132 | 133 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 110 | 133 | 134 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 111 | 134 | 135 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 112 | 135 | 136 | 0 | 5 | 1 | 5 | 5 |
| 113 | 137 | 138 | 0 | 10 | 1 | 10 | 10 |
| 114 | 138 | 139 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 115 | 139 | 209 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 116 | 140 | 141 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 117 | 141 | 142 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 118 | 142 | 143 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 119 | 143 | 144 | 0 | 10 | 1 | 10 | 10 |
| 120 | 145 | 146 | 0 | 10 | 1 | 10 | 10 |



| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|---|----|----|
| 121 | 146 | 147 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 122 | 147 | 148 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 123 | 148 | 149 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 124 | 149 | 150 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 125 | 150 | 151 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 126 | 151 | 152 | 0 | 10 | 1 | 10 | 10 |
| 127 | 153 | 154 | 0 | 12 | 1 | 12 | 12 |
| 128 | 154 | 155 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 129 | 155 | 210 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 130 | 156 | 157 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 131 | 157 | 158 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 132 | 158 | 159 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 133 | 159 | 160 | 0 | 12 | 1 | 12 | 12 |
| 134 | 161 | 162 | 0 | 12 | 1 | 12 | 12 |
| 135 | 162 | 163 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 136 | 163 | 164 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 137 | 164 | 165 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 138 | 165 | 166 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 139 | 166 | 167 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 140 | 167 | 168 | 0 | 12 | 1 | 12 | 12 |
| 141 | 169 | 170 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 142 | 170 | 171 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 143 | 171 | 211 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 144 | 172 | 173 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 145 | 173 | 174 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 146 | 174 | 175 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 147 | 175 | 176 | 0 | 15 | 1 | 15 | 15 |
| 148 | 177 | 178 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 149 | 178 | 179 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 150 | 179 | 180 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 151 | 180 | 181 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 152 | 181 | 182 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 153 | 182 | 183 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 154 | 183 | 184 | 0 | 15 | 1 | 15 | 15 |
| 155 | 185 | 186 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 156 | 186 | 187 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 157 | 187 | 212 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 158 | 188 | 189 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 159 | 189 | 190 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 160 | 190 | 191 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 161 | 191 | 192 | 0 | 15 | 1 | 15 | 15 |
| 162 | 193 | 194 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 163 | 194 | 195 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 164 | 195 | 196 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 165 | 196 | 197 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 166 | 197 | 198 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |
| 167 | 198 | 199 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 168 | 199 | 200 | 0 | 15 | 1 | 15 | 15 |
| 169 | 201 | 012 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 170 | 202 | 028 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 171 | 203 | 044 | 0 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 172 | 204 | 060 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 173 | 205 | 076 | 0 | 6 | 1 | 6 | 6 |
| 174 | 206 | 092 | 0 | 7 | 1 | 7 | 7 |
| 175 | 207 | 108 | 0 | 8 | 1 | 8 | 8 |
| 176 | 208 | 124 | 0 | 9 | 1 | 9 | 9 |
| 177 | 209 | 140 | 0 | 11 | 1 | 11 | 11 |
| 178 | 210 | 156 | 0 | 13 | 1 | 13 | 13 |
| 179 | 211 | 172 | 0 | 14 | 1 | 14 | 14 |
| 180 | 212 | 188 | 0 | 16 | 1 | 16 | 16 |

*RESULTS

NSD 001 1 193 8

*ELEMLOAD

CMVI

1.1 C. MUERTA + C. VIVA INST.

G 03 15

| | | | | | | | | |
|----|---|-----|-----|---------|--------|-----|---------|---------|
| 01 | 0 | 1.0 | 0.0 | 10.9000 | 8.200 | 0.0 | 10.9000 | -8.200 |
| 02 | 0 | 1.0 | 0.0 | 21.8000 | 32.700 | 0.0 | 21.8000 | -32.700 |
| 03 | 0 | 1.0 | 0.0 | 7.2000 | 3.500 | 0.0 | 7.2000 | -3.500 |
| 04 | 0 | 1.0 | 0.0 | 14.7000 | 14.800 | 0.0 | 14.7000 | -14.800 |
| 05 | 0 | 1.0 | 0.0 | 10.5000 | 7.800 | 0.0 | 10.5000 | -7.800 |



| | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|---------|--------|-----|---------|---------|
| 06 | 0 | 1.0 | 0.0 | 20.9000 | 31.400 | 0.0 | 20.9000 | -31.400 |
| 07 | 0 | 1.0 | 0.0 | 6.9000 | 3.400 | 0.0 | 6.9000 | - 3.400 |
| 08 | 0 | 1.0 | 0.0 | 14.1000 | 14.200 | 0.0 | 14.1000 | -14.200 |
| 09 | 0 | 1.0 | 0.0 | 15.0000 | 11.300 | 0.0 | 15.0000 | -11.300 |
| 10 | 0 | 1.0 | 0.0 | 30.0000 | 45.000 | 0.0 | 30.0000 | -45.000 |
| 11 | 0 | 1.0 | 0.0 | 9.8000 | 4.800 | 0.0 | 9.8000 | - 4.800 |
| 12 | 0 | 1.0 | 0.0 | 20.2000 | 20.300 | 0.0 | 20.2000 | -20.300 |
| 13 | 0 | 1.0 | 0.0 | 21.8000 | 0.000 | 0.0 | 21.8000 | 0.000 |
| 14 | 0 | 1.0 | 0.0 | 20.9000 | 0.000 | 0.0 | 20.900 | 0.000 |
| 15 | 0 | 1.0 | 0.0 | 30.0000 | 0.000 | 0.0 | 30.0000 | 0.000 |
| 1 | 15 | 7 | 9 | 1.0 | | | | |
| 22 | 155 | 7 | 5 | 1.0 | | | | |
| 162 | | 1 | | 1.0 | | | | |
| 2 | 16 | 7 | 15 | 1.0 | | | | |
| 23 | 156 | 7 | 14 | 1.0 | | | | |
| 163 | | 13 | | 1.0 | | | | |
| 3 | 17 | 14 | 9 | 1.0 | | | | |
| 31 | 157 | 14 | 5 | 1.0 | | | | |
| 10 | | 10 | | 1.0 | | | | |
| 24 | 150 | 14 | 6 | 1.0 | | | | |
| 164 | | 2 | | 1.0 | | | | |
| 169 | 170 | 1 | 9 | 1.0 | | | | |
| 171 | 180 | 1 | 5 | 1.0 | | | | |
| 4 | 18 | 7 | 11 | 1.0 | | | | |
| 25 | 158 | 7 | 7 | 1.0 | | | | |
| 165 | | 3 | | 1.0 | | | | |
| 5 | 19 | 7 | 12 | 1.0 | | | | |
| 26 | 159 | 7 | 8 | 1.0 | | | | |
| 166 | | 4 | | 1.0 | | | | |
| 6 | 20 | 7 | 15 | 1.0 | | | | |
| 27 | 160 | 7 | 14 | 1.0 | | | | |
| 167 | | 13 | | 1.0 | | | | |
| 7 | 21 | 7 | 9 | 1.0 | | | | |
| 28 | 161 | 7 | 5 | 1.0 | | | | |
| 168 | | 5 | | 1.0 | | | | |

*NODALOAD

| FE1 | | | CARGAS EN LOS NODOS GENERADA POR CRUJÍAS | | | |
|-----|-----|--------|--|-----|-----|---|
| S | 0.0 | -15.05 | 0.0 | 9 | 25 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 10 | 26 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 11 | 27 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 12 | 28 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 13 | 29 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 14 | 30 | 8 |
| S | 0.0 | -68.08 | 0.0 | 15 | 31 | 8 |
| S | 0.0 | -15.05 | 0.0 | 16 | 32 | 8 |
| S | 0.0 | -10.50 | 0.0 | 33 | 185 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 34 | 186 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 35 | 187 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 36 | 188 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 37 | 189 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 38 | 190 | 8 |
| S | 0.0 | -48.20 | 0.0 | 39 | 191 | 8 |
| S | 0.0 | -10.50 | 0.0 | 40 | 192 | 8 |
| S | 0.0 | - 8.80 | 0.0 | 193 | 200 | 7 |
| S | 0.0 | -35.00 | 0.0 | 194 | 199 | 1 |

*NODALOAD

| CONT | | | DESPLAZAMIENTO NORMALIZADOS C/R AZOTEA 1ER MODO | | | |
|------|---------|-----|---|-----|--|--|
| S | 0.08811 | 0.0 | 0.0 | 196 | | |
| S | 0.08376 | 0.0 | 0.0 | 188 | | |
| S | 0.07932 | 0.0 | 0.0 | 180 | | |
| S | 0.07580 | 0.0 | 0.0 | 172 | | |
| S | 0.07203 | 0.0 | 0.0 | 164 | | |
| S | 0.06805 | 0.0 | 0.0 | 156 | | |
| S | 0.06386 | 0.0 | 0.0 | 148 | | |
| S | 0.05952 | 0.0 | 0.0 | 140 | | |
| S | 0.05509 | 0.0 | 0.0 | 132 | | |
| S | 0.05069 | 0.0 | 0.0 | 124 | | |
| S | 0.04644 | 0.0 | 0.0 | 116 | | |
| S | 0.04225 | 0.0 | 0.0 | 108 | | |



```
S 0.03817 0.0 0.0 100
S 0.03427 0.0 0.0 92
S 0.03028 0.0 0.0 84
S 0.02637 0.0 0.0 76
S 0.02256 0.0 0.0 68
S 0.01882 0.0 0.0 60
S 0.01519 0.0 0.0 52
S 0.01185 0.0 0.0 44
S 0.00903 0.0 0.0 36
S 0.00543 0.0 0.0 28
S 0.00256 0.0 0.0 20
S 0.00055 0.0 0.0 12
S 0.0 0.0 0.0 04
*SPECTRUM
ESPE SP1 *ANALISIS ESPECTRAL ACELR 1.2
61 1 0 1 1 1.0 1.0
*PARAMETERS
F 0.01 0.01
OS 0 0 1 0 250
*MODE FORMAS MODALES Y CALCULO DE PERIODO
4 2 0 1
*GRAV ANALISIS GRAVITACIONAL
E CMVI 1.0
N FE1 1.0
*SPEC
0 2 ESPE 1.
*STOP
```

Fin del código