Modelación inelástica dinámica simplificada

Colombia es un país en el cual se han presentado sismos en las últimas décadas, las estructuras se dañan o colapsan debido a los eventos sísmicos, el colapso se presenta por la deficiencia de la ductilidad. La mayoría de análisis y diseños realizados actualmente en Colombia son elásticos y los métodos de análisis inelásticos dinámicos son muy complejos y ala vez demorados, por lo cual es necesario tener una herramienta simplificada, que ayude a pronosticar el comportamiento de la estructura y darle soluciones ante problemas sísmicos. Se parte de un modelo en este caso un pórtico normal establecido y se convierte en un sistema de un grado de libertad inelástico dinámico simplificado el cual nos ayudará a predecir el comportamiento estructural del pórtico.

José Rodrigo Hernández Ávila, Magister en Estructuras y Construcción, Universidad de los Andes, Especialista en Estructuras, Universidad del Norte, Ingeniero Civil, Universidad del Norte, Investigador Junior, Miembro del Grupo de Investigación Gimaguas y Coordinador del Semillero de Investigación Sies, Docente de planta De Estructuras, Unisucre

978-3-639-71719-8

editorial académica española

editorial académica española

Jose Rodrigo Hernandez Avila

Modelación inelástica dinámica simplificada

para estructuras de concreto reforzado utilizando disipadores y amortiguadores

Jose Rodrigo Hernandez Avila

Modelación inelástica dinámica simplificada

Jose Rodrigo Hernandez Avila

Modelación inelástica dinámica simplificada

para estructuras de concreto reforzado utilizando disipadores y amortiguadores

Editorial Académica Española

Impressum / Aviso legal
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Información bibliográfica de la Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek clasifica esta publicación en la Deutsche Nationalbibliografie; los datos bibliográficos detallados están disponibles en internet en http://dnb.d-nb.de.
Todos los nombres de marcas y nombres de productos mencionados en este libro están sujetos a la protección de marca comercial, marca registrada o patentes y son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. La reproducción en esta obra de nombres de marcas, nombres de productos, nombres comunes, nombres comerciales, descripciones de productos, etc., incluso sin una indicación particular, de ninguna manera debe interpretarse como que estos nombres pueden ser considerados sin limitaciones en materia de marcas y legislación de protección de marcas y, por lo tanto, ser utilizados por cualquier persona.

Coverbild / Imagen de portada: www.ingimage.com

Verlag / Editorial:
Editorial Académica Española
ist ein Imprint der / es una marca de
OmniScriptum GmbH & Co. KG
Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Alemania
Email / Correo Electrónico: info@omniscriptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /
Publicado en: consulte la última página
ISBN: 978-3-639-71719-8

Copyright / Propiedad literaria © 2016 OmniScriptum GmbH & Co. KG
Alle Rechte vorbehalten. / Todos los derechos reservados. Saarbrücken 2016

MODELACION INELASTICA DINAMICA SIMPLIFICADA

PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO UTILIZANDO DISIPADORES

Y AMORTIGUADORES

JOSE RODRIGO HERNANDEZ AVILA
ESTUDIANTE DE DOCTORADO EN EDUCACION
MAGISTER EN ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCION
ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS
INGENIERO CIVIL

DERECHOS RESERVADOS. Queda prohibida la reproducción de la presente obra bajo cualquier forma sin el consentimiento por escrito del autor.

Agradecimientos

A mi esposa Flor Inés Burgos Amador y mi hijo Matthias Alonso Hernández Burgos

CONTENIDO

PREFACIO 6

CAPITULO I 7

CONCEPTOS BASICOS DE DINAMICA ESTRUCTURAL 7

CAPITULO II 10

SISTEMAS DE CONTROL ACTIVOS Y PASIVOS PARA 10

ESTRUCTURAS CAPITULO III 14

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS SIMPLIFICADA DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO 14

CAPITULO IV 22

AMORTIGUADORES 22

CAPITULO V 24

CAPITULO VI 26

DESCRIPCION DEL PROGRAMA SMIDS 26

APENDICES

APENDICE A SIMBOLOGÍA

APENDICE B referencias

APENDICE C bibiliografia

PREFACIO

Colombia es un país en el cual se han presentado sismos en las últimas décadas, las estructuras se dañan o colapsan debido a los eventos sísmicos, el colapso se presenta por la deficiencia de la ductilidad.

La mayoría de análisis y diseños realizados actualmente en Colombia son elásticos y los métodos de análisis inelásticos dinámicos son muy complejos y ala vez demorados, por lo cual es necesario tener una herramienta simplificada, que ayude a pronosticar el comportamiento de la estructura y darle soluciones ante problemas sísmicos.

Se parte de un modelo en este caso un pórtico normal establecido y se convierte en un sistema de un grado de libertad inelástico dinámico simplificado el cual nos ayudará a predecir el comportamiento estructural del pórtico.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS DE DINAMICA ESTRUCTURAL

La dinámica dentro del contexto de la mecánica es el estudio de los cuerpos o conjuntos de partículas en movimiento.

La dinámica se divide en dos campos:

La cinemática la cual estudia la geometría del movimiento relacionando el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y el tiempo, sin hacer referencia a las causas del movimiento.

La Cinética la cual estudia la relación entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, la masa del cuerpo y su movimiento permitiendo predecir los movimientos que causan las fuerzas o determinar las fuerzas necesarias para producir un movimiento dado.

Cuando un cuerpo se desplaza de una posición de equilibrio estable, el cuerpo tiende a volver a esta posición al verse afectado por la acción de fuerzas que tienden a restablecer la situación de equilibrio, esto puede ser el caso de las fuerzas gravitacionales en un péndulo o de las fuerzas elásticas impuestas por un resorte en el caso de una masa apoyada en el. En general en el instante que el cuerpo vuelve a su posición de equilibrio tiene alguna velocidad que lo lleva mas allá de esa posición, presentándose una oscilación alrededor del punto de equilibrio. Estas oscilaciones en el campo de la mecánica se denominan vibraciones mecánicas.

La Dinámica de Estructuras estudia el efecto de las acciones externas que producen vibraciones. Su desarrollo comienza en el siglo XIX con las investigaciones de Lord Rayleigh sobre los efectos del sonido en cuerpos elásticos, las cuales aun tienen validez.

Actualmente, esta área de la Mecánica presenta un estado avanzado de desarrollo, pues se ha logrado establecer métodos de calculo para estructuras lineales o no lineales sometidas a acciones deterministicas o aleatorias.

Las tres leyes de newton son los fundamentos de la estática y de la dinámica tanto en de cuerpos rígidos como de flexibles y son las bases sobre las cuales se desarrolla la dinámica de cuerpos rígidos y la dinámica estructural y se aplican repetidamente durante el desarrollo de la teoría de la dinámica estructural.

- *Primera ley de Newton:* "Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o movimiento uniforme rectilíneo, a menos que sea obligado a cambiar ese estado debido a la aplicación de cualquier tipo de fuerzas".
- *Segunda ley de Newton:* "La fuerza que actúa sobre un cuerpo y causa su movimiento, es igual a la tasa de cambio del momentum del cuerpo". F=ma
- *Tercera ley de Newton:* "A toda acción se opone siempre una reacción de igual magnitud, o las acciones mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y opuestas"

El número de grados de libertad de un sistema, desde el punto de vista de la dinámica, corresponde al número mínimo de coordenadas necesarias para definir la posición en el espacio y en el tiempo de todas las partículas de masa del sistema.

La noción de grado de libertad se ha tornado de uso corriente en el análisis estático de estructuras, principalmente a raíz del auge del cálculo matricial por medio de modelos de barras o de elementos finitos, En este campo un grado de libertad corresponde a cualquier movimiento posible de los nodos de los elementos en una dirección no restringida. En el

caso dinámico el modelo empleado esta basado en la suposición de que la rigidez se concentra en un resorte que carece de masa mientras que la masa se ubica en un cuerpo rígido que no se deforma. Esto comporta una separación ideal de la masa y la rigidez.

En síntesis el sistema esta compuesto de un resorte sin masa, en el que se concentra toda la información sobre la rigidez de la estructura en el parámetro k, y un cuerpo rígido caracterizado por m, que corresponde a toda la masa de la estructura. Sobre esta última variable resulta necesario anotar que debe entenderse no solo las masas de tipo transnacional, sino también las de tipo transnacional.

La modelación inelástica dinámica convirtiendo un pórtico normal en un grado de libertad en el cual la excitación del sistema proviene de un movimiento en su base.

Aplicando el principio de D' Alembert el cual dice que la Fuerza del resorte mas la fuerza ejercida por el amortiguador menos la fuerza inercial es igual a cero; Se obtiene:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{x}_0$$

Lo cual indica que un sistema al cual se le introduce movimiento en su base es equivalente a un sistema con su base fija al cual se le aplica una fuerza igual a la masa del sistema multiplicada por el negativo de la aceleración del terreno.

El Software de modelación inelástica dinámica simplificada será programado bajo el programa visual Basic, La curva pushover ser un dato de entrada obtenida de programas como el SAP2000, ETABS u otros. Mediante procedimientos dinámicos paso a paso se obtendrán resultados de análisis y diseño, los cuales serán comparados con un modelo real específico de un edificio.

CAPITULO II

SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control de movimiento (Figura 1), se pueden clasificar como de control activo, pasivo y semiactivo.

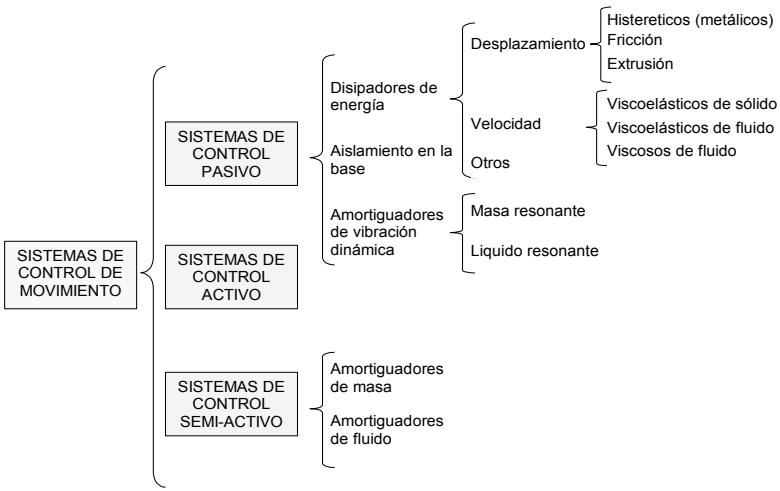


Figura 1. Sistema de control de movimiento.

