

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**CAPACIDAD SÍSMICA DE ESTRUCTURAS
CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN
SUELO-ESTRUCTURA**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

IVETH CAROLINA ROBALINO BEDÓN

SANGOLQUI, Marzo del 2006

EXTRACTO

Mediante el análisis de 84 estructuras con vigas banda y 120 con vigas descolgadas, de hormigón armado y cuya altura varía entre 1 y 6 pisos, y luego de describir la transformación del modelo matemático de n grados de libertad a uno de un grado de libertad en el que se considera la acción del suelo, se estudian las estructuras definidas anteriormente para 30 tipos de suelo, dando un total de 6120 casos de análisis, de donde se analiza la variación del periodo elástico y plástico, además del cortante y desplazamiento de fluencia obtenidos.

Como un aporte adicional a este estudio, se incluye el análisis de las derivas máximas de piso mediante la metodología rápida, de 72 estructuras de hormigón armado conformadas de vigas y columnas, de 1 a 6 pisos, sometidas a un registro sísmico del Ecuador, resultados que luego son comparados con los obtenidos al someter dichas estructuras al análisis no lineal.

ABSTRACT

Following defining the importance of soil-structure interaction, by 204 structures made of reinforced concrete whose height varies between 1 and 6 floors; curves of resistance seismic capacity and their specters of capacity are determined without consider the interaction. By considering soil's action and describing the change of the mathematic model from n to one free grades, the defined structures are studied in 30 different soils circumstances. The result consists of 6120 analysis cases that take into account the plastic and elastic period variations and the fluency shear and drift obtained.

As an additional contribution, there are analyses of maximum story lateral drifts based on the fast methodology of 72 framed reinforced concrete structures with 1 to 6 floors and are evaluated against an Ecuadorian seismic registry. The final results are compared with the similar structure information acquired with non-lineal analyses.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la **SRTA. IVETH CAROLINA ROBALINO BEDÓN** como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

Sangolquí, Marzo del 2006

Dr. Roberto Aguiar Falconí
DIRECTOR

Ing. Pablo Caiza Sánchez, Msc.
CODIRECTOR

DEDICATORIA

A Alejandro, porque de su mano caminé hasta ser la mujer que soy, porque de él aprendí que solo con esfuerzo, tenacidad, sin dejarse vencer frente a la adversidad se consiguen los sueños, porque con su ejemplo me dio la mejor lección de vida, la de su generosidad, sencillez y pureza de corazón que solo él como mi padre me la pudo dar.

A Rosita por ser mi inspiración desde que soy una niña, por ser mi modelo de mujer perfecta, por su amor y entrega incondicional, por las malas noches que con todo su cariño me las regaló, por ser mi confidente y mi mejor amiga, por sus bendiciones porque sé que a pesar de que Dios se la llevó de mi lado el amor entre una madre y una hija alcanzan la eternidad.

A Rodolfo por sus sabios y sinceros consejos llenos de cariño, porque a más de ser mi hermano ha sido mi amigo de toda la vida, con el que hemos reído juntos en medio de la felicidad y llorado juntos nuestras más profundas tristezas.

Carolina Robalino Bedón

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Roberto Aguiar F. y al Ing. Pablo Caiza S. mi especial agradecimiento por haberme guiado sin reservas a lo largo del desarrollo de mi tesis tanto en el aspecto científico, como con su ejemplo de perseverancia y tenacidad.

A todos quienes hacen el CEINCI por brindarme su mano amiga a lo largo de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Civil, en especial a Anita Gabriela quien más que mi profesora ha sido una verdadera amiga.

A Jorge A., Diego Q. y Carlos B., por acompañarme a lo largo de la lucha que finaliza con este trabajo como verdaderos amigos, casi hermanos.

A Dieguito P. Z. por su apoyo y ayuda incondicional en la culminación de mi tesis de grado.

