### UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



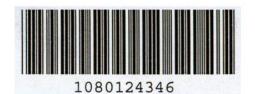
### COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LOS EDIFICIOS PROVISTOS CON DISPOSITIVOS DISIPADORES DE ENERGIA

POR
EFRAIN GRAJALES VARGAS

Como requisito parcial para obtener el Grado de MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en Ingeniería Estructural

**JUNIO 2003** 

TM TH1095 .G7 2003 c.1 JUNIO 2003



### UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



## DE LOS ENERGIA DE LOS ENERGIA DE LOS ENERGIA

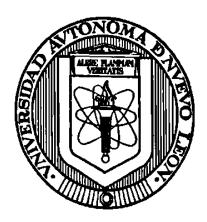
### POR

TOPYTON GRAJALES VARGAS

Como requisito parcial para obtener el Grado de MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en Ingeniería Estructural FM TH 1095 .67 2003



### UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



# COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS EDIFICIOS PROVISTOS CON DISPOSITIVOS DISIPADORES DE ENERGÍA

Por

**EFRAÍN GRAJALES VARGAS** 

Como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRIA EN CIENCIAS con especialidad en Ingeniería Estructural

Junio, 2003



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



### COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

Tesista: EFRAIN GRAJALES VARGAS
Tema de la tesis: COMPORTAMIENTO DINAMICO DE  LOS EDIFICIOS PROVISTOS CON DISPOSITIVOS DISI-
PADORES DE ENERGÍA
Este documento certifica la corrección <u>DEFINITIVA</u> .  del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.
Recomendaciones adicionales:  (Ninguna)
Nombre y firma de quien corrigió:  Arq. Ramón Longoria Ramírez
M.I. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE FOSGRADO
Ciudad Universitaria, a 30 de ABRIL de 2003.

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza,

ij

### COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS EDIFICIOS PROVISTOS CON DISPOSITIVOS DISIPADORES DE ENERGÍA

Aprobación de la Tesis:

Dr. Ricardo de la Tesis

Dr. Guillerme Villarreal Garza

**Evaluador** 

M. en I. Ernesto Treviño Treviño Evaluador

M. en I. Justino César González Álvarez Subdirector de Estudios de Posgrado Brnesto L. Treviño Treviño Departamento de Estructuras y Materiales Instituto de Ingeniería Civil Ciudad Universitaria

16 de Junio del 2003

SR. ING. OSCAR MOREIRA FLORES Director de la Facultad de Ingeniería Civil de la UANL y Presidente del Comité de Maestría. Présente.

Me refiero al oficio de fecha 6 de Mayo del presente año en el que el M.I. Justino César González A. me hace saber que fui designado Evaluador de la lesis "Comportamiento Dinámico de los Edificios Provistos con Dispositivos Disipadores de Energía" que presenta el Ing. Efraín Grajales Vargas como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Estructural.

El propósito de la presente es comunicarle que después de examinar la versión corregida de dicho documento, la considero APROBADA dado que encuentro que cumple con los objetivos planteados en la misma testa y con los requisitos estipulados en el Reglamento General de Estudios de Posgrado de nuestra Universidad.

Sin otro particular por el momento, quedo como siempre a su disposición para cualquier aclaración que considere necesaria.

M.1 Ernesto E. Treviño Treviño Profesor Titular A Facultad de Ingeniería Civil

ertrevin@ic.uanl.mx 8352 4969, exts. 230-234 8346 8306 San Nicolás de los Garza a 11de junio de 2003

Ing. Justino César González Álvarez, M. en I. Subdirector de Estudios de Postgrado Facultad de Ingeniería Civil Universidad Autónoma de Nuevo León.

Estimado Ing. González Álvarez:

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis "Comportamiento dinámico de los edificios provistos con dispositivos disipadores de energía", que presenta el *Ing. Efraín Grajales Vargas*, como requisito parcial para obtener el grado de *Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural*, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como *APROBADA*.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

Dr. Guillermo Villarreal Garza Evaluador de Tesis de Maestría

Dedico este trabajo a mi familia, quienes me han manifestado su apoyo incondicional y a esa persona tan especial por su amor y paciencia y quien sin quererlo ha sido el motor que me ha permitido seguir adelante en los momentos de crisis.

Gracias por ayudarme a alcanzar este tan anhelado proyecto

#### **AGRADECIMIENTOS**

Quiero manifestar mi agradecimiento primeramente a Dios, por concederme la vida, salud y las fuerzas para perseguir mis metas, a mis padres: el Ing. A. Hugo Grajales Medina, quien siempre me ha apoyado en todas mis inquietudes; a mi madre, Martha Vargas Vargas, quien siempre ha manifestado el interés y ha puesto todo lo que ha estado a su alcance para que sus hijos salgan adelante; a mis hermanos: Rubén, Ruth, Dina y David Isaac, quienes comprendiendo o sin comprender lo que hago me han apoyado incondicionalmente en este proyecto.

También expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Nuevo León, en especial al Departamento de Estructuras del Instituto de Ingeniería Civil, por haberme cobijado en esta etapa de mi formación. A mis maestros y amigos el Dr. Ricardo González Alcorta, el M. en I. Jorge H. Chávez Gómez, quienes a lo largo del desarrollo de este trabajo han aportado valiosos comentarios que han enriquecido el contenido, al M. en C. Luis Manuel Aranda Maltéz, jefe del Departamento de Estructuras, por haberme permitido colaborar en el Instituto de Ingeniería y completar así mi tesis. A mis otros maestros y compañeros de clases por haber compartido esta etapa de mi vida.

Y por último agradezco a esa persona tan especial que ha sido importante en estos últimos años de mi vida porque también ella ha jugado una posición vital en el desarrollo de este trabajo.

#### **PROLOGO**

El objetivo principal de esta tesis es estudiar la influencia que los dispositivos disipadores de energía del tipo histerético tienen en el comportamiento de los edificios, analizando como parámetros importantes el punto de fluencia de los disipadores así como el porcentaje de rigidez lateral que los dispositivos toman con respecto a la rigidez lateral total del edificio.

Este trabajo está consta por nueve capítulos cuyo contenido se describe brevemente a continuación:

Capítulo 1. *Introducción*. Se mencionan los antecedentes que se tienen sobre el análisis sísmico de edificios y las consideraciones que, en general se toman en cuenta en los códigos para el diseño sismo-resistente de las estructuras. Se establecen los objetivos y los alcances de esta investigación.

Capítulo 2. Planteamiento de la Investigación. Se establecen las fases en las que se divide la investigación, haciendo una breve descripción del contenido de cada una de esas etapas. Se plantean los parámetros que deben ser evaluados para alcanzar los objetivos y se plantean las hipótesis de trabajo para la investigación.

Capítulo 3. Dispositivos Reductores de Respuesta. En este apartado, se hace una revisión sobre los diferentes mecanismos disipadores de energía que existen, ahondando brevemente en la descripción y funcionamiento que cada uno de estos mecanismos tiene. Se estudian de manera particular los dispositivos denominados "ADAS"; por sus siglas en inglés Added Damping and Stiffness, que puede traducirse como Amortiguamiento y Rigidez Adicionales.

Capítulo 4. Zonificación Sísmica y Efectos de Sitio. Se hace énfasis en la importancia que tiene el tipo de suelo en el comportamiento sísmico de los edificios. Se menciona la forma en la que los códigos toman en cuenta el tipo de terreno y se habla acerca de los espectros, herramienta importante en el diseño sismo-resistente.

Capítulo 5. Modelaje Matemático de Sistemas Estructurales Provistos con Dispositivos Disipadores. Se hace una revisión de las distintas formas de analizar edificios con dispositivos disipadores, así como las consideraciones y limitaciones que tiene cada una de estas formas de análisis. Se pone énfasis

en el análisis no lineal, que es el que se utiliza en esta investigación, dándole especial importancia al planteamiento energético del problema.

Capítulo 6. Influencia de Dispositivos en Edificios de Periodo Corto. En este capítulo se estudia el primer caso teórico de estudio, el cual consiste en un edificio de cinco niveles. Se describe el edificio, la geometría y las propiedades dinámicas del edificio y se analizan tres diferentes proporciones de rigidez lateral de los dispositivos disipadores de energía. Se hace el análisis dinámico considerando dos diferentes sismos.

Capítulo 7. Influencia de Dispositivos en Edificios de Periodo Largo. Aquí se trata el segundo caso teórico de estudio, el cual consiste en un edificio de veinte niveles. Para esta estructura se estudia una sola proporción de rigidez lateral para los disipadores de energía y se pone especial cuidado en encontrar el punto óptimo para el umbral de cedencia de los disipadores de energía cuando este edificio es sometido al acelerograma del sismo de SCT de 1985.

Capítulo 8. Aplicación a un Caso Práctico. En este capítulo se trata el estudio de un edificio cuyos parámetros de geometría, rigidez lateral y masa no se hayan controlados como en los casos teóricos. Al igual que en el caso de estudio del capítulo 7, se analiza únicamente una proporción de rigidez lateral de los disipadores de energía ya que lo que se busca es el punto de fluencia óptimo para estos mecanismos.

Capítulo 9. *Conclusiones*. Se analizan e interpretan los resultados obtenidos en los capítulos 6, 7 y 8.

Deseo sinceramente que lo que se estudia en esta tesis sea de utilidad para el lector y sirva también como una referencia en el largo camino que aún falta por recorrer para conseguir que el diseño sismo-resistente de edificios provistos con dispositivos disipadores de energía sea, además de seguro, una práctica más común entre los ingenieros que se dedican al diseño de estructuras.

Efraín Grajales Vargas