Sistemas de control activo: tienen como particularidad que la magnitud y dirección de las fuerzas generadas están determinadas por un controlador basado en la información de un sensor y una estrategia (algoritmo) de control que determina la magnitud de las fuerzas. Las fuerzas son suministradas por un sistema de control activo (Figura 2), desarrolladas por medio de actuadores electro-hidráulicos los cuales necesitan ser totalmente activados por una fuente de poder. En principio un sistema de control activo debería proveer mejor respuesta que un sistema de control pasivo. Sin embargo, debido a que las fuerzas de

control que se requieren para mitigar sismos fuertes son más grandes que el mecanismo de control y la exigencia de mantenimiento constante estos sistemas aún no han sido utilizados para aplicaciones sísmicas (Fuente Reyes, J.C).

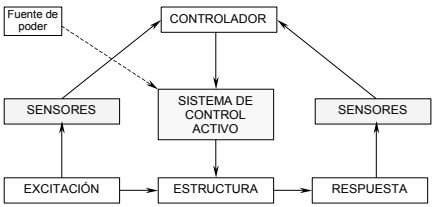


Figura 2. Sistema de control activo.

Sistemas de control semi-activo: estos sistemas son una derivación de los sistemas de control pasivo. En principio son sistemas de control pasivo a los cuales se les pueden variar sus propiedades mediante un mecanismo parecido al de los sistemas de control activo. Estos sistemas mantienen el esquema de los sistemas de control activo, sin embargo las fuerzas de control son generadas por los movimientos relativos entre los puntos de unión del dispositivo y la estructura. Los sistemas de control semi-activo requieren fuentes de poder para poder cambiar las propiedades de los dispositivos (Fuente Reyes, J.C).

Sistemas de control pasivo: se caracterizan porque desarrollan fuerzas de control de movimiento en los puntos donde se unen al sistema estructural. La energía necesaria para generar estas fuerzas es provista por el movimiento de los puntos de unión durante vibraciones dinámicas (Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7) (Fuente Reyes, J.C).

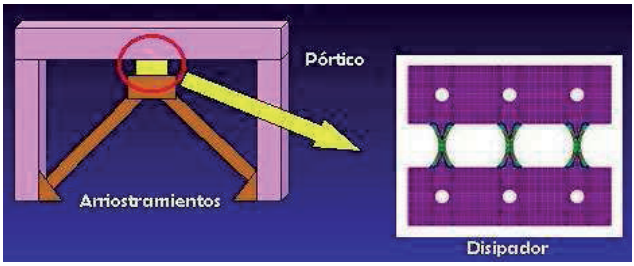


Figura 3. Modelo de disipador.

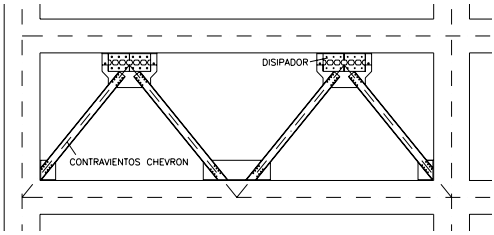


Figura 4. Disipador pasivo (Disipador con contraviento chevron).

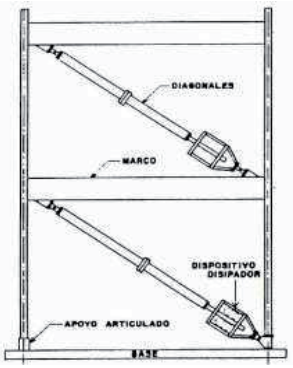


Figura 5. Disipador pasivo (Disipador en diagonal) (Fuente Reyes, J.C).

Figura 6. Amortiguador pasivo (Fuente Reyes, J.C).

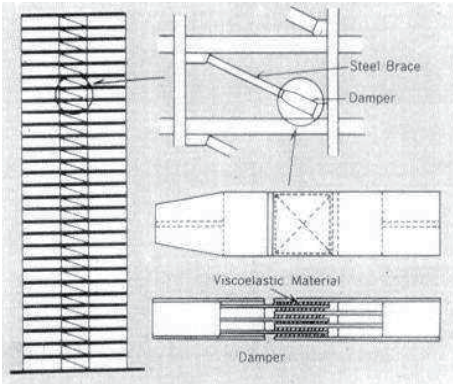


Figura 7. Amortiguador pasivo inclinado (Fuente Reyes, J.C).

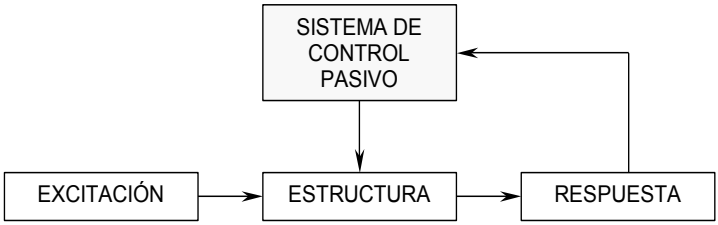


Figura 8. Funcionamiento de los sistemas de control pasivo.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS SIMPLIFICADA

Convertir la estructura de varios grados a un grado de libertad equivalente (figura 10).

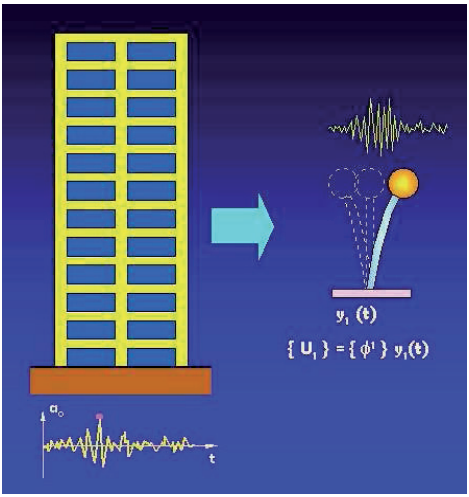


Figura 10. Modelo de un grado de libertad (Fuente Molinares. N).

Para ello es necesario realizar previamente un análisis "pushover" o un análisis no lineal contra el tiempo con una carga periódica de amplitud creciente figura (11). Los datos de aproximación bilineal de la curva de capacidad son: numero de pisos del edificio, Periodo fundamental de la edificación (T), Porcentaje del amortiguamiento intrínseco con respecto al critico (ξ), Cortante de fluencia de la edificación (V_{ty}), Porcentaje de coeficiente de la

rigidez post-fluencia ó porcentaje de endurecimiento de la edificación (α). Otros datos básicos son: Porcentaje de la altura de entrepiso para el calculo de la deriva máxima ($\%h_{pi}$), Matriz de masa de la edificación [M], Forma modal asociada a el periodo fundamental de la edificación $\{\phi\}$, Matriz de altura de la edificación {H}.

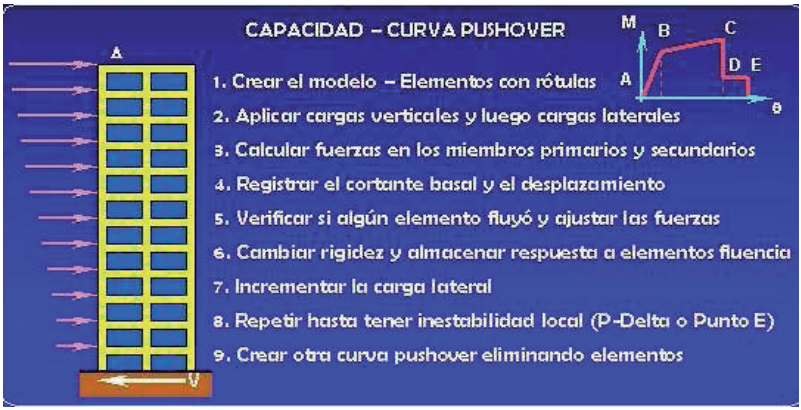


Figura 11. Método de pushover (Fuente Molinares, N).

Conociendo los datos anteriormente mencionados se calculan las propiedades de la estructura de un grado de libertad equivalente en el primero modo de vibración (Figura 12 y Figura 13):

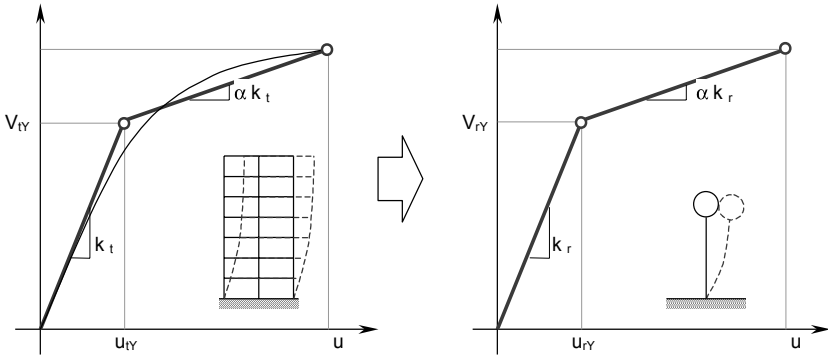


Figura 12. Conversión de varios grados de libertad a un grado de libertad.

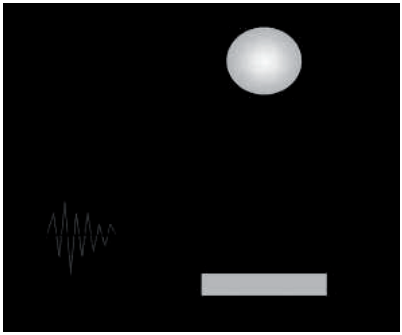


Figura 13. Edificio modelado como un grado de libertad.