Carolina Robalino Bedón

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

RESUMEN	1
1.1 EFECTO DEL SUELO EN EL SISMO DE MÉXICO DE 1985	2
1.1.1 ORIGEN DEL TERREMOTO DE MÉXICO 1985.	4
1.1.2 ZONIFICACIÓN DEL VALLE DE MÉXICO	4
1.1.3 EFECTOS DEL TIPO DE SUELO EN CIUDAD DE MÉXICO FRENTE AL SISMO DE 1985	6
1.2 EFECTO DEL SUELO EN EL SISMO CARACAS DE 1967	9
1.2.1 ORIGEN DEL SISMO DE CARACAS 1967	9
1.2.2 TIPO DE SUELO DEL VALLE DE CARACAS	10
1.2.3 PERIODOS PREDOMINANTES DEL SUELO	13
1.3 EL CEC 2000 Y LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA	14
1.3.1 MODELO INVESTIGADO	14
1.3.2 EFECTOS DEL PERIODO Y EL AMORTIGUAMIENTO EN LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA	15

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

RESUMEN	17
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 ESTRUCTURAS DE ANÁLISIS	18
2.2.1 CUANTÍAS EN VIGAS Y COLUMNAS	19
2.2.2 DIMENSIONES DE VIGAS Y COLUMNAS	20
2.2.3 MÉTODO DEL PÓRTICO EQUIVALENTE	21
2.3 VALORES MEDIOS DE PUNTOS NOTABLES	35
2.3.1 ANÁLISIS DEL PRIMER MODELO DE ESTRUCTURAS	36
2.3.2 ANÁLISIS DEL SEGUNDO MODELO DE ESTRUCTURAS	44
2.4 ANÁLISIS DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR	51
2.4.1 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL PRIMER MODELO DE ESTRUCTURAS	51
2.4.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL SEGUNDO MODELO DE ESTRUCTURAS	52
2.5 DESCRIPCIÓN DEL SEGUNDO MODELO A CONSIDERAR	53
2.5.1 VALORES MEDIOS DE PUNTOS NOTABLES DE LA CURVA DE CAPACIDAD ESPACIAL. SEGUNDO MODELO	54

**CAPÍTULO III.
DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA
INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA**

RESUMEN	56
3.1 ECUACIÓN DIFERENCIAL	57
3.2 MODELO SIMPLIFICADO DE UN GRADO DE LIBERTAD.	59
3.3 VIBRACIÓN LIBRE	61
3.4 SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL	65
3.4.1 CÁLCULO DE M^*	68
3.4.2 CÁLCULO DE K^*	68
3.4.2.1 PRIMERA ETAPA	68
3.4.2.2 SEGUNDA ETAPA	69
3.4.3 RESOLUCIÓN DE K^* Y M^*	70
3.5 RIGIDEZ DEL SUELO DE CIMENTACIÓN	80
3.5.1 RIGIDEZ DE RESORTES EQUIVALENTES DEL SUELO	80

**CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DEL PERIODO CONSIDERANDO INTERACCIÓN**

RESUMEN	83
4.1 MANEJO DEL PROGRAMA PUSHUELO	84
4.2 VARIACIÓN DEL PERIODO ELÁSTICO	89
4.2.1 ESTRUCTURA CON VIGAS BANDA	90
4.2.2 ESTRUCTURA CON VIGAS DESCOLGADAS	99
4.3 VARIACIÓN DEL PERIODO PLÁSTICO	108
4.3.1 ESTRUCTURA CON VIGAS BANDA	109
4.3.2 ESTRUCTURA CON VIGAS DESCOLGADAS	118
4.4 COMENTARIOS DE RESULTADOS OBTENIDOS	128

**CAPÍTULO V
CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA RESISTENTE CONSIDERANDO
INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA**

RESUMEN	130
5.1 VARIACIÓN DEL CORTANTE DE FLUENCIA	131
5.1.1 ESTRUCTURA CON VIGAS BANDA	132
5.1.2 ESTRUCTURA CON VIGAS DESCOLGADAS	142
5.2 VARIACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA	153
5.2.1 ESTRUCTURA CON VIGAS BANDA	153
5.2.2 ESTRUCTURA CON VIGAS DESCOLGADAS	163
5.3 COMENTARIOS DE RESULTADOS OBTENIDOS	174
5.3.1 CORTANTE DE FLUENCIA V_y	174
5.3.2 DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA D_{ty}	174

**CAPÍTULO VI
CÁLCULO RÁPIDO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO**

RESUMEN	176
6.1 INTRODUCCIÓN	177

6.2 CÁLCULO RÁPIDO DEL DRIFT DE UN EDIFICIO DE H.A.	177
6.2.1 FACTOR β_1	179
6.2.2 FACTOR β_2	179
6.2.3 FACTOR β_3	179
6.2.4 FACTOR β_4	180
6.2.5 FACTOR β_5	181
6.3 PERIODOS EFECTIVOS .	181
6.4 SISMOS ANALIZADOS .	182
6.5 ESTRUCTURAS ANALIZADAS .	186
6.6 CÁLCULO DE PARÁMETROS PARA EVALUAR EL DRIFT.	187
6.7 CÁLCULO DEL DRIFT CON EL PROGRAMA IDARC .	188
6.8 CÁLCULO DEL DRIFT CON LA METODOLOGÍA RÁPIDA	200
6.9 RESULTADOS OBTENIDOS	218

CAPÍTULO VII COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN	220
7.1 COMENTARIOS	221
7.2 CONCLUSIONES	223
7.2.1 INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA	223
7.2.2 CÁLCULO RÁPIDO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO	223
7.3 RECOMENDACIONES	224

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO I IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

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

Tabla 2.1	Armadura en vigas y columnas considerada en el análisis.
Tabla 2.2	Dimensiones de las vigas.
Tabla 2.3	Dimensiones de columnas
Tabla 2.4.	Inercias centroidales con $\frac{1}{4}$ de luz de ancho cooperante.
Tabla 2.5.	Longitudes del diagrama de inercias y masas elásticas
Tabla 2.6.	Cálculo de I_y e I_y' del diagrama de inversión de inercias.
Tabla 2.7.	Valores de la base equivalente -1
Tabla 2.8.	Valores de la base equivalente -2
Tabla 2.9	Redimensionamiento de columnas
Tabla 2.10.	Cuantías de columnas
Tabla 2.11.1	Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 1
Tabla 2.11.2	Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 1
Tabla 2.12.1	Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2
Tabla 2.12.2	Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2
Tabla 2.12.3	Cuantías de vigas para caso de vigas equivalentes 2
Tabla 2.13	Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial. Primer modelo
Tabla 2.14	Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad sísmica. Primer modelo.
Tabla 2.15	Comparación T_p calculado con otros autores. Primer modelo
Tabla 2.16	Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial. Segundo modelo.
Tabla 2.17	Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad sísmica. Segundo modelo.
Tabla 2.18	Comparación T_p calculado con otros autores. Segundo modelo
Tabla 2.19	Desviación estándar de puntos notables, curva de capacidad espacial. Primer modelo.
Tabla 2.20	Desviación estándar de puntos notables, espectro de capacidad sísmica. Primer modelo.
Tabla 2.21	Desviación estándar de puntos notables, curva de capacidad espacial. Segundo modelo.
Tabla 2.22	Desviación estándar de puntos notables, espectro de capacidad sísmica. Segundo modelo.
Tabla 2.23	Dimensiones de columnas y vigas.
Tabla 2.24	Cuantías de columnas y vigas.
Tabla 2.25	Valores medios de puntos notables de la curva de capacidad espacial.
Tabla 2.26	Valores medios de puntos notables del espectro de capacidad espacial.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

Tabla 3.1 Intervalos de interacción

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PERIODO CONSIDERANDO INTERACCIÓN

Tabla 4.1 Carga axial P

CAPÍTULO V

CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA RESISTENTE CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

CAPÍTULO VI

CÁLCULO RÁPIDO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO

Tabla 6.1	β_1 para edificios en base a vigas y columnas, Aguiar -2005
Tabla 6.2	Valores calculados de β_3 para el presente estudio.
Tabla 6.3	Valores de β_4 calculados para el presente estudio.
Tabla 6.4	Valores de β_5 en función de la demanda de ductilidad.
Tabla 6.5	Datos relevantes de los sismos considerados en el estudio.
Tabla 6.6	Armadura de vigas y columnas.
Tabla 6.7	Dimensiones de columnas y vigas.
Tabla 6.8	Periodos calculados.
Tabla 6.10.1	Calculo del Drift. Estructuras de 1 piso
Tabla 6.10.2	Calculo del Drift. Estructuras de 2 pisos
Tabla 6.10.3	Calculo del Drift. Estructuras de 3 pisos
Tabla 6.10.4	Calculo del Drift. Estructuras de 4 pisos
Tabla 6.10.5	Calculo del Drift. Estructuras de 5 pisos
Tabla 6.10.6	Calculo del Drift. Estructuras de 6 pisos
Tabla 6.11.1	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 1 piso
Tabla 6.11.2	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 2 pisos
Tabla 6.11.3	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 3 pisos
Tabla 6.11.4	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 4 pisos
Tabla 6.11.5	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 5 pisos
Tabla 6.11.6	Comparación Drift metodología rápida con IDARC. Estructuras de 6 pisos