Masa equivalente (M_r) = $\{\phi\}^T$ [M] {1}

Frecuencia natural del sistema en (rad/s) (w) = $\dfrac{2\pi}{T}$

Constante del amortiguador (c) = 2 M_r w (ξ/100)

Rigidez de la edificación (K_t) = $w^2\{1\}^T [M] \{\phi\}$

Rigidez equivalente (K_r) = $\frac{4\pi^2 M_r}{T^2}$

Rigidez post-fluencia (K_{sh}) = K_r (α/100)

Cortante de fluencia equivalente (V_{ry}) = $\frac{V_{ty}\,\phi^T M\,\phi}{T^2}$

Desplazamiento de fluencia de la cubierta de la edificación (u_{ty}) = $\frac{V_{ty}}{K_t}$

Desplazamiento de fluencia de la cubierta de la estructura equivalente (u_{ry}) = $\frac{V_{ry}}{K_r}$

Factor de conversión de desplazamiento en la cubierta de la estructura equivalente a desplazamiento de la cubierta de la edificación $\frac{u_{ty}}{u_{ry}} = \frac{V_{ty}}{V_{ry}}$

Método de Newmark: Después de la obtención de los valores anteriores se procede a aplicar el método de Newmark para realizar el análisis de respuesta inelástico. El cual necesita como datos iniciales: Masa equivalente (M_r), Rigidez equivalente (K_r), Constante del amortiguador (c), definir si el método es de aceleración promedio (γ=1/2 β=1/4) o de aceleración lineal (γ=1/2 β=1/6), desplazamiento inicial $u_{(1)}$=0, velocidad inicial $\acute{u}_{(1)}$=0, Aceleración del terreno a(t), Rigidez inicial $k_{i(1)}$ = 0.

Para t_1

$P(1) = -M_r * a(1)$

$Fs_{(1)} = 0$

$\ddot{u}(1) = (P(1)-c*\acute{u}(1)-k(1)*u(1)) / M_r$

Para t_2

$\Delta t = t_2 - t_1$

$a = [M_r /(\beta*\Delta t)]+ [(\gamma*c)/\beta]$

$b = [M_r /(2*\beta)]+ \{c*\Delta t*[\gamma/(2*\beta)-1]\}$

$P(2) = -M_r*a(2)$

$\Delta p_{(1)} = P_{(2)} - P_{(1)}$

$\Delta\dot{\rho}_{(1)} = \Delta p_{(1)} + (a*\acute{u}(1) +b* \ddot{u} (1))$

$k_{ii(1)} = k_{i(1)} + (\gamma*c/(\beta*\Delta t)) + (M_r/(\beta*\Delta t^2)$

$\Delta u_{(1)} = \Delta p_{(1)} / k_{ii(1)}$

$\Delta\acute{u}_{(1)} = (\gamma*\Delta u_{(1)})/(\beta*\Delta t) - (\gamma*\acute{u}(1) /\beta) + (\Delta t*\ddot{u}(1)*(1-(\gamma/(2*\beta))))$

Para (t_3 hasta t_n)

$\Delta t = t_{i+1} - t_i$

$a = [M_r /(\beta*\Delta t)]+ [(\gamma*c)/\beta]$

$b = [M_r /(2*\beta)]+ \{c*\Delta t*[\gamma/(2*\beta)-1]\}$

$P(i) = -M_r*a(i)$

$\Delta p_{(i-1)} = P_{(i)} - P_{(i-1)}$

$u_{(i-1)} = u_{(i-2)} + \Delta u_{(i-2)}$

$fsi_{(i-1)} = -V_{ry}+(k_{sh}*(u_{(i-1)} - u_{(i-2)})$ ó $V_{ry}+(k_{sh}*(u_{(i-1)} - u_{(i-2)})$ ó $fsi_{(i-2)} + (k_{i(i-2)}*\Delta u_{(i-2)})$

$\acute{u}(i-1) = \acute{u}(i-2) + \Delta \acute{u}_{(i-2)}$

$\ddot{u}(i-1) = (P(i-1) - (c*\acute{u}(i-1)) - (fsi_{(i-1)})))/Mr$

$\Delta\dot{\rho}_{(i-1)} = \Delta p_{(i-1)} + (a*\acute{u}(i-1) + b*\ddot{u}(i-1))$

$k_{i(i-1)} = k_r$ ó k_{sh}

$k_{ii(i-1)} = k_{i(i-1)} + (\gamma*c/(\beta*\Delta t)) + (M_r/(\beta*\Delta t^2)$

$\Delta u_{(i-1)} = \Delta p_{(i-1)} / k_{ii(i-1)}$

$\Delta \acute{u}_{(i-1)} = (\gamma*\Delta u_{(i-1)})/(\beta*\Delta t) - (\gamma*\acute{u}(i-1)/\beta) + (\Delta t*\ddot{u}(i-1)*(1-(\gamma/(2*\beta))))$

Calculo de la deriva máxima permisible y la deriva de piso

Se procede a calcular la deriva máxima permisible por piso y la deriva de piso, teniendo como datos:

Forma modal asociada a el periodo fundamental de la edificación $\{\phi\}$, Matriz de altura de la edificación $\{H\}$, Factor de conversión de desplazamiento en la cubierta de la estructura equivalente a desplazamiento de la cubierta de la edificación $\frac{u_{ty}}{u_{ry}} = \frac{V_{ty}}{V_{ry}}$, Deflexión máxima de la estructura equivalente ($u_{(max)}$).

Deriva de máxima permisible por piso $\{\Delta_{pi}\}=\%h_{pi}*\{H\}$.

Deflexión de la cubierta $u_{t\max} = \frac{u_{ty}}{u_{ry}} * u_{(\max)}$

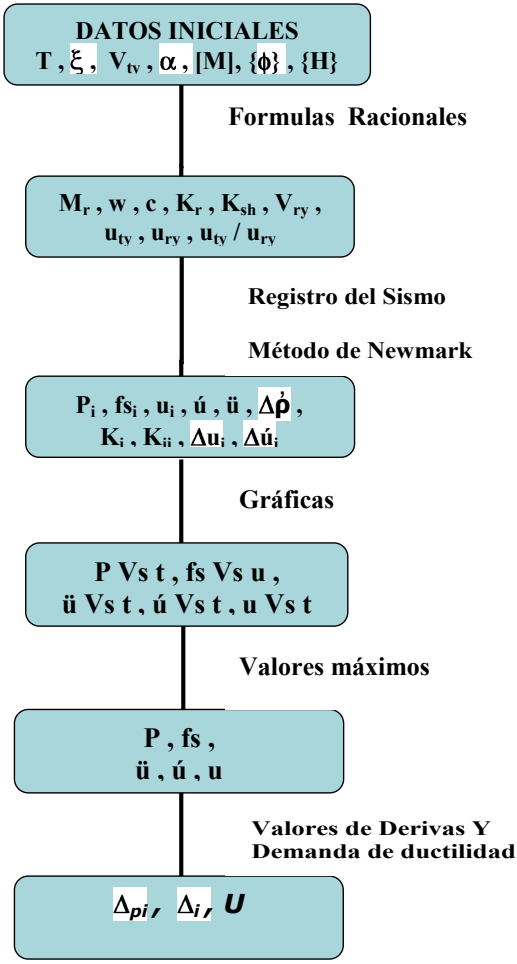
Deflexión por piso $\{u_t\} = u_{tmax} * \{\phi\}$.

Deriva de piso $\{\Delta_i\} = ((u_{t(i)} - u_{t(i-1)})^2)^{1/2}$.

Demanda de ductilidad $U = u_{tmax}/u_{ty} = u_{max}/u_{ry}$

Si $\Delta_{pi} > \Delta_i$ Cumple con la deriva máxima permisible.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL EDIFICIO



CAPITILO IV

AMORTIGUADOR

Se realizan los mismo cálculos que en el edificio (figura 14), se tienen en cuenta los mismos datos del edificio lo único que cambia es el Porcentaje del amortiguamiento intrínseco con respecto al critico (ξ) el cual tiene en cuenta el amortiguamiento del amortiguador. Hay que buscar un amortiguamiento tal que cumpla con $\Delta_{pi} > \Delta_i$.

La constante del amortiguador equivalente se calcula como la diferencia entre la constante del amortiguador del edificio con amortiguador y la del edificio sin amortiguador.

La cantidad de amortiguadores por piso se obtiene multiplicando la constante del amortiguador equivalente y el vector de diferencias de ϕ y se colocan en los pisos donde la deriva máxima permisible no se cumple.

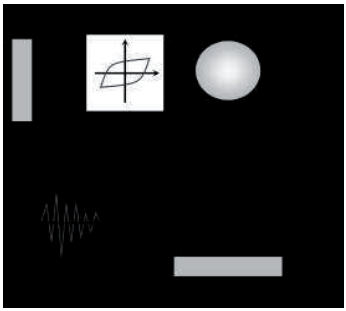
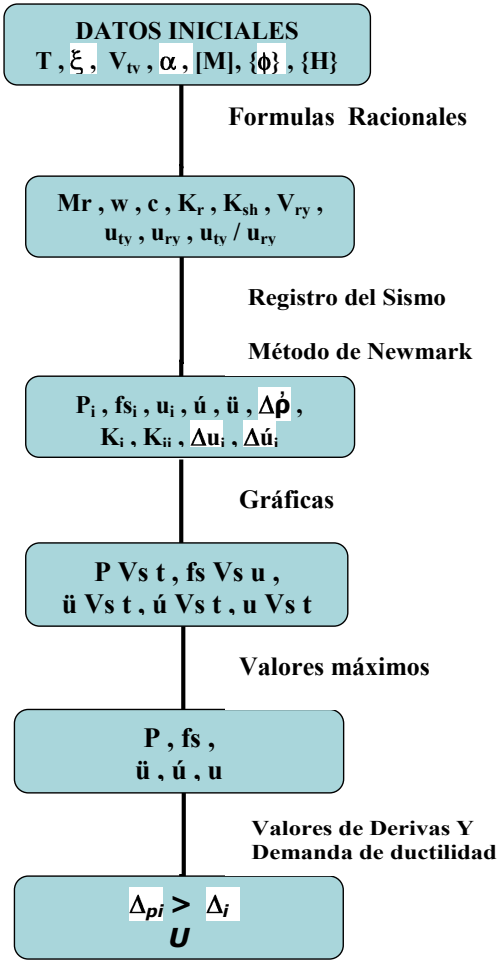


Figura 14. Edificio con amortiguadores modelado como un grado de libertad con un amortiguador equivalente.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL EDIFICIO CON AMORTIGUADOR



CAPITULO V

DISIPADOR

Se tienen en cuenta los mismos datos del edificio (figura 15) y además se le añade los datos del disipador. Hay que buscar una rigidez del amortiguador tal que cumpla con $\Delta_{pi} > \Delta_i$.