CAPÍTULO VII

COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

Tabla 7.1 Intervalos de interacción

LISTADO DE FIGURAS

CAPÍTULO I IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

- Figura 1.2.** Sismo 1985 y sus réplicas (Internet (1))
Figura 1.3. Zonificación del Valle de México (Internet (2))
Figura 1.4. Localización de Instrumentos de medición sísmica, Stone
Figura 1.5. Registros de aceleración sísmica recopilados por los
Figura 1.6. Espectro de respuesta calculado de los registros
Figura 1.7. Esquema de límites de placas para Venezuela
Figura 1.8. Localización de Fallas en los sismos de
Figura 1.9. Mapa de espesores de sedimentos en el
Figura 1.10. Mapa de periodos predominantes del suelo
Figura 1.11. Modelo para considerar los efectos de la

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

- Figura 2.1** Planta tipo, edificio de tres vanos
Distribución de bloques en vanos de plantas tipo de las estructuras de
Figura 2.2. análisis
Figura 2.3 Variación de la sección en vigas
Figura 2.4 Diagrama de inercias
Figura 2.5 Diagrama de masas elásticas
Figura 2.6 Acero en nervios
Figura 2.7 Puntos notables de la curva de capacidad sísmica resistente
Figura 2.8 Puntos notables del espectro de capacidad sísmica resistente
Figura 2.9.1 Curvas de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras
Figura 2.9.2 Curvas de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras
Figura 2.10.1 Espectros de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras
Figura 2.10.2 Espectros de capacidad espacial. Primer modelo de estructuras
Figura 2.11 Curvas de capacidad espacial (valores medios). Primer modelo.
Figura 2.12 Espectros de capacidad espacial (valores medios). Primer modelo.
Figura 2.13.1 Curvas de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras
Figura 2.13.2 Curvas de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras
Figura 2.14.1 Espectros de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras
Figura 2.14.2 Espectros de capacidad espacial. Segundo modelo de estructuras
Figura 2.15 Curvas de capacidad espacial (valores medios). Segundo modelo.
Espectros de capacidad espacial (valores medios). Segundo modelo de
Figura 2.16 estructuras

Figura 2.17 Planta tipo de edificios analizados.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL MODELO PARA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

- Figura 3.1.** Descripción del modelo considerado
Figura 3.2. Fuerzas y momentos en un elemento diferencial
Figura 3.3. Pórtico plano considerando interacción suelo-cimentación
Figura 3.4. Modelo considerado en el análisis.
Figura 3.5. Modelo matemático considerando la influencia de P
Figura 3.6. Modelo equivalente de un grado de libertad.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PERIODO CONSIDERANDO INTERACCIÓN

- Figura 4.1** Ejemplo como direccionar para ingresar datos.
Figura 4.2 Ventana en la que se ingresarán los datos
Figura 4.3 Ingreso de datos
Figura 4.4 Corrida del programa PUSHUELO
Figura 4.5 Ingreso del nombre de archivos
Figura 4.6 Archivo de control de datos
Figura 4.7 Archivo de resultados.
Figura 4.8.1 Estructura vigas banda de 1 piso $i=5$
Figura 4.8.2 Estructura vigas banda de 2 pisos $i=5$
Figura 4.8.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=5$
Figura 4.8.4 Estructura vigas banda de 4 pisos $i=5$
Figura 4.8.5 Estructura vigas banda de 5 pisos $i=5$
Figura 4.8.6 Estructura vigas banda de 6 pisos $i=5$
Figura 4.9.1 Estructura vigas banda de 1 piso $i=15$
Figura 4.9.2 Estructura vigas banda de 2 piso $i=15$
Figura 4.9.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=15$
Figura 4.9.4 Estructura vigas banda de 4 pisos $i=15$
Figura 4.9.5 Estructura vigas banda de 5 pisos $i=15$
Figura 4.9.6 Estructura vigas banda de 6 pisos $i=15$
Figura 4.10.1 Estructura vigas banda de 1 pisos $i=25$
Figura 4.10.2 Estructura vigas banda de 2 pisos $i=25$
Figura 4.10.3 Estructura vigas banda de 3 pisos $i=25$
Figura 4.10.4 Estructura vigas banda de 4 pisos $i=25$
Figura 4.10.5 Estructura vigas banda de 5 pisos $i=25$
Figura 4.10.6 Estructura vigas banda de 6 pisos $i=25$
Figura 4.11.1 Estructura vigas banda de 1 piso
Figura 4.11.2 Estructura vigas banda de 2 pisos
Figura 4.11.3 Estructura vigas banda de 3 pisos
Figura 4.11.4 Estructura vigas banda de 4 pisos