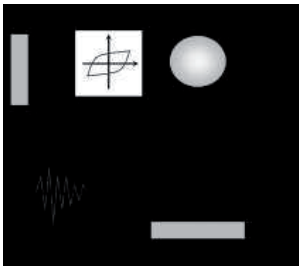


Figura 15. Edificio con disipadores modelado como un grado de libertad con un disipador equivalente.

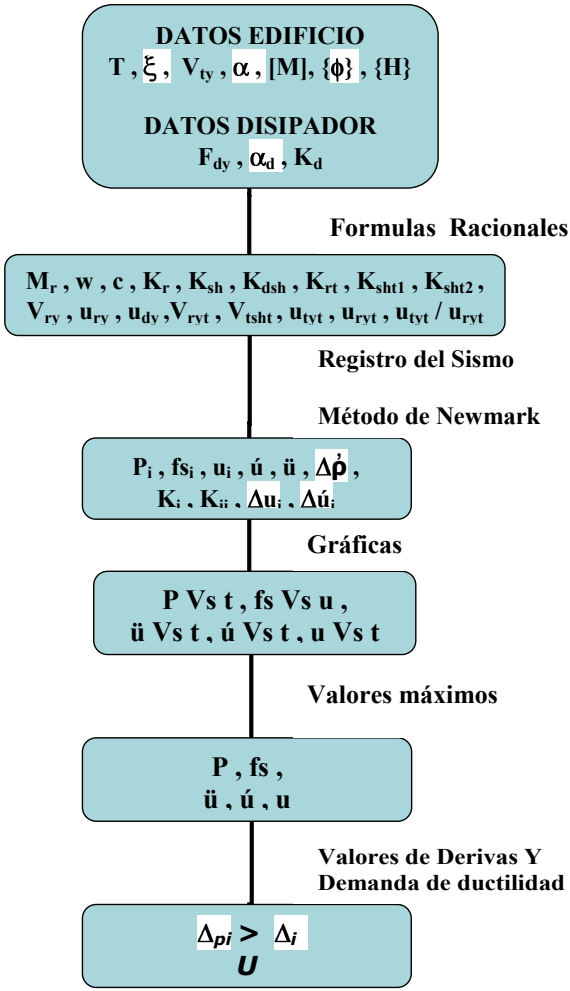
La rigidez de piso es la división entre el cortante de piso y la deriva. Kpi = Vi / Deriva = w2*[M]*{ϕ} / (ϕi - ϕi-1).

La rigidez de fluencia es igual al cortante de fluencia entre la deriva de fluencia.

La Rigidez del disipador por piso se calcula con la diferencia entre la rigidez de piso y la rigidez de fluencia.

La cantidad de disipadores por piso se calcula dividiendo la rigidez del piso entre la rigidez del disipador suministrado y se colocan en los pisos donde la deriva máxima permisible no se cumple.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL EDIFICIO CON DISIPADOR



CAPITULO VI

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

Para comprobar el programa se analizo el Edificio Sherman Oaks el cual se eligió como ejemplo teniendo en cuenta que se encuentra completamente instrumentada y ha sufrido durante su vida dos sismos importantes: el sismo de San Fernando en 1971 y el sismo de Northridge en 1994.

El edificio comercial Sherman Oaks posee 15 pisos (Figura 16), se encuentra localizado en Los Ángeles (USA). La estructura tiene una planta rectangular de 58.83 m de longitud por 22.86 m de ancho, donde se encuentran ubicados ocho ejes de pórticos transversales separados 8.23 m y dos ejes de pórticos longitudinales separados 10.97 m. El edificio tiene dos sótanos encerrados por muros de cortante. El suelo de cimentación es un depósito aluvial reciente conformado por suelo firme con capas de suelo blando que varían en la altura. El edificio esta cimentado sobre zapatas con pilotes de concreto de 7.32 m de profundidad. Las columnas del primer piso son de concreto reforzado de 35 MPa de resistencia a la compresión mientras que las vigas y columnas de los demás pisos son de concreto reforzado de 262.5 MPa de resistencia a la compresión. El sistema estructural del edificio esta conformado por pórticos de concreto reforzado resistentes a momentos en la dirección transversal y longitudinal. El entrepiso esta conformado por una placa maciza de 10.16 cm apoyada sobre vigas secundarias armadas en sentido longitudinal (Fuente Reyes, J.C).

Figura 16. Edificio de análisis (Fuente Reyes, J.C).

Se utilizo un modelo en el programa Sap 2000 (Figura 17) para la estimación de los datos básicos para el programa realizado.

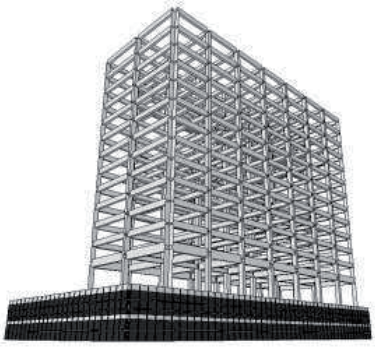


Figura 17. Edificio de análisis modelado en sap2000 (Fuente Sap 2000).

Se realizó un análisis elástico de eigenvector y se obtuvo que el periodo fundamental del

edificio es 2.95 s para el primer modo de vibración de la estructura.

Edificio sherman oaks (USA) el cual tiene los siguientes datos básicos:

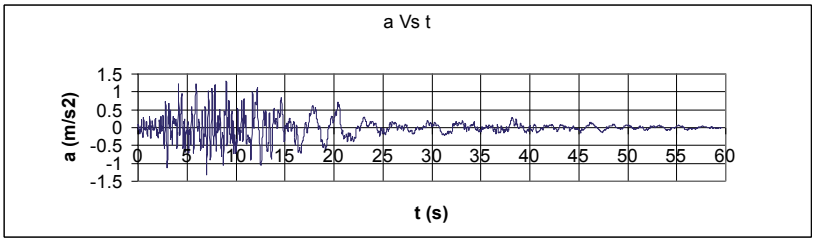
- Numero de pisos = 13
- Periodo fundamental de la edificación T = 2.95 segundos
- Porcentaje del amortiguamiento intrínseco con respecto al critico

  ξ = 5 %
- Cortante de fluencia de la edificación Vty = 10898 kN
- Porcentaje de coeficiente de la rigidez post-fluencia ó porcentaje de endurecimiento de la edificacion α = 60.6 %
- Porcentaje de la altura de entrepiso para el calculo de la deriva máxima $\%h_{pi}$ = 1 %
- Forma de deflexión = datos de usuario
- Valores de masa de la edificación por piso M_i.
- Valores de la forma modal asociada a el periodo fundamental de la edificación por piso ϕ_i
- Valores de altura de la edificación por piso H_i.

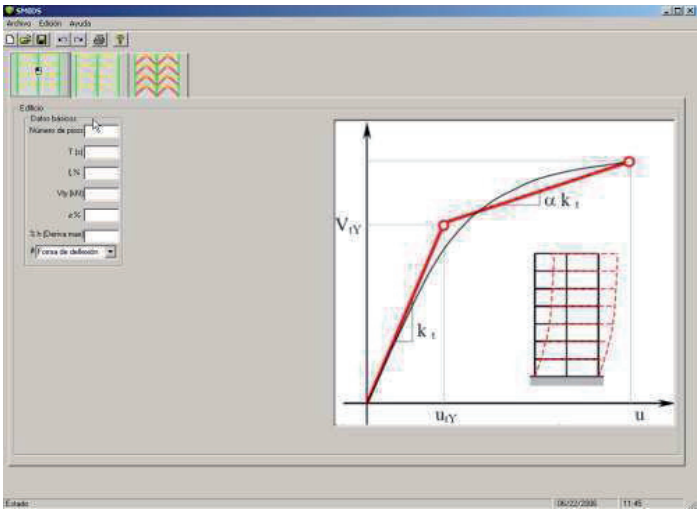
PISO	ϕ	ALTURA (m)	MASA (kN*s^2/m)
1	0.13	7.1628	972.2
2	0.20	3.5814	849.4
3	0.30	3.5814	849.4
4	0.40	3.5814	849.4
5	0.50	3.5814	849.4
6	0.59	3.5814	849.4
7	0.68	3.5814	849.4
8	0.75	3.5814	849.4
9	0.82	3.5814	849.4
10	0.88	3.5814	849.4
11	0.93	3.5814	849.4
12	0.97	3.5814	849.4
13	1.00	3.5814	1546.9

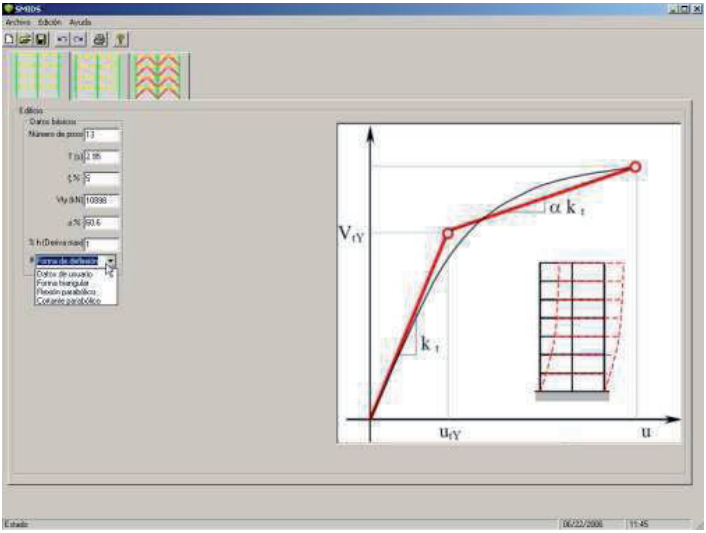
SISMO:

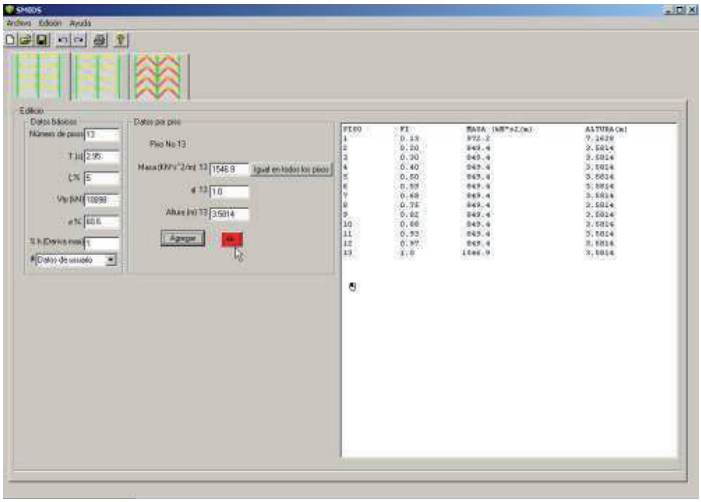
Se escogió el sismo de San Fernando ocurrido en Estados Unidos el 9 de febrero de 1971, el cual tiene una magnitud de 6.5. Máximo valor positivo 1.294 m/s^2 a los 9 segundos, máximo valor negativo -1.317 m/s^2 a los 7.02 segundos. Duración del sismo 59.58 segundos.

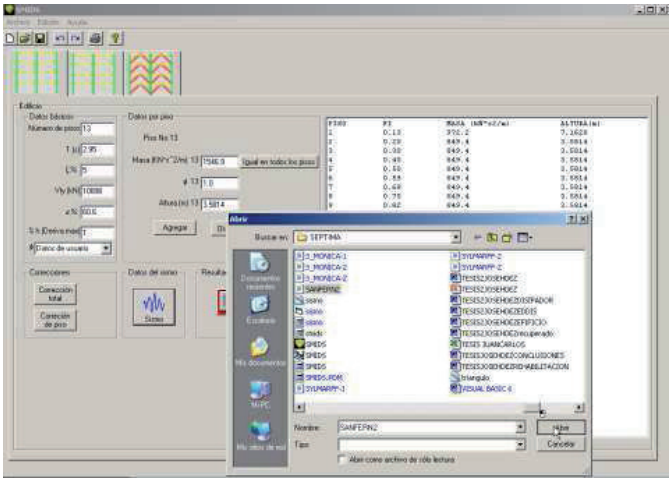


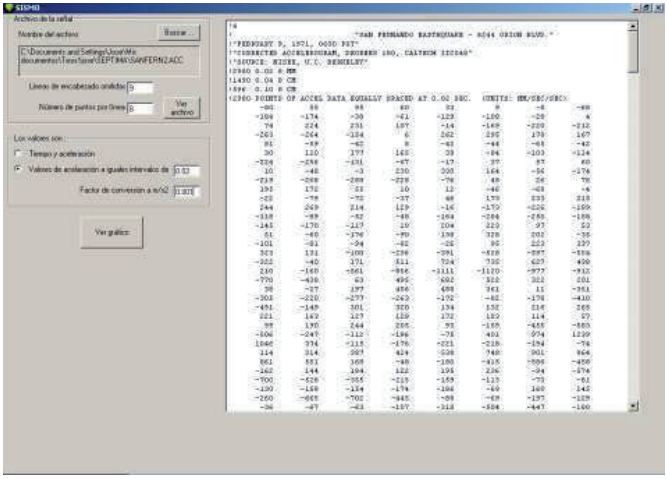
5.2 FORMULARIOS

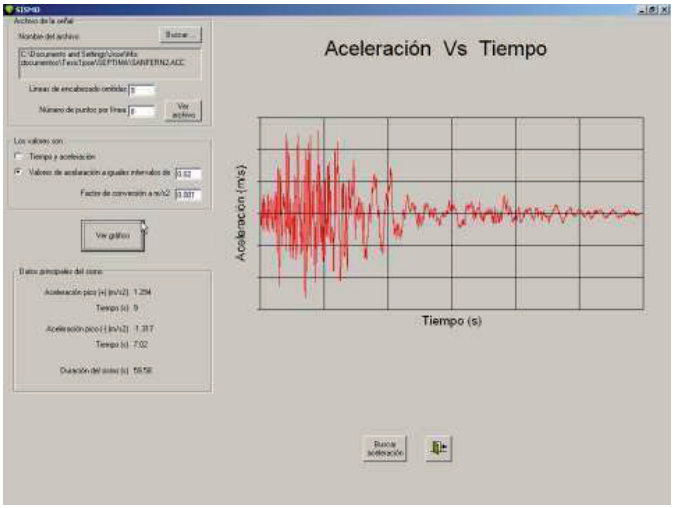


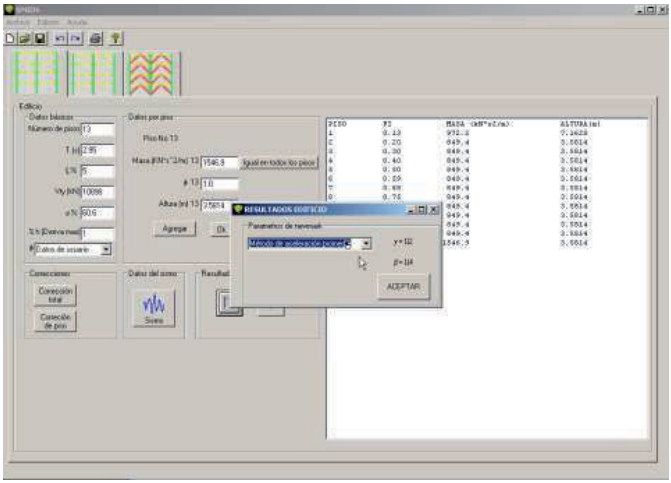


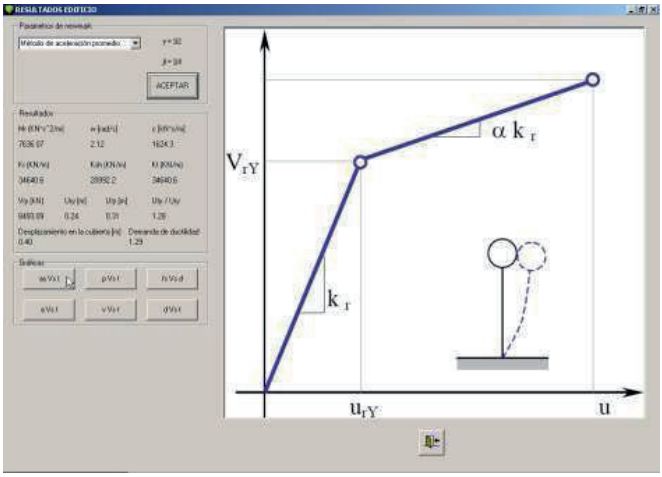

Archivo Edición Ayuda
Edición
Datos básicos
Datos por piso
Piso No 13
Igual en todos los pisos
Agregar
PISO
PI
ALTURA (m)

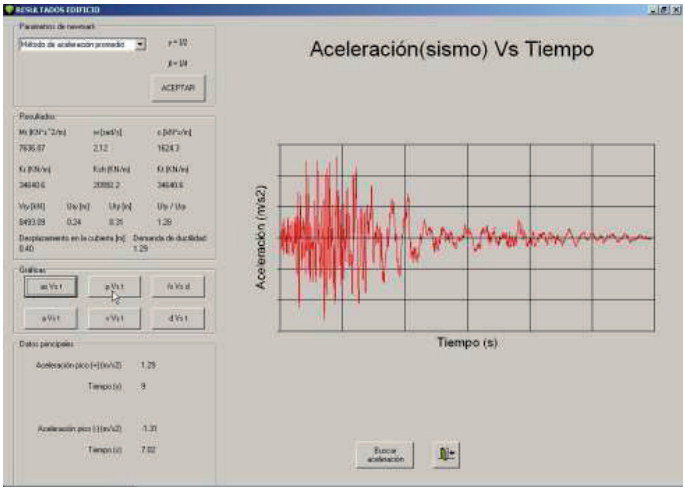


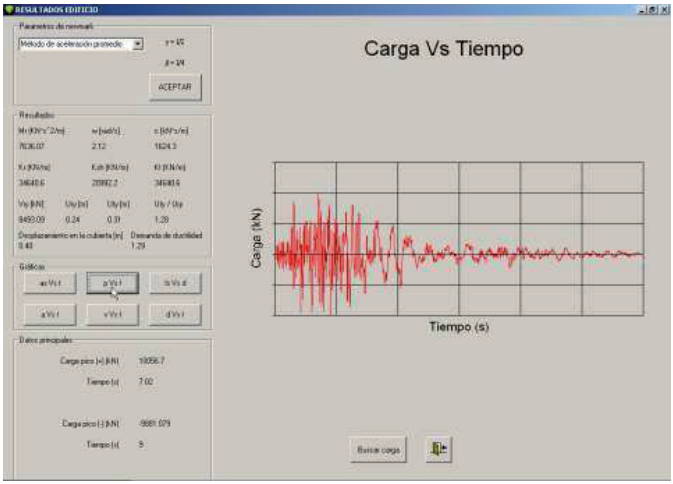



Aceleración Vs Tiempo
Aceleración (m/s)
Tiempo (s)

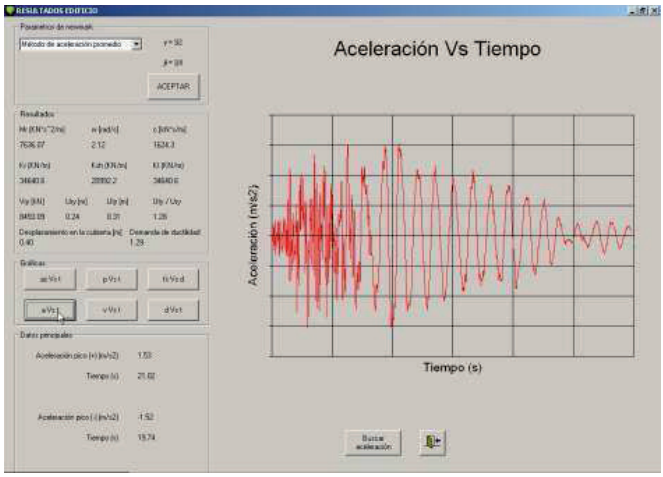


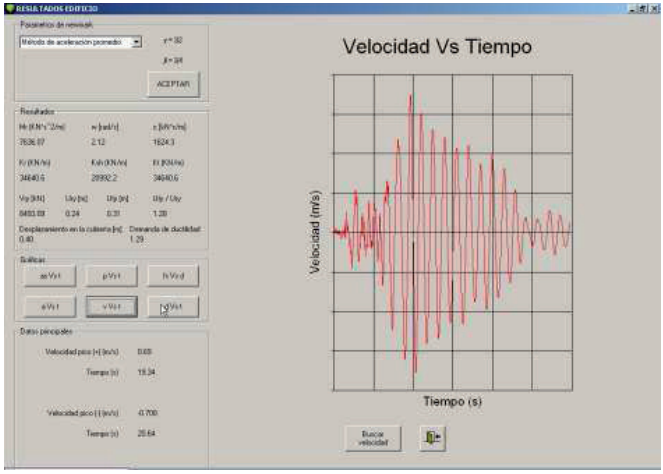

RESULTADOS EDIFICIO
ACEPTAR
α k r
V rY
k r
u rY
u

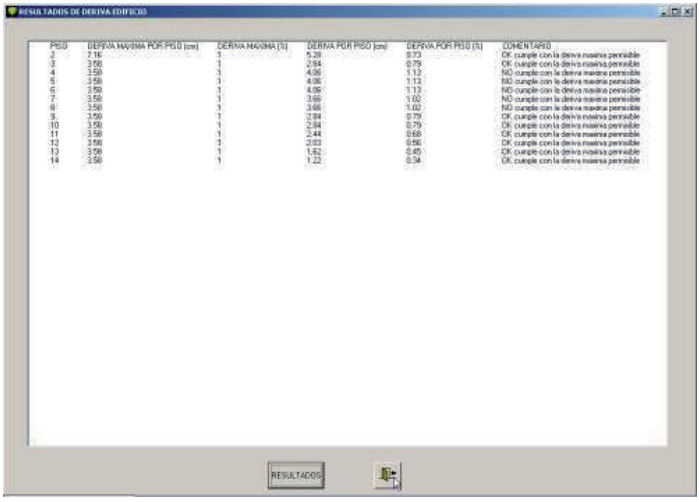

RESULTADOS EDIFICIO
ACEPTAR
Aceleración(sismo) Vs Tiempo
Aceleración (m/s2)
Tiempo (s)

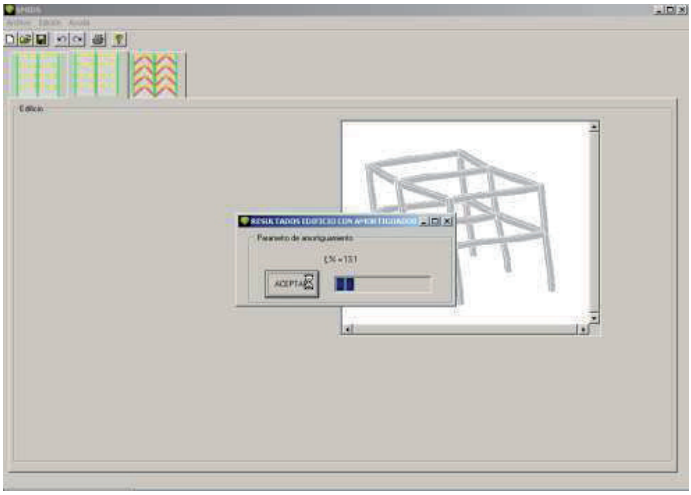

Carga Vs Tiempo
Carga (kN)
Tiempo (s)
ACEPTAR

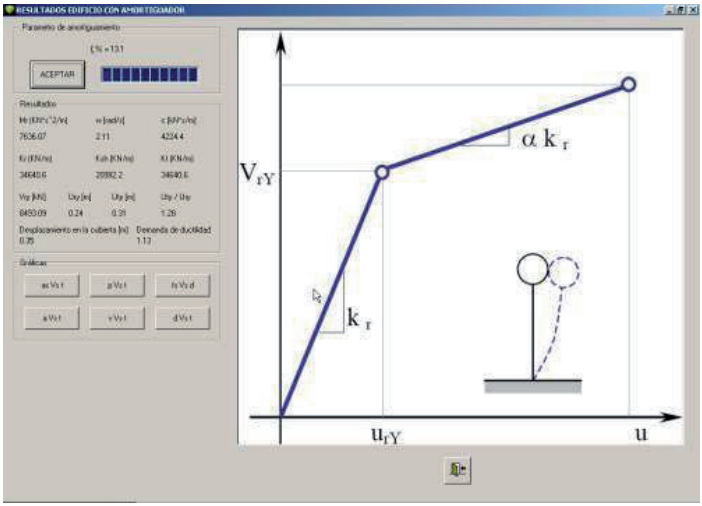
Fuerza Vs Desplazamiento
Fuerza (kN)
Desplazamiento (mm)
ACEPTAR

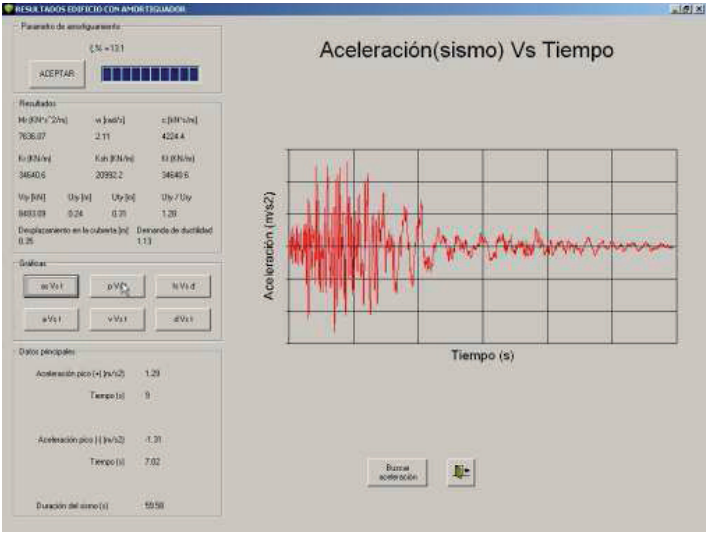

Aceleración Vs Tiempo
Aceleración (m/s2)
Tiempo (s)
ACEPTAR

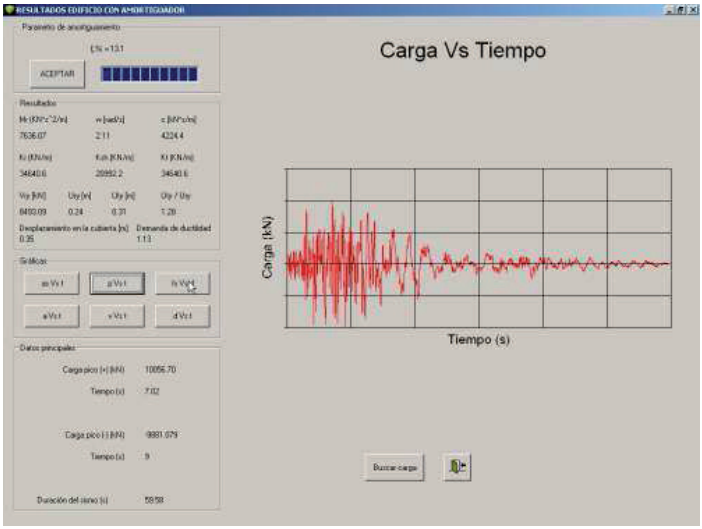

Velocidad Vs Tiempo
Velocidad (m/s)
Tiempo (s)
ACEPTAR


RESULTADOS DE DERIVA EDIFICIO
PISO | DERIVA MAXIMA POR PISO (cm) | DERIVA MAXIMA (%) | DERIVA POR PISO (cm) | DERIVA POR PISO (%) | COMENTARIO
2 | 7.16 | 1 | 5.28 | 0.73 | OK cumple con la deriva maxima permisible
3 | 3.58 | 1 | 2.84 | 0.79 | OK cumple con la deriva maxima permisible
4 | 3.58 | 1 | 4.06 | 1.13 | NO cumple con la deriva maxima permisible
5 | 3.58 | 1 | 4.06 | 1.13 | NO cumple con la deriva maxima permisible
6 | 3.58 | 1 | 4.06 | 1.13 | NO cumple con la deriva maxima permisible
7 | 3.58 | 1 | 3.66 | 1.02 | NO cumple con la deriva maxima permisible
8 | 3.58 | 1 | 3.66 | 1.02 | NO cumple con la deriva maxima permisible
9 | 3.58 | 1 | 2.84 | 0.79 | OK cumple con la deriva maxima permisible
10 | 3.58 | 1 | 2.84 | 0.79 | OK cumple con la deriva maxima permisible
11 | 3.58 | 1 | 2.44 | 0.68 | OK cumple con la deriva maxima permisible
12 | 3.58 | 1 | 2.03 | 0.56 | OK cumple con la deriva maxima permisible
13 | 3.58 | 1 | 1.62 | 0.45 | OK cumple con la deriva maxima permisible
14 | 3.58 | 1 | 1.22 | 0.34 | OK cumple con la deriva maxima permisible
RESULTADOS

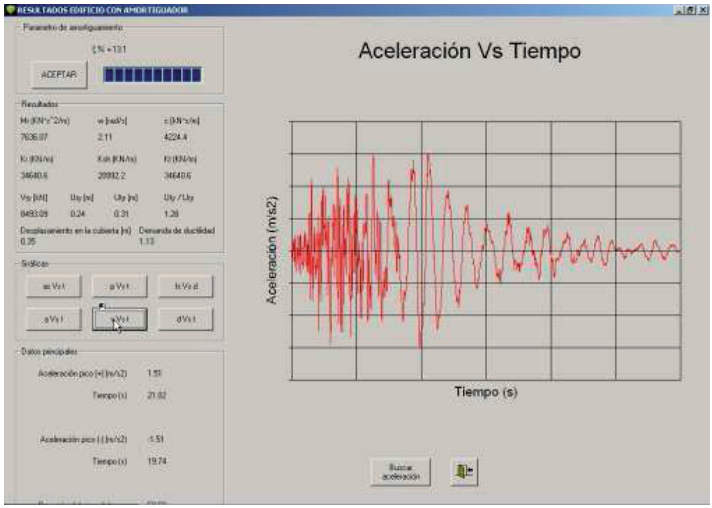

Edificio
RESULTADOS EDIFICIO CON APORTICIGIDADO
Parametro de amortiguamiento
ACEPTAR

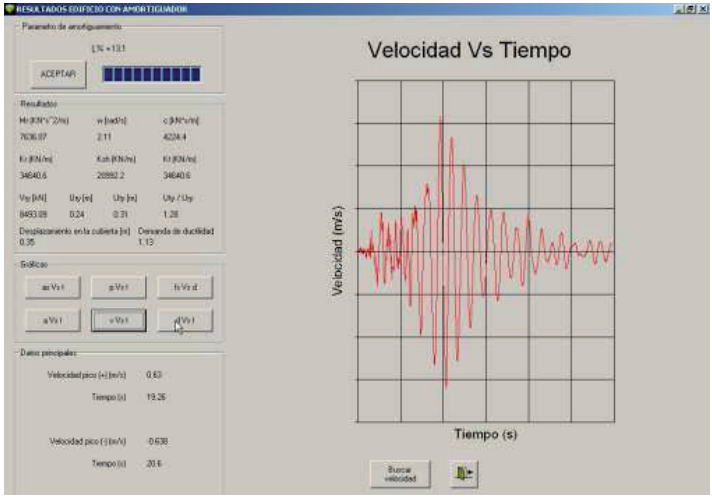

RESULTADOS EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
ACEPTAR
α k r
V rY
k r
u rY
u

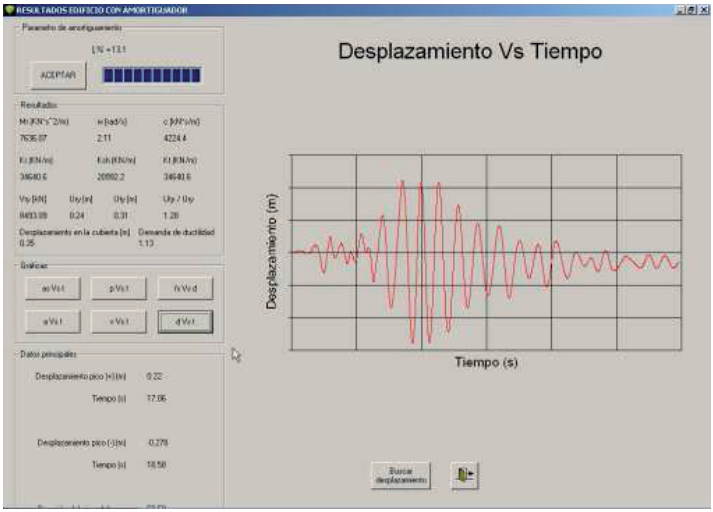

RESULTADOS EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
ACEPTAR
Aceleración(sismo) Vs Tiempo
Aceleración (m/s2)
Tiempo (s)

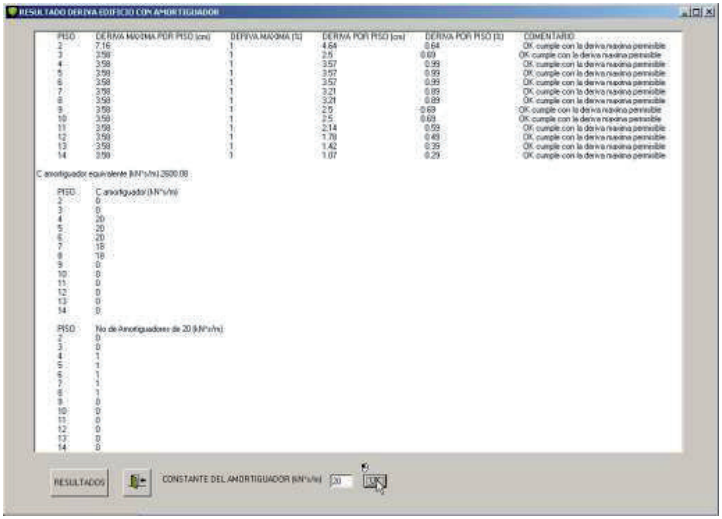

Carga Vs Tiempo
Carga (kN)
Tiempo (s)
ACEPTAR

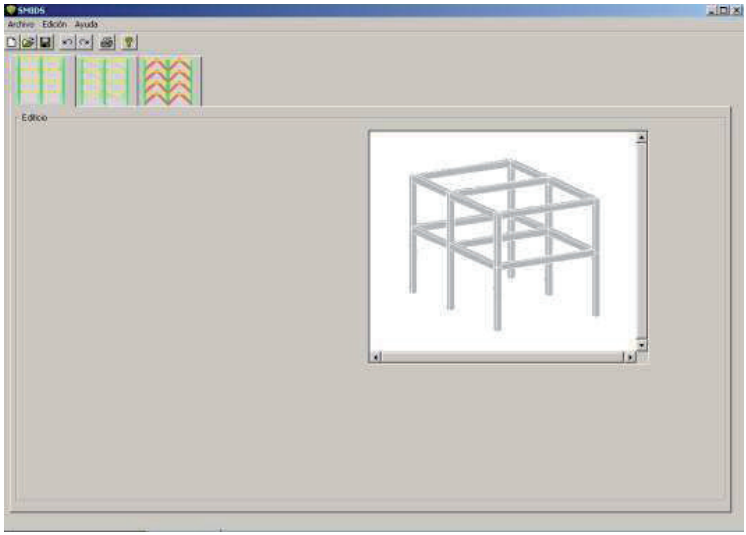
Fuerza Vs Desplazamiento
Fuerza (kN)
Desplazamiento (mm)
ACEPTAR

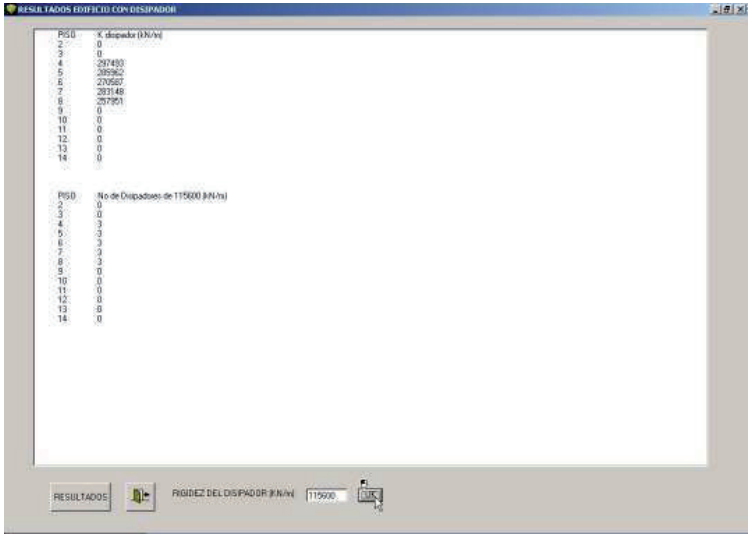

RESULTADOS EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
ACEPTAR
Aceleración Vs Tiempo
Aceleracion (m/s2)
Tiempo (s)


RESULTADOS EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
ACEPTAR
Velocidad Vs Tiempo
Velocidad (m/s)
Tiempo (s)


RESULTADOS EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
Desplazamiento Vs Tiempo
Desplazamiento (m)
Tiempo (s)
ACEPTAR
Resultados
Gráficas
Datos principales
Buscar desplazamiento

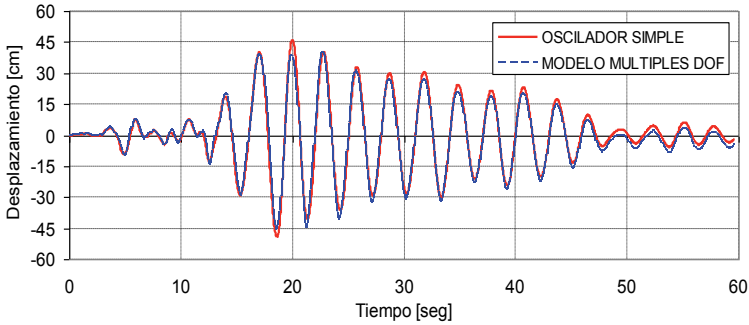

RESULTADO DERIVA EDIFICIO CON AMORTIGUADOR
PISO
DERIVA MAXIMA POR PISO (cm)
DERIVA MAXIMA (%)
DERIVA POR PISO (cm)
DERIVA POR PISO (%)
COMENTARIO
C amortiguador equivalente (kN*s/m) 2800.08
C amortiguador (kN*s/m)
No de Amortiguadores de 20 (kN*s/m)
RESULTADOS
CONSTANTE DEL AMORTIGUADOR (kN*s/m)
OK


SMIDS
Archivo Edición Ayuda
Edificio


RESULTADOS EDIFICIO CON DISIPADOR
PISO K disipada (kN/m)
2 0
3 0
4 297493
5 285362
6 270587
7 283148
8 257951
9 0
10 0
11 0
12 0
13 0
14 0
PISO No de Disipadores de 115000 (kN/m)
2 0
3 0
4 3
5 3
6 3
7 3
8 3
9 0
10 0
11 0
12 0
13 0
14 0
RESULTADOS
RIGIDEZ DEL DISIPADOR (KN/m)
115000
OK

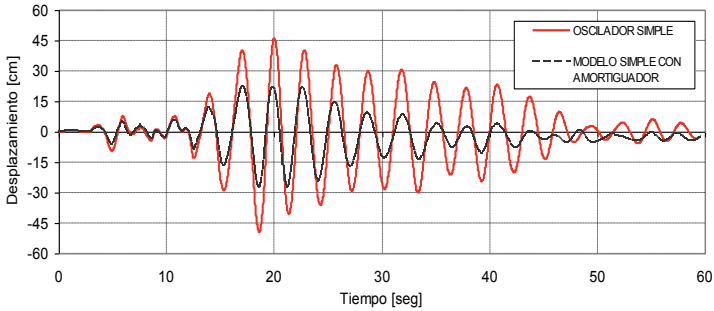
6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Desplazamiento de la cubierta del modelo de un grado de libertad Vs El modelo en SAP 2000



En el grafico se observa que los gráficos son muy parecidos por lo tanto el modelo simplificado es bastante aceptable.

6.2 Desplazamiento de la cubierta del modelo de un grado de libertad con amortiguador Vs El modelo en Sap 2000 con amortiguador

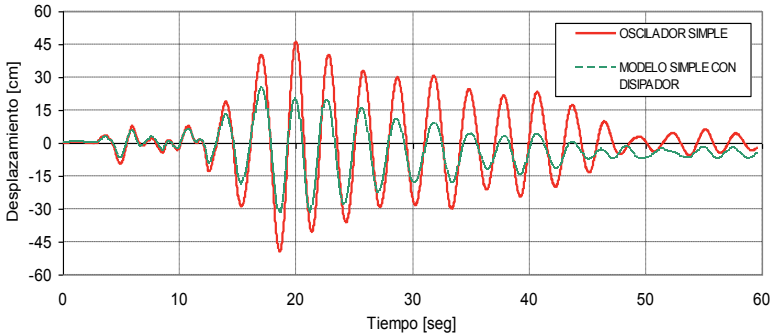


I r que el

g a buena

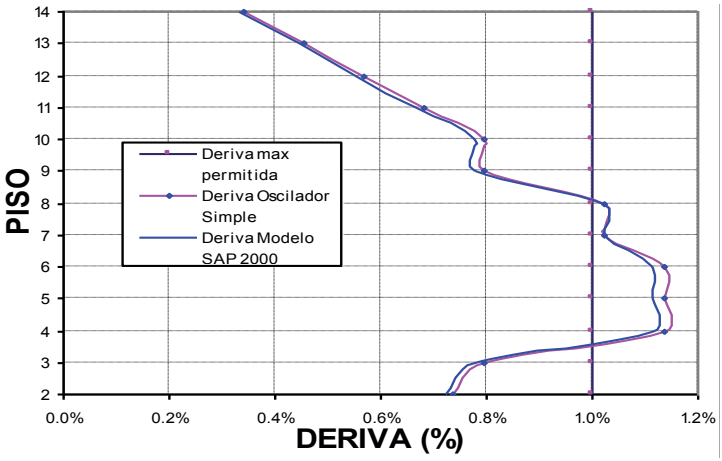
alternativa para disminuir el desplazamiento de la cubierta.

6.3 Desplazamiento de la cubierta del modelo de un grado de libertad con disipador Vs El modelo en SAP 2000 con disipador



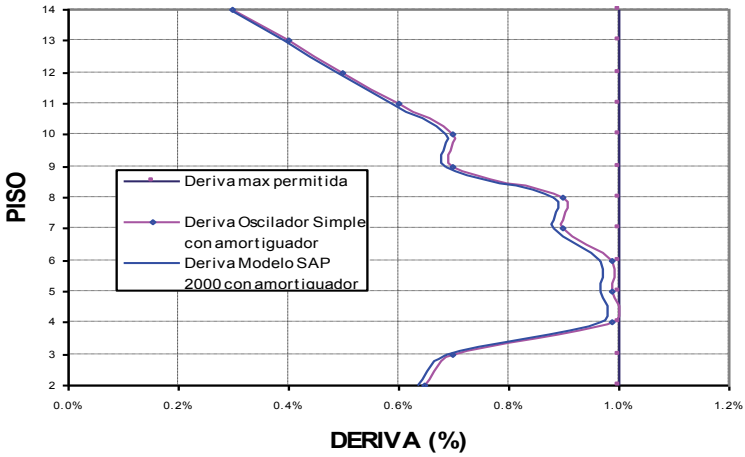
En el grafico se observa que el gráfico de modelo simple con disipador es menor que el grafico del oscilador simple por lo tanto el modelo simple con disipador es una buena alternativa para disminuir el desplazamiento de la cubierta.

6.4 Deriva por piso máxima permitida – Deriva del modelo de un grado de libertad – Deriva del Modelo en SAP 2000



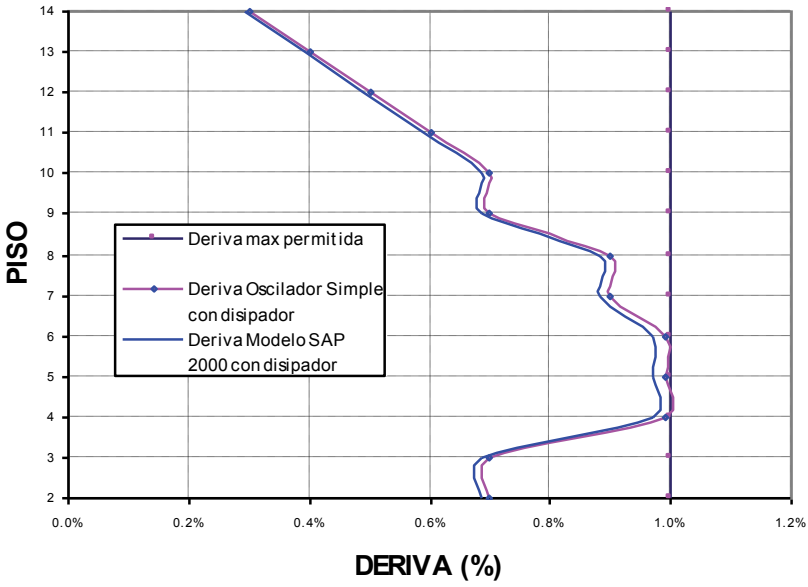
En el grafico se observan curvas de derivas en las cuales las curvas de modelo simple y las del modelo en SAP 2000 son bastante parecidas y se nota que los pisos (4, 5, 6, 7, 8) no cumplen con la deriva máxima permitida (1 % de la altura de entrepiso).

6.5 Deriva por piso máxima permitida – Deriva del modelo de un grado de libertad con amortiguador – Deriva del Modelo en SAP 2000 con amortiguador



En el grafico se observan curvas de derivas en las cuales las curvas de modelo simple con amortiguador y las del modelo en SAP 2000 con amortiguador son bastante parecidas y se nota que todos los pisos cumplen con la deriva máxima permitida (1 % de la altura de entrepiso).

6.6 Deriva por piso máxima permitida – Deriva del modelo de un grado de libertad con disipador – Deriva del Modelo en SAP 2000 con disipador



En el grafico se observan curvas de derivas en las cuales las curvas de modelo simple con disipador y las del modelo en SAP 2000 con disipador son bastante parecidas y se nota que todos los pisos cumplen con la deriva máxima permitida (1 % de la altura de entrepiso).

APENDICES

APENDICE A

SIMBOLOGÍA

Periodo fundamental de la edificación (T),

Porcentaje del amortiguamiento intrínseco con respecto al critico (ξ),

Cortante de fluencia de la edificación (V_{ty}),

Porcentaje de coeficiente de la rigidez post-fluencia ó porcentaje de endurecimiento de la edificación (α).

Porcentaje de la altura de entrepiso para el calculo de la deriva máxima ($\%h_{pi}$),

Matriz de masa de la edificación [M],

Forma modal asociada a el periodo fundamental de la edificación $\{\phi\}$

Matriz de altura de la edificación {H}

Masa equivalente (M_r)

Frecuencia natural del sistema en (rad/s) (w)

Constante del amortiguador (c)

Rigidez equivalente (K_r)

Rigidez post-fluencia (K_{sh}),

Cortante de fluencia equivalente (V_{ry})

Desplazamiento de fluencia de la cubierta de la estructura equivalente (u_{ry})

Desplazamiento de fluencia de la cubierta de la edificación (u_{ty})

Factor de conversión de desplazamiento en la cubierta de la estructura equivalente a

desplazamiento de la cubierta de la edificación $\frac{u_{ty}}{u_{ry}}$, Aceleración del terreno a(t)

carga para un tiempo t ($P_{(t)}$)

Fuerza para un tiempo t ($Fs_{(t)}$)

Desplazamiento para un tiempo t ($u_{(t)}$)

velocidad para un tiempo t ($ú_{(t)}$)

aceleración para un tiempo t ($ú_{(t)}$)

diferencia de carga para un tiempo t ($\Delta P_{(t)}$)

Rigidez para un tiempo t $k_{i(t)}$,

Diferencia de desplazamiento para un tiempo t ($\Delta u_{(t)}$)

Diferencia de velocidad para un tiempo t ($ú_{(t)}$), Ductilidad (U).

APENDICE B

REFERENCIAS

1) García, L. E. Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico, universidad de los Andes, 1999.

2) Molinares. N. Estudio de sistemas pasivos y activos no lineales de aislamiento de base para edificios sometidos a acciones sísmicas, Universidad Politécnica de Cataluña, 1996.

3) SAP2000 – Integrated Structural Analysis & Design Software, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA, 1997.

4) Reyes, J. C. Modelamiento sísmico no lineal de estructuras de concreto con disipadores de energía, Tesis de magister, Universidad de los Andes, 2001.

APENDICE C

BIBILIOGRAFIA

1) Barrios.O. Disipadores histeréticos de energía sísmica, Universidad de los Andes, 2005.

2) California Seismic Safety Commission, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, California, 1996.

3) Ceballos.J. Visual Basic 6, Madrid, 1999.

4) Clough R. W. Dynamics of structures, Mcgraw Hill, 1993.

5) Chopra, A. K. Dynamics of structures, Prentice hall, 2001.

6) Gutiérrez. G. Metodología simplificada para el análisis dinámico no lineal de edificios con amortiguadores viscosos, Universidad de los Andes, 2006.

7) Halvorso.M. Aprenda visual Basic ya 5, Madrid, 1998.

Hurtado. J. E. Introducción a la Dinámica de Estructuras, Universidad Nacional de Colombia, 2000.

8) NSR-10. Norma Sismo Resistente. Bogotá. Asociación de Ingeniería Sísmica, Bogotá, Colombia, 2010.

9) http://mae.ce.uiuc.edu/usee/ . University of Illinois. 2004.

10) http://www.ce.berkeley.edu/~hachem/bispec/ . University of California, Berkeley. 2004.

More Books!

yes

I want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at

www.get-morebooks.com

¡Compre sus libros rápido y directo en internet, en una de las librerías en línea con mayor crecimiento en el mundo! Producción que protege el medio ambiente a través de las tecnologías de impresión bajo demanda.

Compre sus libros online en

www.morebooks.es

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscriptum.com
www.omniscriptum.com

OMNIScriptum