Figura 4.11.5	Estructura vigas banda de 5 pisos
Figura 4.11.6	Estructura vigas banda de 6 pisos
Figura 4.12.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$
Figura 4.12.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$
Figura 4.12.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=5$
Figura 4.12.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=5$
Figura 4.12.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=5$
Figura 4.12.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$
Figura 4.13.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$
Figura 4.13.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$
Figura 4.13.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=15$
Figura 4.13.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=15$
Figura 4.13.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=15$
Figura 4.13.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$
Figura 4.14.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=25$
Figura 4.14.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=25$
Figura 4.14.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=25$
Figura 4.14.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=25$
Figura 4.14.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=25$
Figura 4.14.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=25$
Figura 4.15.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso
Figura 4.15.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos
Figura 4.15.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos
Figura 4.15.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos
Figura 4.15.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos
Figura 4.15.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos
Figura 4.16.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=5$
Figura 4.16.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=5$
Figura 4.16.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=5$
Figura 4.16.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=5$
Figura 4.16.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=5$
Figura 4.16.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=5$
Figura 4.17.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=15$
Figura 4.17.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=15$
Figura 4.17.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=15$
Figura 4.17.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=15$
Figura 4.17.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=15$
Figura 4.17.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=15$
Figura 4.18.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=25$
Figura 4.18.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=25$
Figura 4.18.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=25$
Figura 4.18.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=25$
Figura 4.18.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=25$
Figura 4.18.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=25$

Figura 4.19.1	Estructura vigas banda 1 piso
Figura 4.19.2	Estructura vigas banda 2 pisos
Figura 4.19.3	Estructura vigas banda 3 pisos
Figura 4.19.4	Estructura vigas banda 4 pisos
Figura 4.19.5	Estructura vigas banda 5 pisos
Figura 4.19.6	Estructura vigas banda 6 pisos
Figura 4.20.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$
Figura 4.20.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$
Figura 4.20.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=5$
Figura 4.20.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=5$
Figura 4.20.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=5$
Figura 4.20.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$
Figura 4.21.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$
Figura 4.21.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$
Figura 4.21.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=15$
Figura 4.21.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=15$
Figura 4.21.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=15$
Figura 4.21.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$
Figura 4.22.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=25$
Figura 4.22.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=25$
Figura 4.22.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=25$
Figura 4.22.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=25$
Figura 4.22.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=25$
Figura 4.22.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=25$
Figura 4.23.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso
Figura 4.22.2	Estructura vigas descolgadas 2 piso
Figura 4.23.3	Estructura vigas descolgadas 3 piso
Figura 4.23.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos
Figura 4.23.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos
Figura 4.23.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos

CAPÍTULO V

CURVA DE CAPACIDAD SÍSMICA RESISTENTE CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

Figura 5.1.1	Modelo de estructura con base empotrada
Figura 5.1.2	Modelo de estructura con base libre
Figura 5.2	Modelo de estructura considerando interacción
Figura 5.3	Modelo de análisis
Figura 5.3.1	Estructura vigas banda de 1 piso $i=5$
Figura 5.3.2	Estructura vigas banda de 2 pisos $i=5$
Figura 5.3.3	Estructura vigas banda de 3 pisos $i=5$
Figura 5.3.4	Estructura vigas banda de 4 pisos $i=5$
Figura 5.3.5	Estructura vigas banda de 5 pisos $i=5$

Figura 5.3.6	Estructura vigas banda de 6 pisos $i=5$
Figura 5.4.1	Estructura vigas banda de 1 piso $i=15$
Figura 5.4.2	Estructura vigas banda de 2 piso $i=15$
Figura 5.4.3	Estructura vigas banda de 3 pisos $i=15$
Figura 5.4.4	Estructura vigas banda de 4 pisos $i=15$
Figura 5.4.5	Estructura vigas banda de 5 pisos $i=15$
Figura 5.4.6	Estructura vigas banda de 6 pisos $i=15$
Figura 5.5.1	Estructura vigas banda de 1 pisos $i=25$
Figura 5.5.2	Estructura vigas banda de 2 pisos $i=25$
Figura 5.5.3	Estructura vigas banda de 3 pisos $i=25$
Figura 5.5.4	Estructura vigas banda de 4 pisos $i=25$
Figura 5.5.5	Estructura vigas banda de 5 pisos $i=25$
Figura 5.5.6	Estructura vigas banda de 6 pisos $i=25$
Figura 5.6.1	Estructura vigas banda de 1 piso
Figura 5.6.2	Estructura vigas banda de 2 pisos
Figura 5.6.3	Estructura vigas banda de 3 pisos
Figura 5.6.4	Estructura vigas banda de 4 pisos
Figura 5.6.5	Estructura vigas banda de 5 pisos
Figura 5.6.6	Estructura vigas banda de 6 pisos
Figura 5.7.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$
Figura 5.7.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$
Figura 5.7.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=5$
Figura 5.7.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=5$
Figura 5.7.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=5$
Figura 5.7.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$
Figura 5.8.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$
Figura 5.8.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$
Figura 5.8.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=15$
Figura 5.8.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=15$
Figura 5.8.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=15$
Figura 5.8.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$
Figura 5.9.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=25$
Figura 5.9.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=25$
Figura 5.9.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=25$
Figura 5.9.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=25$
Figura 5.9.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=25$
Figura 5.9.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=25$
Figura 5.10.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso
Figura 5.10.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos
Figura 5.10.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos
Figura 5.10.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos
Figura 5.10.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos
Figura 5.10.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos
Figura 5.11.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=5$

Figura 5.11.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=5$
Figura 5.11.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=5$
Figura 5.11.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=5$
Figura 5.11.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=5$
Figura 5.11.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=5$
Figura 5.12.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=15$
Figura 5.12.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=15$
Figura 5.12.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=15$
Figura 5.12.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=15$
Figura 5.12.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=15$
Figura 5.12.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=15$
Figura 5.13.1	Estructura vigas banda 1 piso. $i=25$
Figura 5.13.2	Estructura vigas banda 2 pisos. $i=25$
Figura 5.13.3	Estructura vigas banda 3 pisos. $i=25$
Figura 5.13.4	Estructura vigas banda 4 pisos. $i=25$
Figura 5.13.5	Estructura vigas banda 5 pisos. $i=25$
Figura 5.13.6	Estructura vigas banda 6 pisos. $i=25$
Figura 5.14.1	Estructura vigas banda 1 piso
Figura 5.14.2	Estructura vigas banda 2 pisos
Figura 5.14.3	Estructura vigas banda 3 pisos
Figura 5.14.4	Estructura vigas banda 4 pisos
Figura 5.14.5	Estructura vigas banda 5 pisos
Figura 5.14.6	Estructura vigas banda 6 pisos
Figura 5.15.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=5$
Figura 5.15.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=5$
Figura 5.15.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=5$
Figura 5.15.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=5$
Figura 5.15.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=5$
Figura 5.15.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=5$
Figura 5.16.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=15$
Figura 5.16.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=15$
Figura 5.16.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=15$
Figura 5.16.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=15$
Figura 5.16.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=15$
Figura 5.16.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=15$
Figura 5.17.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso. $i=25$
Figura 5.17.2	Estructura vigas descolgadas 2 pisos. $i=25$
Figura 5.17.3	Estructura vigas descolgadas 3 pisos. $i=25$
Figura 5.17.4	Estructura vigas descolgadas 4 pisos. $i=25$
Figura 5.17.5	Estructura vigas descolgadas 5 pisos. $i=25$
Figura 5.17.6	Estructura vigas descolgadas 6 pisos. $i=25$
Figura 5.18.1	Estructura vigas descolgadas 1 piso
Figura 5.18.2	Estructura vigas descolgadas 2 piso
Figura 5.18.3	Estructura vigas descolgadas 3 piso

- Figura 5.18.4** Estructura vigas descolgadas 4 pisos
Figura 5.18.5 Estructura vigas descolgadas 5 pisos
Figura 5.18.6 Estructura vigas descolgadas 6 pisos
Figura 5.19 Desplazamiento de la estructura

CAPÍTULO VI CÁLCULO RÁPIDO DE LA DERIVA MÁXIMA DE PISO

- Figura 6.1** Espectros de desplazamiento IDARC A4
Figura 6.2.1 Espectro de desplazamiento SISMO 31a
Figura 6.2.2 Espectro de desplazamiento SISMO 31b
Figura 6.2.3 Espectro de desplazamiento SISMO 32a
Figura 6.2.4 Espectro de desplazamiento SISMO 32b
Figura 6.2.5 Espectro de desplazamiento SISMO 33a
Figura 6.2.6 Espectro de desplazamiento SISMO 33b
Figura 6.2.7 Espectro de desplazamiento SISMO 35
Figura 6.2.8 Espectro de desplazamiento SISMO 40
Figura 6.3 Relación entre drift calculado con IDARC y la evaluación Rápida

CAPÍTULO VII COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN