



TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS

**REACONDICIONAMIENTO SISMICO DE ESTRUCTURAS
PORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO CON DISIPADORES DE
ENERGÍA DE TIPO HISTERÉTICO**

**CAROLINA
CABRERA
GONZÁLEZ**



UGR

**Universidad
de Granada**

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN INGENIERÍA DE ESTRUCTURAS



REACONDICIONAMIENTO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS
PORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO CON DISIPADORES DE
ENERGÍA DE TIPO HISTERÉTICO

Alumna

Carolina Cabrera González

Arquitecta e Ingeniera Técnica Industrial

Tutor

D. Amadeo Benavent Climent

Doctor Arquitecto, Catedrático del Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería
Hidráulica de la Universidad de Granada

Granada - diciembre de 2011

AGRADECIMIENTOS

No quisiera presentar esta memoria sin expresar mi sincero reconocimiento a todas aquellas personas que han contribuido con su respaldo, interés, apoyo y dedicación, a la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. D. Amadeo Benavent Climent, Catedrático del Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Granada. Aportando, sus consejos y su trabajo para la realización de este estudio de investigación. Ha sido para mí un orgullo contar en este trabajo con uno de los mejores especialistas en esta disciplina.

He de agradecer la valiosa colaboración del Dr. Rafael Bravo Pareja, profesor del Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Granada, por su disposición desinteresada, su ayuda inestimable y apoyo. En el que siempre he encontrado un consejo valioso con la generosidad que le caracteriza.

A los profesores del Máster en Ingeniería de Estructuras a quienes agradezco los conocimientos adquiridos, el trato dispensado y su ayuda en la resolución de dudas.

A la Universidad de Granada, como institución, por hacer posible este trabajo.

A mis compañeros de este Máster y amigos por su apoyo y ánimo.

Pero este trabajo se debe, por encima de todo, a mi familia, y a ellos va dedicado, pues mis padres, José Antonio y Concha, que son mi modelo, por sus conocimientos, su apoyo incondicional y claridad de ideas han sabido siempre, sacar lo mejor de mí, mi hijo Manuel, mi motor y estímulo y del que estoy tan orgullosa y por último, por ser la persona más importante en mi vida, el que de verdad sabe cuánto trabajo y esfuerzo hay en estas páginas, esta Tesina está dedicada a Paco, mi marido.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1. Introducción. Motivación. Objetivos. Metodología.	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Motivación.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Metodología.....	4
Capítulo 2. Estado del arte.	7
2.1. Antecedentes sobre conexiones viga plana-pilar.....	7
2.2. Proyecto sismorresistente basado en la teoría de la energía de Housner-Akiyama.....	8
2.3. Reacondicionamiento sísmico de estructuras con disipadores de energía.....	12
2.3.1. Definición de disipador de energía.....	12
2.3.2. Colocación de los disipadores de energía.....	12
2.3.3. Utilidad de los disipadores de energía en edificios.....	13
2.3.4. Cualidades exigibles a los disipadores de energía.....	15
2.3.5. Tipos de elementos disipadores de energía.....	15
Capítulo 3. Determinación de prototipos de estructuras existentes de hormigón armado construidos en los años 70-90 en España.	17
3.1. Definición de los prototipos de pórticos con vigas planas.....	17
3.2. Parámetros de proyecto y normativa empleada.....	21
Capítulo 4. Selección de acelerogramas.	23
4.0. Introducción.....	23
4.1. Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02).....	23
4.1.1. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo I.....	24
4.1.2. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo II.....	25
4.1.3. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo III.....	25
4.2. Acelerogramas históricos.....	26
4.2.1. Características de los acelerogramas históricos inicialmente seleccionados.....	27
4.2.2. Características espectrales de los acelerogramas escalados correspondientes a los periodos fundamentales de las estructuras analizadas.....	28
4.2.3. Tabla resumen de los periodos fundamentales de vibración.....	29
4.3. Escalado, espectro elástico de respuesta y espectro de input de energía de los acelerogramas	30
4.3.1. Suelo Tipo I (Campo cercano a la falla).....	31
4.3.2. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	37
4.3.3. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	43
4.3.4. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla).....	49
4.3.5. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	55
4.3.6. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	61

Capítulo 5. Determinación de la resistencia lateral requerida a los disipadores	67
5.0. Introducción.....	67
5.1. Análisis de los pórticos con IDARC.....	67
5.2. Análisis Pushover.....	82
5.2.1. Introducción teórica.....	82
5.2.2. Curva de capacidad.....	84
5.2.3. Relación entre fuerza cortante de la planta y desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta.....	86
5.2.4. Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia de cada planta.....	92
5.2.4.1. Tabla resumen Rigidez inicia-Desplazamiento de fluencia para cada pórtico.....	105
5.2.5. Periodos de vibración obtenidos con el programa IDARC y con el programa LumpST.....	105
5.2.5.1. Periodos de vibración sin disipadores obtenidos con el programa IDARC.....	106
5.2.5.2. Periodos de vibración sin disipadores obtenidos con el programa LumpST.....	106
5.2.5.3. Tabla resumen periodos de vibración sin disipadores de cada pórtico.....	112
5.2.5.4. Periodos de vibración con disipadores obtenidos con el programa LumpST.....	113
5.2.5.5. Tabla resumen frecuencia y periodos de vibración con disipadores de cada pórtico.....	117
5.2.5.6. Tabla resumen de los periodos fundamentales de vibración.....	118
5.3. Automatización del programa LumpST con Matlab.....	119
5.3.1. Secuencia de comandos en el problema directo para un pórtico de 3 plantas.....	120
5.3.2. Secuencia de comandos en el problema inverso para un pórtico de 3 plantas.....	122
5.4. Dimensionamiento de los disipadores.....	127
5.4.1. Criterio para establecer la rigidez lateral de los disipadores.....	127
5.4.2. Criterio para fijar la resistencia lateral de los disipadores.....	127
5.4.3. Obtención de los desplazamientos de fluencia de los disipadores y los desplazamientos máximos absolutos entre plantas.....	128
5.4.3.1. Pórtico pa2pz2-1.....	128
5.4.3.1.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	130
5.4.3.1.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	131
5.4.3.1.3. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla).....	132
5.4.3.1.4. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	133
5.4.3.1.5. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	134
5.4.3.2. Pórtico pa4pz2-1.....	135
5.4.3.2.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	137
5.4.3.2.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	138
5.4.3.2.3. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla).....	139
5.4.3.2.4. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	140
5.4.3.2.5. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	140
5.4.3.3. Pórtico pa6pz2-1.....	141
5.4.3.3.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	144
5.4.3.3.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	145
5.4.3.3.3. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	145
5.4.3.3.4. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	146
5.5. Resistencia lateral y coeficientes de fuerza cortante.....	150
5.5.1. Resistencia lateral de los disipadores de una planta <i>i</i> dada.....	150
5.5.2. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta <i>i</i> dada	150

5.5.3. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar	150
5.5.4. Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar.....	151
5.5.5. Coeficiente de cortante total de la planta.....	151
5.5.6. Obtención de los definidos en los apartados 5.5.1 a 5.5.5 para cada uno de los pórticos.....	151
5.5.6.1. Pórtico pa2pz2-1.....	151
5.5.6.1.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	152
5.5.6.1.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	158
5.5.6.1.3. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla).....	163
5.5.6.1.4. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	168
5.5.6.1.5. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	175
5.5.6.2. Pórtico pa4pz2-1.....	180
5.5.6.2.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	180
5.5.6.2.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	187
5.5.6.2.3. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla).....	192
5.5.6.2.4. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	197
5.5.6.2.5. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	203
5.5.6.3. Pórtico pa6pz2-1.....	208
5.5.6.3.1. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla).....	209
5.5.6.3.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla).....	216
5.5.6.3.3. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla).....	221
5.5.6.3.4. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla).....	231
5.6. Comparación de las distribuciones de resistencia obtenidas con fórmulas propuestas en la literatura.....	239
5.6.1. Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia definida por Akiyama para una estructura de tres plantas α_i / α_1	239
5.6.2. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano α_i / α_1	239
5.6.3. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano α_i / α_1	241
5.6.4. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano α_i / α_1	242
5.6.5. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1	243
5.6.6. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1	244
5.6.7. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano α_i / α_1	245
5.6.8. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano α_i / α_1	247
5.6.9. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano α_i / α_1	248

5.6.10. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1	249
5.6.11. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1	250
5.6.12. Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia definida por Akiyama para una estructura de seis plantas α_i / α_1	251
5.6.13. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano α_i / α_1	252
5.6.14. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano α_i / α_1	253
5.6.15. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1	254
5.6.16. Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1	256
5.6.17. Valoración general.....	257
Capítulo 6. Conclusiones	261
6.1. Resumen del trabajo realizado.....	261
6.2. Conclusiones.....	262
6.3. Futuras líneas de investigación.....	263
Capítulo 7. Referencias	265

ÍNDICE DE FIGURAS

1.2.1. Detalle de conexiones viga plana-pilar.....	2
1.2.2. Mecanismo de transmisión de momentos flectores de viga plana a pilar.....	3
2.2.1. Sistema real sometido a un movimiento en su base.....	8
2.2.2. Sistema equivalente con base fija, sometido una fuerza ficticia $F_e(t)$	9
2.3.1. Colocación de disipadores de energía en estructuras porticadas.....	12
2.3.2. Distribución en planta de los disipadores.....	13
2.3.3. Ejemplos de organizaciones estructurales.....	13
2.3.4. Espectros elásticos de respuesta. Comparación para edificios con periodos de vibración altos (flexibles).....	14
2.3.5. Espectros elásticos de respuesta. Comparación para edificios de periodos de vibración bajos (rígidos).....	14
2.3.6. Disipador ADAS.....	16
2.3.7. Disipador honeycomb plate.....	16
2.3.8. Disipador BRB.....	16
2.3.9. Disipador TTD.....	16
2.3.10. Disipador WPD.....	16
3.1.1. Mapa de sismicidad de la norma NCSE-02.....	17
3.1.2. Edificio de 3 plantas, Zaidin, Plaza de las Palomas (Granada).....	18
3.1.3. Edificio de 6 plantas, Camino de Ronda (Granada).....	18
3.1.4. Edificio de 6 plantas, Rivera del Violón (Granada).....	18
3.1.5. Estructura porticada con vigas planas.....	18
3.1.6. Pórtico pa2pz2-1.....	20
3.1.7. Pórtico pa4pz2-1.....	20
3.1.8. Pórtico pa6pz2-1.....	21
4.3.1. Acelerograma N°2 (Ardal), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar.....	31
4.3.2. Acelerograma N°2 (Ardal), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200cm/s^2$	31
4.3.3. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Ardal) escalado a $PGA=200cm/s^2$	32
4.3.4. Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Ardal) escalado a $PGA=200cm/s^2$	32
4.3.5. Acelerograma N°6 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar.....	33
4.3.6. Acelerograma N°6 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200cm/s^2$	33
4.3.7. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°6 (Timfristos) escalado a $PGA=200cm/s^2$	34
4.3.8. Espectro de energía introducida del acelerograma N°6 (Timfristos) escalado a $PGA=200cm/s^2$. 34	
4.3.9. Acelerograma N°7 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar.....	35
4.3.10. Acelerograma N°7 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200cm/s^2$	35
4.3.11. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°7 (Timfristos) escalado a $PGA=200cm/s^2$	36
4.3.12. Espectro de energía introducida del acelerograma N°7 (Timfristos) escalado a $PGA=200cm/s^2$.. 36	
4.3.13. Acelerograma N°1 (Friuli), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar.....	37
4.3.14. Acelerograma N°1 (Friuli), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200cm/s^2$	37
4.3.15. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°1 (Friuli) escalado a $PGA=200cm/s^2$	38
4.3.16. Espectro de energía introducida del acelerograma N°1 (Friuli) escalado a $PGA=200cm/s^2$	38

4.3.17. Acelerograma N°4 (Montenegro), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar.....	39
4.3.18. Acelerograma N°4 (Montenegro), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	39
4.3.19. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°4 (Montenegro) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	40
4.3.20. Espectro de energía introducida del acelerograma N°4 (Montenegro) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	40
4.3.21. Acelerograma N°5 (Campano Lucano), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar.....	41
4.3.22. Acelerograma N°5 (Campano alucano), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	41
4.3.23. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°5 (Campano Lucano) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	42
4.3.24. Espectro de energía introducida del acelerograma N°5 (Campano Lucano) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$	42
4.3.25. Acelerograma N°1 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar.....	43
4.3.26. Acelerograma N°1 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	43
4.3.27. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°1 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	44
4.3.28. Espectro de energía introducida del acelerograma N°1 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	44
4.3.29. Acelerograma N°8 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar.....	45
4.3.30. Acelerograma N°8 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	45
4.3.31. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°8 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	46
4.3.32. Espectro de energía introducida del acelerograma N°8 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	46
4.3.33. Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar.....	47
4.3.34. Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	47
4.3.35. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	48
4.3.36. Espectro de energía introducida del acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	48
4.3.37. Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar.....	49
4.3.38. Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	49
4.3.39. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	50
4.3.40. Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	50
4.3.41. Acelerograma N°4 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar.....	51
4.3.42. Acelerograma N°4 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	51
4.3.43. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°4 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	52
4.3.44. Espectro de energía introducida del acelerograma N°4 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	52
4.3.45. Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar.....	53
4.3.46. Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	53
4.3.47. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	54
4.3.48. Espectro de energía introducida del acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$	54
4.3.49. Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar.....	55
4.3.50. Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	55
4.3.51. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	56
4.3.52. Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	56
4.3.53. Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar.....	57
4.3.54. Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	57
4.3.55. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	58
4.3.56. Espectro de energía introducida del acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	58
4.3.57. Acelerograma N°12 (Duzce 1), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar.....	59
4.3.58. Acelerograma N°12 (Duzce 1), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	59
4.3.59. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°12 (Duzce 1) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$...	60
4.3.60. Espectro de energía introducida del acelerograma N°12 (Duzce 1) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	60
4.3.61. Acelerograma N°3 (Montenegro), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar.....	61
4.3.62. Acelerograma N°3 (Montenegro), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	61

4.3.63. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°3 (Montenegro) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	62
4.3.64. Espectro de energía introducida del acelerograma N°3 (Montenegro) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$..	62
4.3.65. Acelerograma N°8 (Sicilia-Orientale), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar.....	63
4.3.66. Acelerograma N°8 (Sicilia-Orientale), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$.	63
4.3.67. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°8 (Sicilia-Orientale) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	64
4.3.68. Espectro de energía introducida del acelerograma N°8 (Sicilia-Orientale) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	64
4.3.69. Acelerograma N°14 (Ano Liosia), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar.....	65
4.3.70. Acelerograma N°14 (Ano Liosia), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	65
4.3.71. Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°14 (Ano Liosia) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	66
4.3.72. Espectro de energía introducida del acelerograma N°14 (Ano Liosia) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$	66
5.1.1. Diagrama de interacción Axil – Momento.....	69
5.1.2. Notation for user Trilinear Envelopes.....	70
5.1.3. Detalle de viga.....	70
5.2.1. Desplazamiento de una estructura solicitada por fuerza horizontal.....	82
5.2.2. Incremento de los daños con la intensidad.....	83
5.2.3. Curva de capacidad del pórtico pa2pz2-1.....	85
5.2.4. Curva de capacidad del pórtico pa4pz2-1.....	85
5.2.5. Curva de capacidad del pórtico pa6pz2-1.....	86
5.2.6. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª.....	87
5.2.7. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª.....	87
5.2.8. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª.....	88
5.2.9. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª.....	88
5.2.10. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª.....	89
5.2.11. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª.....	89
5.2.12. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª.....	90
5.2.13. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª.....	90
5.2.14. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª.....	91
5.2.15. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª.....	91
5.2.16. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª.....	92
5.2.17. Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª.....	92
5.2.19. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª.....	93
5.2.21. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª.....	94
5.2.23. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª.....	95
5.2.25. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª.....	96
5.2.27. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª.....	97
5.2.29. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª.....	98
5.2.31. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª.....	99
5.2.33. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª.....	100
5.2.35. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª.....	101
5.2.37. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª.....	102
5.2.39. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª.....	103
5.2.41. Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª.....	104
5.3.1. Esquema de funcionamiento del problema directo e inverso.....	119
5.3.2. Ejemplo de la convergencia de un método de búsqueda directa en la función Broyden.....	120
5.4.1. Subsistemas estructurales de una estructura sismorresistente con disipadores de energía.....	127
5.4.2. Curva Desplazamiento de fluencia – Resistencia lateral del disipador.....	128

5.4.4. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I (muy duro).	131
5.4.5. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II (duro).....	133
5.4.6. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III (medio)....	135
5.4.8. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I (muy duro).	138
5.4.9. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II (duro).....	139
5.4.10. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III (medio)....	141
5.4.12. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I (muy duro).	144
5.4.13. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II (duro).....	145
5.4.14. Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III (medio)....	147
5.5.2. Idealización de un modelo de masas del pórtico pa2pz2-1.....	151
5.5.3. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	156
5.5.4. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	157
5.5.5. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	157
5.5.6. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	158
5.5.7. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano....	158
5.5.8. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	161
5.5.9. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	162
5.5.10. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	162
5.5.11. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	163
5.5.12. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.	163
5.5.13. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	166
5.5.14. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	167
5.5.15. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	167
5.5.16. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	168
5.5.17. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano....	168
5.5.18. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano	173
5.5.19. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta <i>i</i> , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	173
5.5.20. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	174
5.5.21. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	174
5.5.22. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano	175

5.5.23. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	178
5.5.24. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	178
5.5.25. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	179
5.5.26. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	179
5.5.27. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano...	180
5.5.28. Idealización de un modelo de masas del pórtico pa4pz2-1.....	180
5.5.29. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	185
5.5.30. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	185
5.5.31. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	186
5.5.32. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	186
5.5.33. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano....	187
5.5.34. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	190
5.5.35. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	190
5.5.36. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	191
5.5.37. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	191
5.5.38. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.	192
5.5.39. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	195
5.5.40. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	195
5.5.41. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	196
5.5.42. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	196
5.5.43. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano....	197
5.5.44. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	201
5.5.45. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	201
5.5.46. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	202
5.5.47. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	202
5.5.48. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano	203

5.5.49. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	206
5.5.50. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	206
5.5.51. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	207
5.5.52. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	207
5.5.53. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano...	208
5.5.54. Idealización de un modelo de masas del pórtico pa6pz2-1.....	208
5.5.55. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	214
5.5.56. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	214
5.5.57. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	215
5.5.58. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	215
5.5.59. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano....	216
5.5.60. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	219
5.5.61. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	219
5.5.62. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	220
5.5.63. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	220
5.5.64. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.	221
5.5.65. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	229
5.5.66. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	229
5.5.67. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	230
5.5.68. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	230
5.5.69. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano	231
5.5.70. Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	234
5.5.71. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	234
5.5.72. Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	235
5.5.73. Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	235
5.5.74. Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano...	236

5.6.1. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano	241
5.6.2. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano	242
5.6.3. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano	243
5.6.4. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano	244
5.6.5. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano	245
5.6.6. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	246
5.6.7. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	247
5.6.8. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano.....	248
5.6.9. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	250
5.6.10. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	251
5.6.11. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano.....	253
5.6.12. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano.....	254
5.6.13. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano.....	255
5.6.14. Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano.....	257

ÍNDICE DE TABLAS

3.1.1. Características de las estructuras existentes con vigas planas construidas.....	19
3.1.2. Prototipos de las estructuras a estudiar.....	19
4.1.1. Coeficientes del terreno.....	24
4.1.2. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y para cada tipo de suelo..	26
4.2.1. Terremotos históricos registrados en suelo tipo I (muy duro).....	27
4.2.2. Terremotos históricos registrados en suelo tipo II (duro).....	27
4.2.3. Terremotos históricos registrados en suelo tipo III (medio).....	28
4.2.4. Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo I.....	28
4.2.5. Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo II.....	29
4.2.6. Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo III.....	29
4.2.7. Periodos fundamentales de vibración.....	29
5.1.1. Archivo de entrada para el pórtico pa2pz2-1 de tres plantas (pa2pz2-1.DAT) IDARC.....	72
5.1.2. Archivo de entrada para el pórtico pa4pz2-1 de tres plantas (pa4pz2-1.DAT) IDARC.....	74
5.1.3. Archivo de entrada para el pórtico pa6pz2-1 de seis plantas (pa6pz2-1.DAT) IDARC.....	77
5.2.1. Altura total y peso de cada uno de los pórticos.....	84
5.2.5. Cortante basal y desplazamiento para los que se produce el colapso en cada uno de los pórticos.....	86
5.2.18. Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia para cada planta de cada uno de los pórticos.....	105
5.2.19. Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con IDARC para cada uno de los pórticos.	106
5.2.20. Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa2pz2-1.	107
5.2.21. Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa2pz2-1.....	107
5.2.22. Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1.	109
5.2.23. Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa4pz2-1.....	109
5.2.24. Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1.	111
5.2.25. Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa6pz2-1.....	112
5.2.26. Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa2pz2-1...	113
5.2.27. Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa4pz2-1...	113
5.2.28. Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa6pz2-1...	113
5.2.29. Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa2pz2-1	114
5.2.30. Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa2pz2-1.....	115
5.2.31. Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1	115
5.2.32. Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa4pz2-1.....	116
5.2.33. Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1	117
5.2.34. Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa6pz2-1.....	118
5.2.35. Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para cada uno de los pórticos.....	118
5.2.36. Periodos fundamentales de vibración.....	118
5.4.1. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma nº1, suelo tipo I, campo lejano.....	130
5.4.2. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma nº4, suelo tipo I, campo lejano.....	130

5.4.26. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº5, suelo tipo I, campo lejano.....	144
5.4.27. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº14, suelo tipo II, campo lejano.....	145
5.4.28. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº2, suelo tipo III, campo cercano.....	145
5.4.29. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº6, suelo tipo III, campo cercano.....	146
5.4.30. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº12, suelo tipo III, campo cercano.....	146
5.4.31. Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma nº3, suelo tipo III, campo lejano.....	146
5.4.32. Desplazamientos de fluencia del disipador, desplazamiento máximo absoluto entre plantas, input de energía expresado en forma de pseudovelocidad equivalente para cada acelerograma.....	147
5.5.1. Resistencia lateral de los disipadores, coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores, resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, coeficiente de fuerza cortante total.....	236
5.6.1. Distribución de resistencia entre plantas para cada pórtico y tipo de suelo y distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia propuesta por Akiyama.....	257

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN – MOTIVACIÓN – OBJETIVOS – METODOLOGÍA

1.1. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes y diversas estrategias y metodologías de proyecto sismorresistente, que se han aplicado a lo largo de la historia para paliar los efectos del sismo que afectan a las estructuras de edificación. A continuación citamos algunas de ellas:

1ª) Metodologías y estrategias basadas en proporcionar resistencia lateral a la estructura

Hasta principios de 1997 en que dejó de ser aplicable la primera norma sísmica PDS-74 [1], las estructuras de edificación construidas en España fueron proyectadas aplicando la filosofía de los primeros métodos de cálculo sísmico basados exclusivamente en la resistencia. Estos métodos trataban de conseguir seguridad estructural en caso de terremoto severo proporcionando únicamente resistencia lateral a la estructura, y no consideraba otro aspecto fundamental como es el de su capacidad de deformación plástica o ductilidad. Además, la resistencia lateral que exigía la norma PDS-74 era relativamente pequeña (y en la gran mayoría de los casos menor que la que exige la norma actual NCSE-02) [2], lo que hacía que el dimensionado de las estructuras estuviese gobernado por las acciones gravitatorias.

2ª) Metodologías y estrategias basadas en el control del desplazamiento lateral del edificio

En estas metodologías se exige que tanto el desplazamiento lateral entre plantas (es decir entre los dos forjados que delimitan la planta), como el desplazamiento lateral total del edificio (es decir respecto al suelo), esté limitado, entre otras, por las siguientes razones:

- a) Para controlar los daños en elementos estructurales.
- b) Para controlar los daños en elementos no estructurales (tabiquería, etc).
- c) Para controlar el efecto P- Δ .
- d) Para evitar colisiones con edificios contiguos.

3ª) Metodologías basadas en la resistencia y ductilidad (capacidad de disipación de energía)

Actualmente, la capacidad de disipación de la energía sísmica de la estructura esta comúnmente aceptado como un factor clave para conseguir seguridad estructural con un coste económico razonable. Las normativas actuales permiten que bajo el terremoto más severo esperable con una probabilidad razonable, las estructuras disipen energía mediante deformaciones plásticas. En las estructuras porticadas convencionales estas deformaciones plásticas se permiten en los extremos de las vigas y en los arranques de los pilares de planta baja, lo que tiene como principal inconveniente que la estructura principal del edificio puede quedar con daños importantes después del terremoto. En las últimas décadas se han desarrollado estrategias avanzadas de proyecto sismorresistente de estructuras [15] orientadas a incrementar la capacidad de disipación de energía de cada planta. Una manera de incrementar globalmente la capacidad límite última de disipación de energía de la estructura, consiste en, instalar en cada planta elementos disipadores de energía.

Estos disipadores son elementos especiales capaces de disipar de forma estable cantidades muy elevadas de energía hasta la rotura. Existe una variedad muy amplia de disipadores de energía. Entre los más populares por su relativamente reducido coste económico son aquellos cuya fuente de disipación de energía se basa en hacer plastificar aceros, y a ellos se les denomina comúnmente disipadores de energía de tipo histerético.

La capacidad de disipación de energía de una estructura es una manera muy adecuada de caracterizar su sismorresistencia, y ello constituye uno de los fundamentos de los modernos métodos de proyecto sismorresistente basados en la teoría de Housne-Akiyama (Housner, 1956; Akiyama, 1980) [14].

En esta Tesina se aborda el uso de los disipadores de energía de tipo histerético como solución para aumentar la capacidad sismorresistente de estructuras existentes proyectadas en base a normativas antiguas. El estudio se centra concretamente en el reacondicionamiento sísmico mediante disipadores, de estructuras porticadas existentes de hormigón armado con vigas planas.

1.2. MOTIVACIÓN

La primera razón que justifica este estudio es la situación de elevada vulnerabilidad sísmica en la que se encuentran muchas estructuras porticadas con vigas planas proyectadas y construídas en muchas regiones del sur de España, en base a normativas sísmicas obsoletas, como la PDS-74 [1].

En España el primer código sísmico nacional PDS-74 [1] no decía nada respecto al uso de vigas planas, pero la norma posterior de 1994, NCSE-94 [13] que la sustituyó, prohibió su uso en zonas como Granada, donde la aceleración máxima del suelo, a_c , era superior a $0.16g$, siendo g la aceleración de la gravedad. Actualmente, la norma sísmica española vigente NCSE-02 [2] permite utilizar vigas planas en conexiones exteriores si el canto de la viga transversal (h_s) es mayor que el canto de la viga plana (h_b) y si $b_b \leq (b_c+h_s)$; y en conexiones interiores siempre y cuando $b_b \leq (b_c+h_b)$ [15].

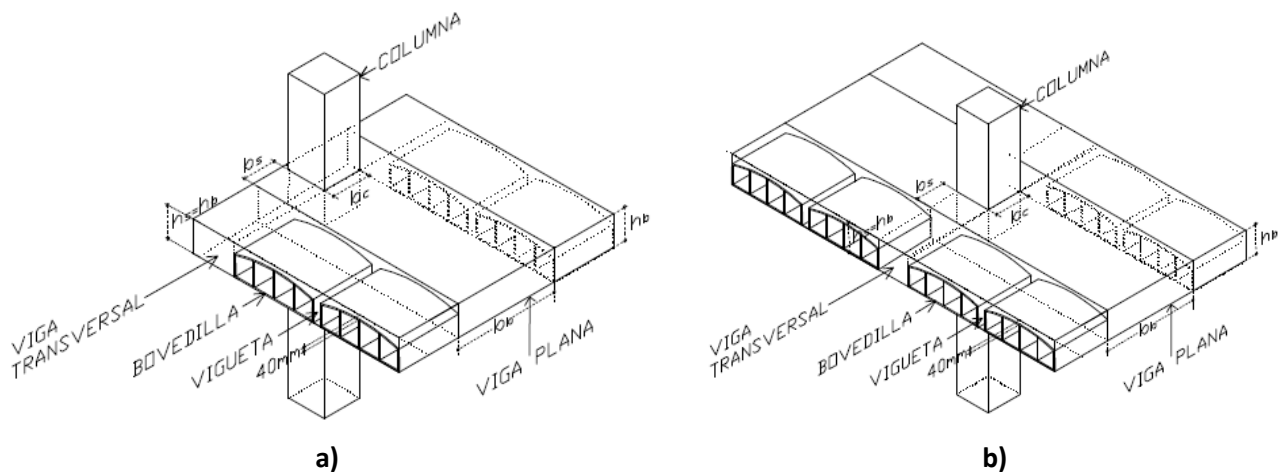


Fig. 1.2.1: Detalle de conexiones viga plana-pilar.
a) Pilar exterior. b) Pilar interior

La característica principal de las denominadas “vigas planas” es que su anchura (b_b) es mayor que la del pilar al que acomete (b_c), de manera que parte de la armadura longitudinal está anclada o

solapada fuera del nudo (Fig. 1.2.1). Este tipo de vigas se emplea (y se ha empleado en el pasado) en muy pocos países (España, Francia e Italia), incluso en zonas de cierta peligrosidad sísmica, a pesar de sus importantes inconvenientes desde el punto de vista sismorresistente, y del insuficiente conocimiento que se tienen, hoy por hoy, sobre su comportamiento en caso de sismos intensos.

Por lo tanto, emplear pórticos con vigas planas como sistema sismorresistente es una solución en general desaconsejable por las siguientes razones:

- Reducida rigidez lateral, lo que hace que los pórticos sean muy deformables horizontalmente.
- Deficiente transmisión de los momentos flectores desde la viga a los pilares (ver Fig. 1.2.2).
- Reducida capacidad de disipación de energía.

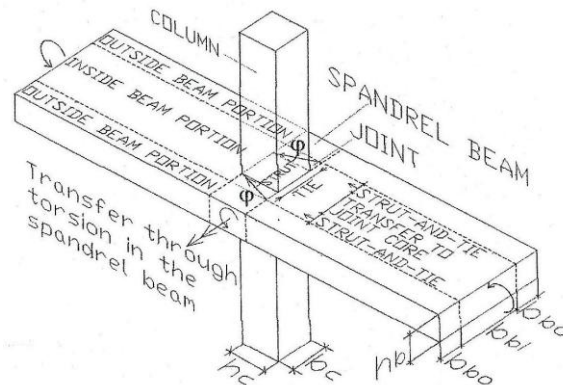


Fig. 1.2.2: Mecanismo de transmisión de momentos flectores de viga plana a pilar

La segunda razón que justifica este trabajo es la existencia de soluciones innovadoras consistentes en el uso de disipadores de energía de tipo histerético, que se han venido desarrollando y aplicando al reacondicionamiento sísmico de estructuras existentes en las últimas décadas. En Europa, esta aplicación de los disipadores se ha empezado a extender en los últimos 10 años, especialmente en Italia. Como hemos dicho anteriormente, existen varios tipos de disipadores de energía, algunos de ellos los citamos a continuación:

- Disipadores histeréticos:

Logran la disipación de energía, plastificando metales dúctiles (acero, plomo o cobre). Son robustos y baratos.

- Disipadores friccionales:

Tienen un comportamiento histerético que se basa en la fricción seca entre dos metales. El principio básico de los disipadores friccionales consiste en utilizar la deformación relativa entre dos puntos de una estructura para disipar energía a través de fricción.

- Disipadores viscosos y viscoelásticos:

El principio básico de funcionamiento consiste en movilizar un elemento a través de un fluido viscoso. Esto genera fuerzas que se oponen al movimiento del elemento, de magnitud proporcional a la velocidad. Los fluidos viscosos (FV), tales como siliconas, aceites, etc. han sido utilizados con eficiencia en la generación de dispositivos disipadores de energía hace ya varias décadas en la industria militar y aeroespacial.

- Con aleaciones con memoria de forma

Estos tipos de disipadores recuperan su forma a una determinada temperatura. Disipan energía no por plastificación sino por cambio de fase, por tanto no se fatigan. No es necesario cambiarlos nunca pero son caros.

- Amortiguador mecatrónico:

La energía mecánica se transforma en eléctrica. El factor de amortiguamiento se puede ajustar y tiene un rendimiento óptimo a bajas frecuencias y grandes amplitudes.

- Disipadores electro-inductivos:

La energía mecánica se transforma en eléctrica (calor), cuyo funcionamiento es similar a un amortiguador viscoso. No requieren mantenimiento y tienen un comportamiento pasivo o semiactivo.

En el presente trabajo, utilizaremos los disipadores de energía de tipo histeréticos instalados en forma de barras diagonales, por su bajo coste y sencillez de fabricación y de instalación, así como por no requerir mantenimiento. Este tipo de disipadores son aptos para emplearlos en estructuras de edificación antiguas puesto que no supone una gran inversión.

1.3. OBJETIVOS

En la línea de lo anteriormente expuesto, el objetivo general de este trabajo es investigar el uso de los disipadores de energía de tipo histerético para reacondicionar sísmicamente estructuras porticadas existentes de hormigón armado con vigas planas. Concretamente, este trabajo se centra en determinar la resistencia mínima que deberían tener los disipadores de energía histeréticos colocados en cada una de las plantas de estructuras porticadas existentes con vigas planas, para que bajo el terremoto de proyecto sean capaces de limitar los desplazamientos máximos entre plantas a unos valores preestablecidos.

Como objetivo de desplazamiento máximo entre plantas, se fija un valor del 0,5% (en valor absoluto) de la altura entre plantas. Limitando el valor del desplazamiento máximo a este valor del 0.5% (con una tolerancia aproximada de +/- el 10%) se garantiza que el pórtico principal se va a mantener básicamente dentro del dominio elástico, y por lo tanto sin daños.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología seguida para conseguir el objetivo anteriormente expuesto ha sido la siguiente:

1.- Se han definido varios prototipos de pórticos con vigas planas de estructuras existentes de hormigón armado, construidos en los años 70-90, empleados con mucha frecuencia en países del área mediterránea como España.

2.- Se ha elegido un conjunto de terremotos históricos de diferentes características y registrados en distintos tipos de suelo, y se han escalado con un determinado criterio para que representen la sismicidad de la región donde se han supuesto ubicadas las estructuras estudiadas. Uno de los problemas básicos en cualquier estudio de vulnerabilidad sísmica es la elección adecuada y en un número suficientemente elevado de terremotos. En esta investigación se seleccionó inicialmente un total de 18 terremotos históricos registrados en Europa en campo libre sobre distintos tipos de suelo,

con el criterio de que cubriesen un amplio espectro de respuesta. Los acelerogramas se obtuvieron de una base de datos europea accesible gratuitamente a través de la red [3].

Los acelerogramas empleados deben escalarse en tiempo y en amplitud para que sean compatibles, respecto a la aceleración máxima del suelo (PGA) y a la forma de los espectros elásticos de respuesta, con los niveles de peligrosidad sísmica que prescribe la norma NCSE-02 [2].

3.- Los prototipos de pórticos con vigas planas seleccionados se modelizaron para poder ser analizados con el programa de análisis no lineal en dos dimensiones IDARC versión 7.0, que permite realizar tanto cálculos dinámicos directos como cálculos estáticos no lineales aplicando el método del empuje incremental (pushover analysis).

4.- Se realizaron cálculos estáticos no lineales aplicando el método del empuje incremental (pushover analysis) con control en fuerzas y empleando el primer modo de vibración. Estos cálculos permitieron obtener la curva de capacidad global de cada pórtico (relación entre cortante basal y desplazamiento de la última planta), y para cada planta de cada pórtico la relación entre fuerza cortante de la planta y el desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta.

De estas últimas curvas se obtuvo la rigidez inicial y el desplazamiento de fluencia de cada una de las plantas.

5.- A los modelos numéricos de los pórticos con vigas planas se le añadieron disipadores de energía de tipo histerético en cada planta. El criterio considerado para establecer la rigidez lateral de los disipadores de cada planta es que la rigidez lateral que aportan los disipadores instalados en una determinada planta sea cinco veces la rigidez del pórtico sin disipadores [4]. Este es un valor que, a la luz de investigaciones previas, se considera adecuado para garantizar que plastifique antes el disipador que el pórtico principal. El criterio para fijar la resistencia lateral de los disipadores es que el desplazamiento máximo entre plantas, sea igual al 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas. Se adopta este valor, con una tolerancia del $\pm 10\%$, para garantizar que el pórtico se mantenga básicamente dentro del dominio elástico. La determinación de la resistencia lateral de los disipadores se ha determinado a base de cálculos dinámicos directos iterativos, modificando la resistencia lateral de cada planta, o lo que es lo mismo, el desplazamiento de fluencia de los disipadores puesto que la rigidez lateral de los disipadores ha sido previamente fijada.

Debido al gran número de iteraciones que hay que realizar para obtener los desplazamientos de fluencia de los disipadores que garantizan que los desplazamientos laterales máximos de la estructura se mantienen en los límites fijados, se decidió automatizar el programa LumpST mediante la aplicación del módulo de optimización de Matlab, para agilizar los cálculos.

Obtenidos los desplazamientos de fluencia de los disipadores, se ha calculado la resistencia lateral de los disipadores de cada una de las plantas de los modelos estructurales estudiados y el coeficiente cortante de fluencia de los disipadores para cada uno de los pórticos. Se ha determinado también, la resistencia lateral aportada por el pórtico principal (sin disipadores) en cada planta, y se ha expresado en forma de coeficiente de fuerza cortante (normalizando por el peso del edificio por encima de la planta considerada). Finalmente se ha obtenido el coeficiente de fuerza cortante total como suma del coeficiente de fluencia cortante aportado por los disipadores de cada planta, y el coeficiente de fuerza cortante desarrollado por el pórtico principal, con el objetivo de compararlo con distribuciones de coeficiente de fuerza cortante óptimos propuestos en la literatura.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

2.1. ANTECEDENTES SOBRE CONEXIONES VIGA PLANA-PILAR

A continuación, se resumen brevemente los principales estudios experimentales llevados a cabo en el pasado sobre conexiones exteriores viga plana-pilar y que han sido publicados en la literatura científica. Debido a que las vigas planas son poco empleadas fuera de España, Italia y parte de Francia, los estudios publicados sobre este tema son muy escasos.

Gentry y Wight [5] ensayaron en 1994 cuatro conexiones exteriores viga plana-pilar bajo cargas cíclicas de tipo estático. Estos autores encontraron que para que su comportamiento sea satisfactorio es fundamental controlar la demanda a torsión en las vigas transversales. Dicho de otra manera, la resistencia y rigidez torsional de las vigas transversales acaban gobernando el comportamiento global de la conexión.

Por su parte, LaFave and Wight [6] ensayaron en 1999, bajo cargas cíclicas estáticas, tres conexiones exteriores viga plana-pilar que cumplieran los requisitos de la normativa ACI 318-95 [7]. Estos autores concluyeron que si dicha norma era satisfecha, las conexiones se comportaban adecuadamente bajo cargas cíclicas. En un estudio posterior (2001) [8], estos mismos autores compararon el comportamiento de las tres conexiones con una conexión convencional viga de canto-pilar y concluyeron que las diferencias de comportamiento no eran sustanciales.

Es muy importante decir, sin embargo, que en todos los estudios experimentales arriba citados, las vigas planas estaban provistas de vigas transversales de canto considerable ($h_s/h_b \gg 1$) y fuertemente armadas a torsión. Esta circunstancia no se da en las conexiones exteriores viga plana-pilar construidas en el último tercio del siglo XX en el sur de España, en que las vigas transversales solían tener el mismo canto que la viga plana y no se armaban a torsión. Esta diferencia es determinante y hace que las conclusiones de los estudios antes referidos no sean extrapolables a España.

En una investigación más reciente (2007), Benavent-Climent [9] ensayó una conexión viga plana-pilar con vigas transversales del mismo canto que la viga plana y sin ninguna armadura a torsión. El espécimen se sometió a cargas dinámicas en una mesa sísmica del Laboratorio de Estructuras de Enel-Hydro-Ismes de Italia, hasta su colapso. Este autor encontró que la capacidad límite última de disipación de energía de estas vigas se situaba entre la mitad y quince veces inferior a la que puede alcanzar una conexión convencional con vigas de canto.

Finalmente hay que señalar, que en ninguna de las investigaciones anteriores se aplicaron cargas gravitatorias adicionales sobre la viga plana (más allá de su propio peso) antes de aplicar las cargas laterales. El nivel de carga gravitatoria sobre la viga, puede influir de forma importante en su capacidad de deformación lateral y conviene por lo tanto ser investigada.

2.2. PROYECTO SISMORRESISTENTE BASADO EN LA TEORÍA DE LA ENERGÍA DE HOUSNER-AKIYAMA

La Fig. 2.2.1 muestra un sistema estructural de un grado de libertad sometido a un movimiento en su base. La ecuación de equilibrio dinámico de fuerzas que gobierna este sistema es la siguiente [15]:

$$f_I(t) + f_D(t) + f_S(t) = 0 \quad (2.2.1)$$

Siendo:

$f_I(t)$: Fuerza ficticia denominada fuerza de inercia que resiste la aceleración y que viene dada por la expresión (2.2.2), donde m es la masa y \ddot{v}^t la aceleración absoluta del sistema. Adoptamos como sentido positivo de f_I el que se corresponde con el sentido negativo de los desplazamientos.

$$f_I(t) = m \ddot{v}^t \quad (2.2.2)$$

$f_D(t)$: Fuerza de amortiguamiento.

$f_S(t)$: Fuerza restauradora del sistema, es decir, la fuerza que opone la estructura a ser deformada.

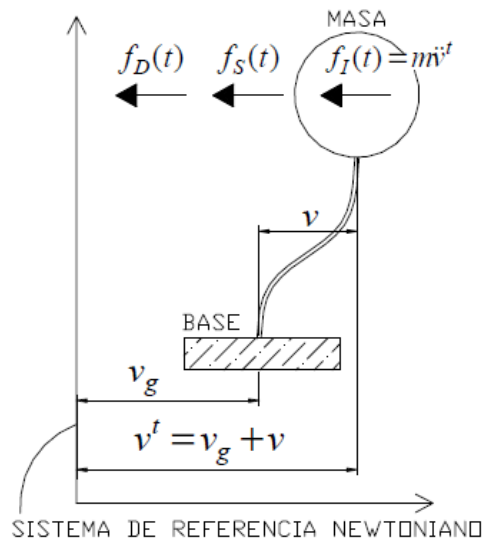


Fig. 2.2.1: Sistema real sometido a un movimiento en su base

Tal como veremos más adelante, a la hora de interpretar la ecuación del balance energético, resulta ventajoso transformar el sistema dinámico real representado en la Fig. 2.2.1 y gobernado por la ecuación (2.2.1), en un sistema dinámico ficticio equivalente que nos proporcione los mismos desplazamientos relativos $v(t)$. Esta transformación se apoya en el hecho de que f_D y f_S dependen de la velocidad y del desplazamiento relativos del punto másico (y no de los valores totales o absolutos), y que tal como se indica en la Fig. 2.2.1, el desplazamiento total absoluto, $v^t(t)$, es la suma del desplazamiento del suelo debido al terremoto, $v_g(t)$, y el desplazamiento relativo de la masa respecto al suelo, $v(t)$, con lo que:

$$\ddot{v}^t = \ddot{v}_g + \ddot{v} \quad (2.2.3)$$

Sustituyendo la ecuación (2.2.3) en (2.2.2), ésta a su vez en (2.2.1), y operando se llega a:

$$m\ddot{v} + f_D(t) + f_S(t) = -m\ddot{v}_g \quad (2.2.4)$$

La ecuación (2.2.4) proporciona obviamente los mismos desplazamientos relativos $v(t)$ que la ecuación (2.2.1), pero corresponde a un sistema dinámico equivalente al de la Fig. 2.2.1, con la base fija y el punto másico sometido a una fuerza externa ficticia $F_e(t)$ de valor $F_e(t) = -m\ddot{v}_g$, tal como se ilustra en la Fig. 2.2.2. En otras palabras, el desplazamiento relativo $v(t)$ del punto másico respecto a la base cuando ésta se ve sometida a un movimiento sísmico del suelo de aceleración \ddot{v}_g , es exactamente el mismo que experimentaría esa misma estructura si su base no se moviese y a cambio se viese sometida a una fuerza ficticia de valor $F_e(t) = -m\ddot{v}_g$, y que llamaremos *fuerza sísmica*.

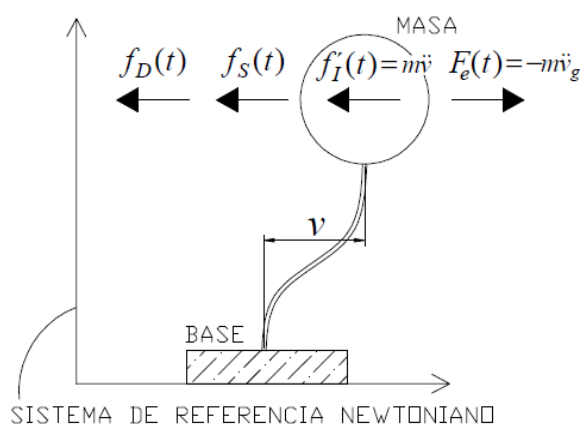


Fig. 2.2.2: Sistema equivalente con base fija, sometido una fuerza ficticia $F_e(t)$

Resolviendo la ecuación (2.2.4) se obtiene la magnitud más importante de la respuesta de la estructura que es el desplazamiento relativo $v(t)$. Conocido $v(t)$, la ecuación de equilibrio dinámico de fuerzas se puede transformar en una *ecuación de balance de energía* tal y como se expone a continuación.

Multiplicando los dos miembros de la ecuación (2.2.4) por un incremento diferencial de desplazamiento relativo dv , o lo que lo mismo por $dv = \dot{v} dt$, se llega a:

$$m\ddot{v}\dot{v} dt + f_D(t)\dot{v} dt + f_S(t)\dot{v} dt = -m\ddot{v}_g \dot{v} dt \quad (2.2.5)$$

Si ahora integramos la ecuación (2.2.5) desde el instante $t=0$ en que comienza el movimiento del suelo, hasta el instante t_0 en que termina el terremoto, se obtiene:

$$\underbrace{\int_0^{t_0} m\ddot{v}\dot{v} dt}_{W_{ek}} + \underbrace{\int_0^{t_0} f_D(t)\dot{v} dt}_{W_D} + \underbrace{\int_0^{t_0} f_S(t)\dot{v} dt}_{\underbrace{W_S}_{W_{es} + W_p}} = \underbrace{\int_0^{t_0} -m\ddot{v}_g \dot{v} dt}_{W_E} \quad (2.2.6)$$

La primera integral del primer miembro de (2.2.6) se puede resolver directamente. Si además asumimos que en el instante $t=0$ la velocidad relativa de la estructura es nula, $\dot{v}(0) = 0$, la solución de dicha integral conduce a la siguiente expresión que representa la energía cinética del sistema en el instante t_0 , y que designaremos con W_{ek} .

$$W_{ek} = \int_0^{t_0} m \ddot{v} \dot{v} dt = \frac{m \dot{v}^2(t_0)}{2} \quad (2.2.7)$$

La segunda integral del primer miembro de (2.2.6) representa la energía consumida por la estructura mediante amortiguamiento y se designa por W_D , es decir:

$$W_D = \int_0^{t_0} f_D(t) \dot{v} dt \quad (2.2.8)$$

La tercera integral del primer miembro de (2.2.6) representa la energía de deformación total almacenada y/o disipada por la estructura hasta el instante t_0 que designaremos por W_S . Dicha W_S es la suma de la energía almacenada por la estructura mediante deformaciones elásticas, W_{es} , y la energía disipada por la misma mediante deformaciones plásticas, W_p , es decir:

$$W_S = \int_0^{t_0} f_S(t) \dot{v} dt = W_{es} + W_p \quad (2.2.9)$$

El término W_p representa de forma cuantitativa el *daño* estructural inducido en la estructura por el terremoto. La suma de W_{ek} y W_{es} constituye lo que se denomina *energía de vibración elástica* del sistema que designaremos con W_e , es decir:

$$W_e = W_{ek} + W_{es} \quad (2.2.10)$$

Por último, la integral del segundo miembro de (2.2.6) representa el trabajo total realizado por la fuerza sísmica $F_e(t)$ hasta el instante t_0 en que termina el terremoto, asociado al desplazamiento relativo $v(t)$ de la estructura. Dicho trabajo se define como el *input de energía total introducida por el terremoto en la estructura*, y emplearemos para designarlo la letra E , es decir:

$$E = \int_0^{t_0} -m \ddot{v}_g \dot{v} dt \quad (2.2.11)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2.2.7), (2.2.8), (2.2.9) y (2.2.11) en (2.2.6) y teniendo en cuenta (2.2.10), se llega a la siguiente expresión, que se conoce como la *ecuación del balance energético* de la estructura en el instante t_0 en que termina el terremoto.

$$W_e + W_D + W_p = E \quad (2.2.12)$$

El primer miembro de la ecuación (2.2.12) se puede interpretar como la *capacidad sismorresistente de la estructura* y el segundo como el *efecto de carga del terremoto*, ambos expresados en términos de energía. La expresión (2.2.12) constituye la ecuación fundamental de la denominada metodología de proyecto sismorresistente basada en el balance energético de Housner-Akiyama. El criterio de proyecto fundamental en dicha metodología consiste en hacer que el primer miembro de la

ecuación (2.2.12) sea mayor o igual que el segundo miembro. Ello se podrá lograr con relativa sencillez debido a que, la *capacidad sismorresistente de la estructura* y el *efecto de carga de terremoto* son dos aspectos que pueden definirse de forma básicamente independiente.

La condición que establecen estos métodos para que la estructura sobreviva al terremoto es que el primer miembro tendrá que ser mayor o igual que el segundo, es decir:

$$W_e + W_D + W_p \geq E \quad (2.2.13)$$

Para que la estructura sobreviva al sismo manteniéndose dentro del dominio elástico, la energía de vibración elástica W_e que debe ser capaz de almacenar la estructura debe ser:

$$W_e \geq (E - W_D) \quad (2.2.14)$$

Esto se consigue dando resistencia (en sentido estricto) a la estructura.

Para que la estructura sobreviva al sismo permitiendo deformaciones plásticas en la misma, la energía de deformación plástica, W_p , que la estructura en su totalidad debe ser capaz de disipar hasta el instante en que se produce el colapso deberá ser:

$$W_p \geq E - W_D - W_e \quad (2.2.15)$$

Las ecuaciones anteriores junto con el control de los desplazamientos laterales de la estructura, forman un marco teórico en base al cual se pueden plantear distintas estrategias de proyecto sismorresistente (convencionales y avanzadas).

Los disipadores de energía aparecen pues como dispositivos capaces de mejorar las capacidades en el rango plástico de las construcciones, absorbiendo gran parte de esta energía W_p , o incluso toda, de forma que la estructura principal quedaría intacta tras un evento severo.

2.3. REACONDICIONAMIENTO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS CON DISIPADORES DE ENERGÍA

2.3.1. Definición de disipador de energía

Son elementos (pasivos) relativamente ajenos a la estructura (en el sentido en que no participan en la resistencia a cargas verticales y son reemplazables una vez dañados) que tienen como misión absorber energía al deformarse; para ello deben instalarse en lugares en que se produzcan deformaciones (apreciables) debidas a la acción que se desea controlar.

Los disipadores deben dimensionarse para que los daños se concentren en éstos antes que en la estructura, es decir, actúan como fusibles estructurales.

Se utilizan principalmente para reducir los daños generados en edificios por movimientos sísmicos pero también pueden ser útiles para amortiguar las oscilaciones debidas al viento.

Los disipadores responden a la filosofía del diseño por capacidad llevada a sus últimas consecuencias ya que el modo de colapso no solamente es dúctil sino que los daños se producen sólo en elementos ajenos a la estructura principal (y fácilmente reemplazables).

Los disipadores se pueden utilizar en los casos en que el aislamiento de base no resulta aplicable (viento, suelo blando y edificios altos y/o flexibles).

Los disipadores pueden ser más simples que los aisladores ya que no precisan soportar el peso del edificio; son más fáciles de instalar que éstos (especialmente en edificios existentes) lo que los hace particularmente convenientes para su uso masivo en países en desarrollo.

2.3.2. Colocación de los disipadores de energía

Los disipadores de energía, hay que colocarlos de tal forma que se produzcan desplazamientos relativos en todos los puntos. Siendo más sencillo situarlos en edificios de pórticos.

Si los disipadores se colocan como complemento de aisladores, deben estar preparados para soportar grandes desplazamientos; en caso contrario, las deformaciones a absorber son pequeñas.

Estos elementos se colocan en las estructuras porticadas como una barra estándar diagonal como se muestra en la Fig. 2.3.1 [19].

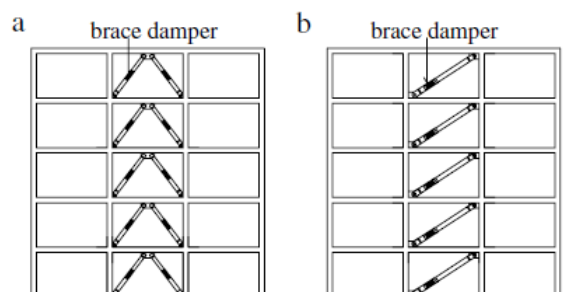


Fig. 2.3.1: Colocación de disipadores de energía en estructuras porticadas

Distribución en planta:

Se trata de arriostramientos (aunque sean disipativos) y por ello deben satisfacer los requerimientos habituales de éstos:

- Debe haber al menos dos arriostramientos en cada dirección, situados simétricamente y lo más alejados que sea posible.
- Redundancia en cada dirección (para sismos fuertes).

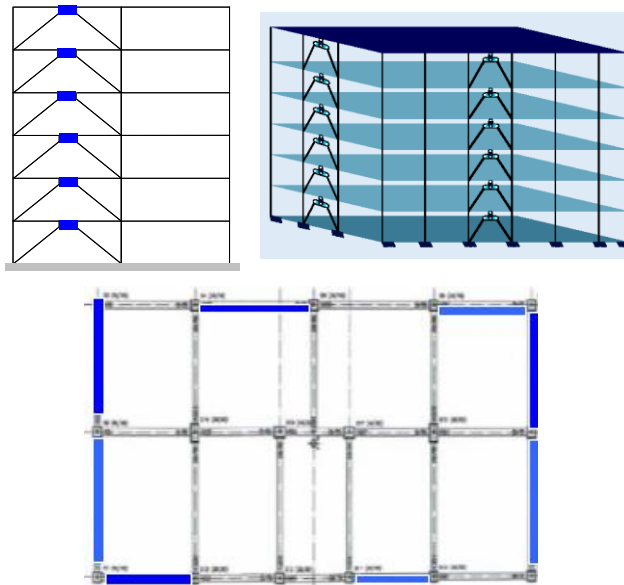


Fig. 2.3.2: Distribución en planta de los disipadores

2.3.3. Utilidad de los disipadores de energía en edificios

Los disipadores de energía se utilizan para dos finalidades: 1) para proteger a la estructura de los efectos del viento y 2) para protegerla del sismo. Éstos actúan como fusibles estructurales, es decir, se trata de lograr un mecanismo de colapso en el que, cuando la estructura se vea afectada por uno de estos efectos anteriormente citados, no produzcan daños importantes en los elementos estructurales siendo los disipadores los que se vean dañados.

Si comparamos los tres ejemplos de organizaciones estructurales, descritos en la Fig. 2.3.3, como son: pórtico desnudo o flexible; pórtico protegido con disipadores y pórtico arriostrado con uniones rígidas. Veremos en el espectro elástico de respuesta, Fig. 2.3.5 y 2.3.6, cuáles de ellos son más convenientes.

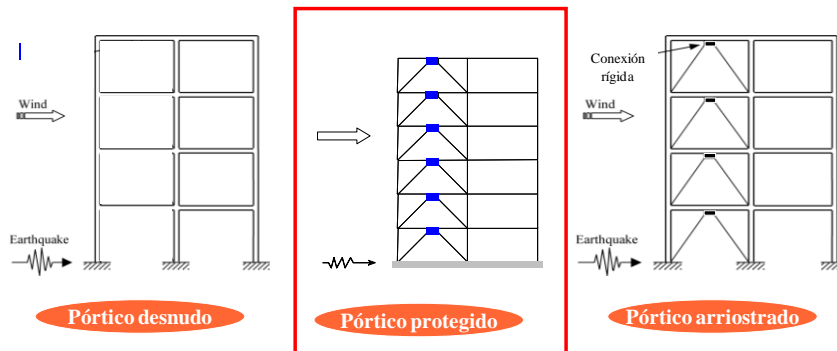


Fig. 2.3.3: Ejemplos de organizaciones estructurales

- Para edificios con periodos de vibración altos, el pórtico arriostrado, se ve sometido a una acción sísmica mayor pero tiene más resistencia. En el pórtico protegido con disipadores, se ha incrementado un poco la rigidez, también se aprecia que no se ha producido un cambio importante en el periodo de vibración con respecto al pórtico desnudo, sin embargo el amortiguamiento ha aumentado.

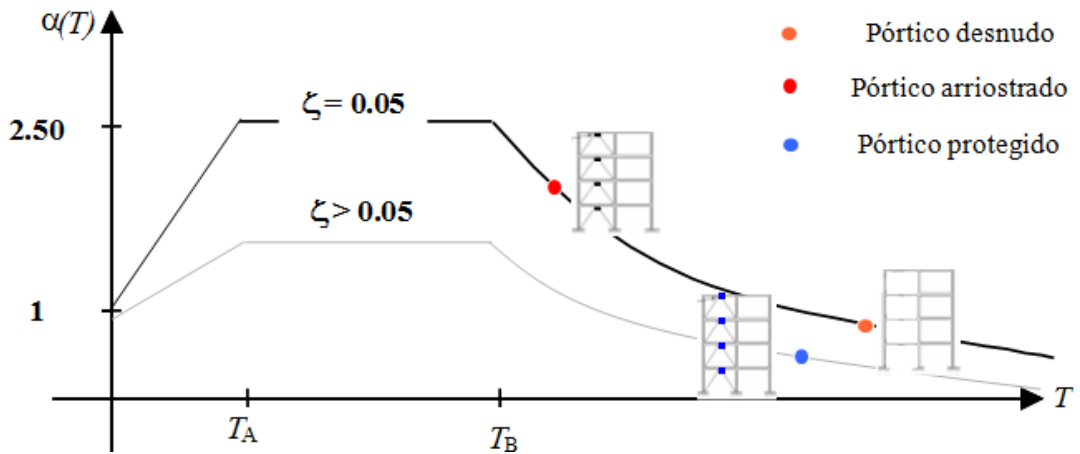


Fig. 2.3.4: Espectros elásticos de respuesta. Comparación para edificios con periodos de vibración altos (flexibles)

- Para edificios de periodos de vibración cortos, rigidizar es beneficioso si no aumenta la fuerza pero sí la resistencia. El pórtico desnudo es el que mayor fuerza tiene y la misma rigidez que el pórtico protegido con disipadores, siendo el pórtico arriostrado el que presenta una mayor rigidez.

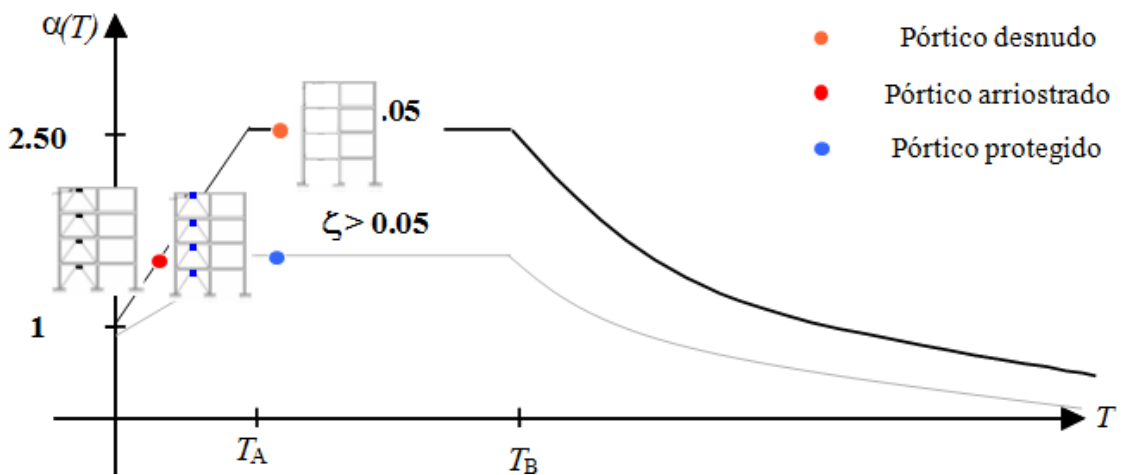


Fig. 2.3.5: Espectros elásticos de respuesta. Comparación para edificios de periodos de vibración cortos (rígidos)

2.3.4. Cualidades exigibles a los disipadores de energía

Son diversas las cualidades exigibles a los disipadores de energía, algunas de ellas las citamos a continuación: a los disipadores de energía se les exige una alta capacidad de disipación de energía por ciclo y total; los ciclos de histéresis deben ser estables y estar bien caracterizados; se debe producir el inicio de la disipación de energía para pequeños desplazamientos de la estructura a proteger; también es importante la simplicidad, economía así como el bajo mantenimiento; la instalación deberá ser sencilla y con bajo impacto arquitectónico; otras cualidades exigibles a los disipadores son la robustez, durabilidad, fiabilidad y facilidad de sustitución en caso de daño.

2.3.5. Tipos de elementos disipadores de energía

Los disipadores de energía tienen una historia de unos 35 años y se empezaron a emplear en instalaciones de centrales nucleares. Su desarrollo y aplicación en la ingeniería sísmica de estructuras comenzó fundamentalmente en la última década del siglo pasado y su crecimiento está siendo exponencial. Los disipadores de energía forman parte de los denominados sistemas de control pasivo de estructuras. Estos sistemas disipan energía de distintas formas: 1) cambiando la microestructura de un metal y aumentando su temperatura “*disipadores histeréticos*”; 2) deformando materiales especiales con elevados niveles de amortiguamiento intrínseco o aumentando la temperatura de fluidos “*disipadores viscosos, viscoelásticos o fluídos*”; o 3) transfiriendo parte de la energía de vibración a una masa auxiliar (un bloque de acero, hormigón, o fluído) sintonizada con la estructura principal “*amortiguador de masa*”.

Los disipadores de energía de tipo histerético suelen ser los más empleados en aplicaciones sísmicas por su bajo coste y sencillez, y su funcionamiento puede basarse en la 1) plastificación, 2) fricción, 3) extrusión, o 4) corte de metales. Los basados en la plastificación o fricción son especialmente populares. Dentro de los primeros existen múltiples variantes. Unos emplean chaspas de acero en forma de X o triangular; es el caso del conocido ADAS (*added damping and stiffness*) (Fig. 2.3.6). Otros, especialmente empleados en Japón, utilizan chapas perforadas de acero (*honeycomb o slit plates*) (Fig. 2.3.7). Además del acero, se han investigado también otros materiales como el plomo o aleaciones especiales con memoria de forma (*shape-memory alloys*). Una tercera variante de disipador histerético cuyo uso ha crecido notablemente en los últimos años, son las barras de pandeo restringido BRB (*buckling restrained brace*) que se instalan como si fueran barras diagonales convencionales (Fig. 2.3.8). Consiste en un perfil de acero que se hace plastificar bajo deformaciones axiales de tracción/compresión, y para evitar su pandeo se embebe dentro de un tubo metálico relleno de hormigón. Las figuras 2.3.9 y 2.3.10 muestran otros dos nuevos disipadores desarrollados recientemente por Benavent en la Universidad de Granada, que se pueden instalar también en la estructura como barras diagonales convencionales. El primero, disipador TTD (*tube in tube damper*) se basa en la plastificación de las paredes de tubos de acero, y el segundo WPD (*web plastification damper*) en la plastificación del alma de perfiles IPE o HBE. [15]

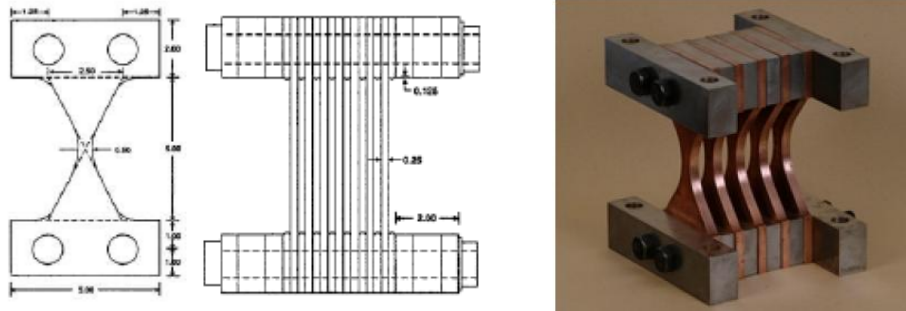


Fig. 2.3.6: Disipador ADAS

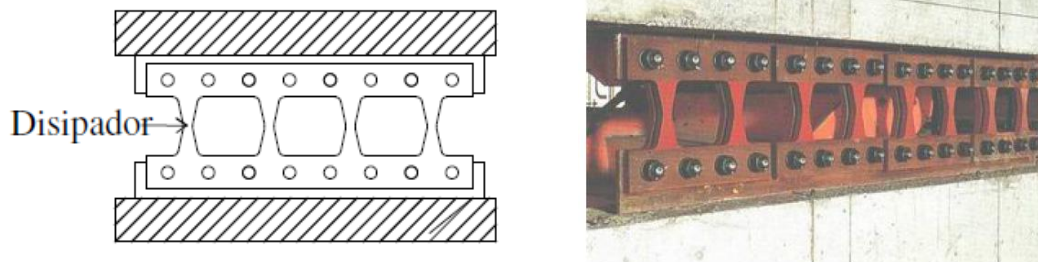


Fig. 2.3.7: Disipador *honeycomb plate*



Fig. 2.3.8: Disipador BRB

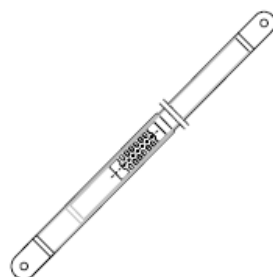


Fig. 2.3.9: Disipador TTD

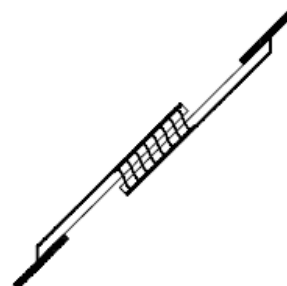


Fig. 2.3.10: Disipador WPD

CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DE PROTOTIPOS DE ESTRUCTURAS EXISTENTES DE HORMIGÓN ARMADO CONSTRUIDOS EN LOS AÑOS 70-90 EN ESPAÑA

Los prototipos de estructuras porticadas con vigas planas a investigar se tomaron de un trabajo previo realizado por R. Zahran ("Predicción de la capacidad límite última de disipación de energía de estructuras porticadas con vigas planas existentes", Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 2009). En este capítulo se describen sus características y criterios de proyecto.

3.1. DEFINICIÓN DE LOS PROTOTIPOS DE PÓRTICOS CON VIGAS PLANAS

A la hora de definir los prototipos de estructuras porticadas con vigas planas a estudiar, se ha elegido la zona de España de mayor sismicidad, tanto con la antigua norma PDS-74 [1] como con la actual norma NCSE-02 [2]. Se trata de la región de Granada clasificada por la PDS-74 como zona de intensidad sísmica "tercera", y a la que la NCSE-02 asigna una aceleración sísmica de cálculo que varía desde 0.16g hasta 0.25g (siendo g la aceleración de la gravedad), tal como se indica en la Fig. 3.1.1, tomada de esta norma.

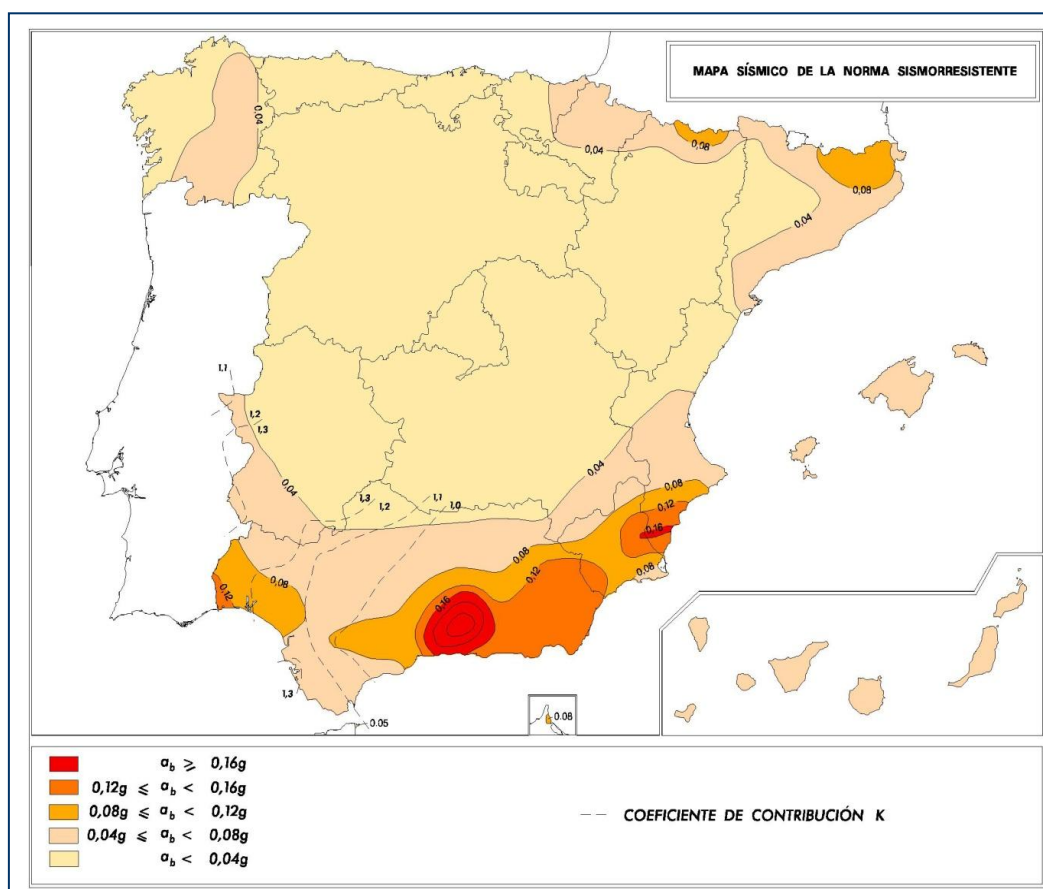


Fig. 3.1.1: Mapa de sismicidad de la norma NCSE-02

Las características básicas de las estructuras de hormigón armado con vigas planas construidas entre 1974 y 1994 (luces, crujeías, etc.) se han obtenido de consultas a arquitectos con amplia experiencia profesional en la región de Granada, de consultas a técnicos de entidades de control y mediante trabajo de campo. Las figuras 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4 muestran ejemplos de edificios resueltos con estructuras porticadas con vigas planas en la ciudad de Granada.



Fig. 3.1.2: Edificio de 3 plantas, Zaidin, Plaza de las Palomas (Granada)



Fig. 3.1.3: Edificios de 6 plantas, Camino de Ronda (Granada)



Fig. 3.1.4: Edificios de 6 plantas, Ribera del Violón (Granada)



Fig. 3.1.5: Estructura porticada con vigas planas

Estas características genéricas se resumen en la Tabla 3.1.1. A partir de esta información se definieron los tres prototipos de estructuras con vigas planas que se indican en la Tabla 3.1.2. Todos tiene 4 crujiás y 4 vanos, y las plantas son doblemente simétricas. Los pórticos con vigas planas encargados de soportar las cargas gravitatorias de los forjados se disponen paralelamente en una dirección, en la cual se ha considerado aplicado el sismo. Debido a la simetría en planta de las estructuras, cada prototipo dio lugar a dos o tres pórticos distintos (en dimensiones y/o armado), unos exteriores que se han denominado pz1, y otros interiores que se han llamado pz2 o pz3. Los tres pórticos que se han definido, se han denominado: pa2pz2-1, pa4pz2-1 y pa6pz2-1. Su geometría se muestra en las figuras 3.1.6 a 3.1.8.

Tabla 3.1.1: Características de las estructuras existentes con vigas planas construidas

<i>Número de plantas</i>	Oscilaba entre 1 y 6 plantas.
<i>Luces</i>	Oscilaban entre los 5 y 6 metros.
<i>Canto del forjado</i>	Oscilaba entre 27 y 30cm.
<i>Número de vanos y crujiás</i>	Variable, siendo frecuentes las 3 ó 4 crujiás y vanos.
<i>Dimensiones de pilares</i>	Frecuentemente la sección transversal de los pilares se igualaba cada dos o tres plantas consecutivas, siendo de 30x30cm en las dos últimas plantas, y aumentando con incrementos de 5 o 10 cm hacia las plantas inferiores.
<i>Altura de plantas</i>	La altura de pilares (a ejes de vigas) estaba en torno a los 3 m, en todas las plantas, excepto en la planta baja que oscilaba sobre los 4.5m.
<i>Existencia de pantallas</i>	Para edificios de hasta 6 plantas no se empleaban pantallas.
<i>Propiedades mecánicas de los materiales</i>	Resistencia característica del hormigón: 175 kp/cm ² Resistencia característica del acero 4100 kp/cm ² .
<i>Detalles constructivos y organización de las armaduras</i>	No se empleaban vigas transversales de canto en las conexiones exteriores viga plana-pilar, sino simples zunchos de borde del mismo canto de la viga, dimensionados para soportar únicamente las cargas gravitatorias debidas al peso propio del zuncho y del cerramiento. La armadura longitudinal, tanto inferior como superior, se colocaba normalmente en una sola capa. Para vigas de ancho aproximado 50cm, era frecuente colocar como armadura de montaje 4 barras continuas en la cara inferior y 3 en la cara superior, de diámetros de 16mm o 20mm.

Tabla 3.1.2: Prototipos de las estructuras a estudiar

Prototipo	Nº de plantas (N)	Luz de vigas L	Luz de crujiá L'	Canto de vigas (h)	Pilares
pa2	3	5	5	27	Cuadrados
pa4	3	5,50	5,50	30	Cuadrados
pa6	6	5	5	27	Cuadrados

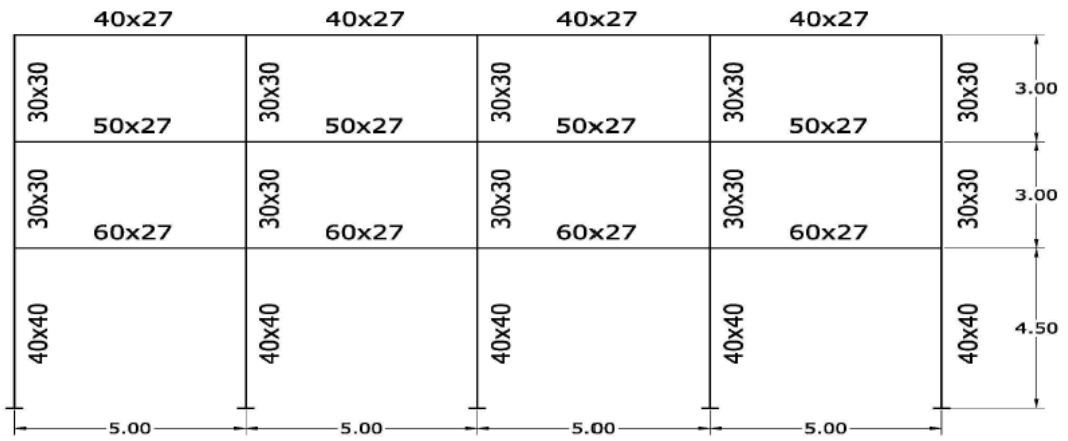


Fig. 3.1.6: Pórtico pa2pz2-1

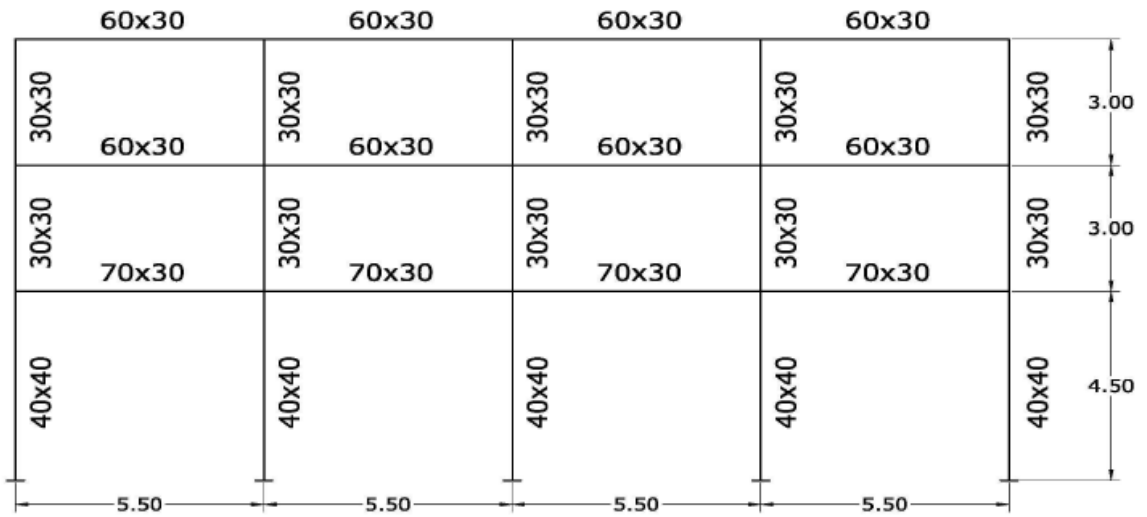


Fig. 3.1.7: Pórtico pa4pz2-1

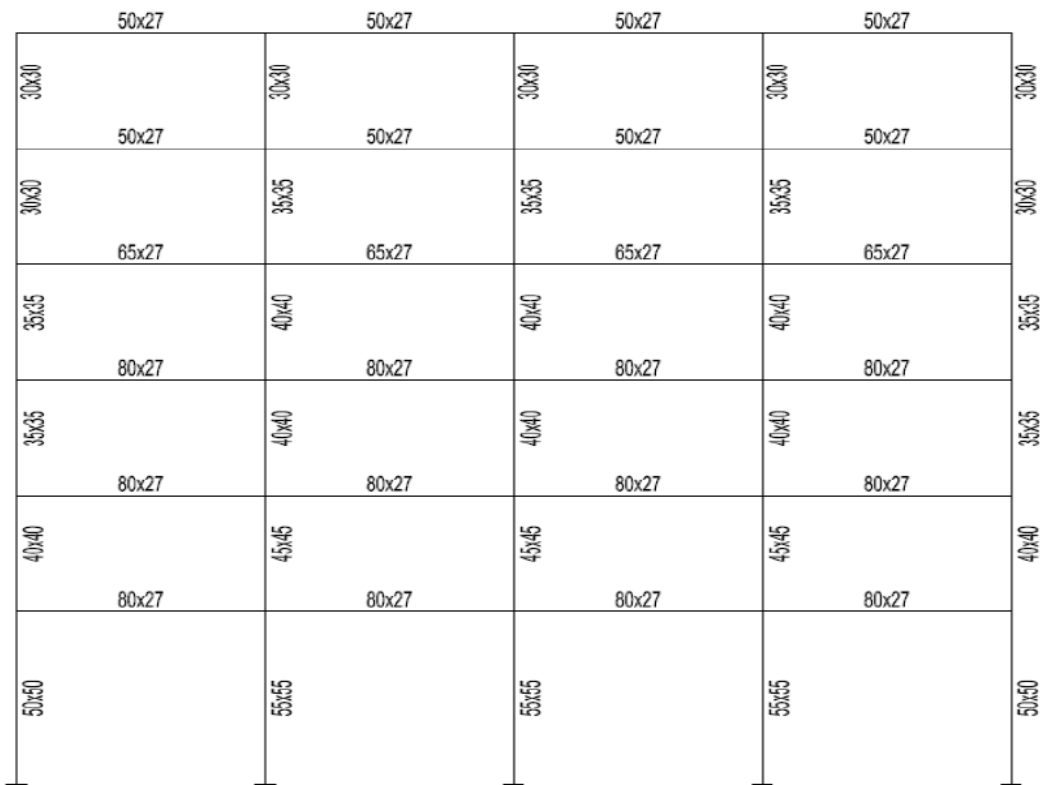


Fig. 3.1.8: Pórtico pa6pz2-1

3.2. PARÁMETROS DE PROYECTO Y NORMATIVA EMPLEADA

Las vigas y los pilares de los pórticos se dimensionaron y armaron de acuerdo con la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Armado EH-91 [10]. La acción sísmica se caracterizó mediante un sistema de fuerzas horizontales que se calcularon con la norma PDS-74 [1], suponiendo las estructuras situadas en Granada, sobre un terreno de arcilla dura, y estando destinadas al uso de vivienda. Se supuso que los forjados eran indeformables en su plano. El valor de las cargas gravitatorias consideradas fue de 3.45 KN/m² para el peso propio del forjado, 0.80KN/m² para las cargas debidas al solado y falsos techos, 1 KN/m² para la carga de tabiquería y 2 KN/m² como sobrecarga de uso. Para los materiales se adoptó una resistencia característica de 17.5 N/mm² para el hormigón, y de 400N/mm² como límite elástico del acero para las armaduras. Los pórticos se dimensionaron con el programa informático CYPECAD versión 2008.1.c.

CAPÍTULO 4

SELECCIÓN DE ACELEROGRAMAS

4.0. INTRODUCCIÓN

En este Capítulo se exponen las características de los acelerogramas empleados en los cálculos dinámicos, así como el criterio empleado para escalarlos.

Inicialmente se seleccionaron 18 acelerogramas, históricos europeos de la base de sismos europea [3].

Los acelerogramas se agruparon en tres tipos de suelo: tipo I que corresponde a suelo muy duro caracterizado por una velocidad de las ondas de corte superiores a 750 m/s; suelo tipo II que corresponde a suelo duro caracterizado por una velocidad de las ondas de corte entre 375 y 750 m/s; y suelo tipo III que corresponde a suelo medio caracterizado por una velocidad de las ondas de corte entre 175 y 375 m/s. Dentro de cada tipo de suelo los sismos se agruparon en dos clases: cercanos a falla y lejanos a falla, en función de que la distancia a la misma fuese menor o mayor de 10 km, respectivamente.

Los terremotos se han escalado a la aceleración máxima del suelo (PGA) establecida por la norma sísmica española, (NCSE-02, capítulo II, 2.2) [2] para Granada, cuyo cálculo se detalla en el apartado 4.1.

En el apartado 4.2 se describen las características de los acelerogramas inicialmente seleccionados.

En el apartado 4.3 se muestran los acelerogramas originales, los acelerogramas escalados y sus correspondientes espectros elásticos de respuesta y espectros de energía introducida. Para cada uno de ellos se indica también en una Tabla las ordenadas espectrales de estos dos espectros correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas ($f_{T_{1(3p)}}=1.4s$; $T_{1(3p)}=0.5s$; $f_{T_{1(6p)}}=1.8s$ y $T_{1(6p)}=0.7s$).

4.1. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO (NCSE – 02)

Se expone a continuación la obtención de la aceleración de cálculo del suelo correspondiente a Granada, según la norma sísmica española NCSE-02, para tres tipos de suelo.

La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad (4.1.1)$$

Siendo:

a_b : Aceleración sísmica básica definida en 2.1.

La lista del anejo 1 detalla por municipios los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04g, junto con los del coeficiente de contribución K.

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

- Construcciones de importancia normal $\rho = 1,0$
- Construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$

S: Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

- Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1g$

$$S = \frac{C}{1,25} \quad (4.1.2)$$

- Para $0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \quad (4.1.3)$$

- Para $0,4g \leq \rho \cdot a_b$

$$S = 0,1 \quad (4.1.4)$$

Siendo:

C: Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación y se detalla en el apartado 2.4.

En esta Norma NCSE-02, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750m/s$.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750m/s \geq v_s > 400m/s$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400m/s \geq v_s > 200m/s$.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200m/s$.

Tabla 4.1.1: Coeficientes del terreno

Tipo de terreno	Coeficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

4.1.1. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo I.

- Aceleración básica:

$$a_b / g = 0,23 \Rightarrow a_b = 0,23g$$

- Coeficiente de contribución [Anejo 1, NCSE-02]:

$$K = 1,0$$

- Coeficiente adimensional de riesgo:

$$\rho = 1,0 \rightarrow \text{Construcciones de importancia normal}$$

- Coeficiente del terreno:

$$C = 1,0 \rightarrow \text{Para suelo tipo I}$$

- Coeficiente de amplificación del terreno:

$$\text{Como } \rho \cdot a_b = 1,0 \times 0,23g = 0,23g \Rightarrow 0,1g < \rho \cdot a_b = 0,23g < 0,4g$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) = \frac{1,0}{1,25} + 3,33 \left(1,0 \frac{0,23g}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{1,0}{1,25} \right) = 0,886$$

- **Aceleración sísmica de cálculo:**

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 0,886 \times 1,0 \times 0,23g = 0,204g \Rightarrow \underline{a_c = 2,000m/s^2}$$

4.1.2. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo II.

- Aceleración básica:

$$a_b / g = 0,23 \Rightarrow a_b = 0,23g$$

- Coeficiente de contribución [Anejo 1, NCSE-02]:

$$K = 1,0$$

- Coeficiente adimensional de riesgo:

$$\rho = 1,0 \rightarrow \text{Construcciones de importancia normal}$$

- Coeficiente del terreno:

$$C = 1,3 \rightarrow \text{Para suelo tipo II}$$

- Coeficiente de amplificación del terreno:

$$\text{Como } 0,1g < \rho \cdot a_b = 1,0 \times 0,23g = 0,23g < 0,4g$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) = \frac{1,3}{1,25} + 3,33 \left(1,0 \frac{0,23g}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{1,3}{1,25} \right) = 1,02$$

- **Aceleración sísmica de cálculo:**

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,02 \times 1,0 \times 0,23g = 0,235g \Rightarrow \underline{a_c = 2,305m/s^2}$$

4.1.3. Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y suelo tipo III.

- Aceleración básica:

$$a_b / g = 0,23 \Rightarrow a_b = 0,23g$$

- Coeficiente de contribución [Anejo 1, NCSE-02]:

$$K = 1,0$$

- Coeficiente adimensional de riesgo:

$$\rho = 1,0 \rightarrow \text{Construcciones de importancia normal}$$

- Coeficiente del terreno:

$$C = 1,6 \rightarrow \text{Para suelo tipo III}$$

- Coeficiente de amplificación del terreno:

$$\text{Como } \rho \cdot a_b = 1,0 \times 0,23g = 0,23g \Rightarrow 0,1g < \rho \cdot a_b = 0,23g < 0,4g$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) = \frac{1,6}{1,25} + 3,33 \left(1,0 \frac{0,23g}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{1,6}{1,25} \right) = 1,16$$

- Aceleración sísmica de cálculo:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,16 \times 1,0 \times 0,23g = 0,266g \Rightarrow a_c = \underline{\underline{2,614m/s^2}}$$

Tabla 4.1.2 Aceleración sísmica de cálculo para un edificio ubicado en Granada y para cada tipo de suelo

Tipo de suelo	Aceleración sísmica de cálculo (m/s ²)
I (muy duro)	2,000
II (duro)	2,305
III (medio)	2,614

4.2. ACELEROGRAMAS HISTÓRICOS

La manera más directa de definir un terremoto histórico es mediante registros de la aceleración del suelo, comúnmente denominados acelerogramas históricos. Un acelerograma nos proporciona el valor de la aceleración del suelo a intervalos de tiempo determinados.

Los acelerogramas son registrados mediante un acelerógrafo y tiene tres componentes del movimiento del suelo: NS (norte-sur), EO (este-oeste) y UP (vertical).

Las características más importantes de los acelerogramas desde el punto de vista de su capacidad a la hora de excitar la estructura son:

- La amplitud del acelerograma, que se puede caracterizar por el valor máximo de la aceleración ("peak ground acceleration" PGA).
- El contenido de frecuencias, que se puede caracterizar contando el número de veces que se cruza el valor 0 en un segundo.
- La duración, que se puede caracterizar por el tiempo transcurrido entre dos picos determinados del acelerograma.

Conocido el acelerograma, la respuesta de la estructura frente al mismo expresado en términos de desplazamientos, velocidades, aceleraciones, deformaciones, etc. se puede calcular con precisión mediante un cálculo dinámico directo.

Se resumen en las tablas siguientes los acelerogramas inicialmente seleccionados y sus principales características: Fecha y hora del registro; nombre de terremoto al que corresponde el registro; magnitud; estación donde se registró el acelerograma; tipo de suelo; distancia a la falla Δ en kilómetros; aceleración máxima horizontal del suelo PHA; aceleración máxima vertical del suelo PVA; aceleración máxima de respuesta S_a , correspondiente a los periodos fundamentales de vibración de las estructuras analizadas; y por último, velocidad equivalente correspondiente al input de energía que introducen los terremotos a la estructura, V_E , para los periodos fundamentales de vibración.

En otra tabla, se exponen los periodos fundamentales de las estructuras analizadas: T_1 , correspondiente al periodo del primer modo de la estructura sin disipadores, "periodo de la parte flexible" y T_1 , periodo de la estructura completa con disipadores.

4.2.1. Características de los acelerogramas históricos inicialmente seleccionados.

Tabla 4.2.1: Terremotos históricos registrados en suelo tipo I (muy duro)

Nº	Fecha	Tiempo [UTC]	Nombre	Magnitud	Estación	Geología local	Δ [km]	PHA [m/s ²]	PVA [m/s ²]
Cercanos a falla (near fault) <10Km									
2	06/04/1977	13:36:37	Ardal	6Mw	Naghan 1	rock	5	8,907	-
6	14/06/1986	07:40:39	Timfristos	3,7ML	Karpenisi-Prefecture	rock	9	3,019	2,292
7		09:49:18	Timfristos	3,3ML	Karpenisi-Prefecture	rock	8	2,845	1,901
Lejanos a falla (far field) >10Km									
1	06/05/1976	20:00:13	Friuli	6,5Mw	Tolmezzo-Diga Ambiesta	rock	27	3,499	2,623
4	15/04/1979	06:19:41	Montenegro	6,9Mw	Hercegnovi Novi-O.S.D. Pavicic School	rock	65	2,509	2,045
5	23/11/1980	18:34:52	Campano Lucano	6,9Mw	Sturno	rock	32	3,166	2,308

Tabla 4.2.2: Terremotos históricos registrados en suelo tipo II (duro)

Nº	Fecha	Tiempo [UTC]	Nombre	Magnitud	Estación	Geología local	Δ [km]	PHA [m/s ²]	PVA [m/s ²]
Cercanos a falla (near fault) <10Km									
1	11/05/76	22:44:01	Friuli aftershock	4,9Mw	Forgaria-Cornio	stiff soil	3	3,001	1,404
8	16/09/77	23:48:08	Friuli aftershock	5,4Mw	Forgaria-Cornio	stiff soil	5	2,365	1,304
14	24/05/79	17:23:18	Montenegro aftershock	6,2Mw	Budva-PTT	stiff soil	8	2,624	1,652
Lejanos a falla (far field) >10Km									
2	11/09/76	16:35:03	Friuli aftershock	5,5Mw	Forgaria-Cornio	stiff soil	16	2,273	1,162
4	15/09/76	03:15:19	Friuli aftershock	6Mw	Forgaria-Cornio	stiff soil	17	2,586	0,965
12	24/05/79	17:23:18	Montenegro aftershock	6,2Mw	Bar-Skupstina Opstine	stiff soil	33	2,652	0,994

Tabla 4.2.3: Terremotos históricos registrados en suelo tipo III (medio)

Nº	Fecha	Tiempo [UTC]	Nombre	Magnitud	Estación	Geología local	Δ [km]	PHA [m/s ²]	PVA [m/s ²]
Cercanos a falla (near fault) <10Km									
2	11/09/76	16:35:03	Friuli aftershock	5,5Mw	Buia	soft soil	10	2,26	0,862
6	15/09/86	11:41:28	Kalamata aftershock	4,9Mw	Kalamata-O TE Building	stiff soil	3	2,355	1,017
12	12/11/99	16:57:20	Duzce 1	7,2Mw	Duzce-Meteoroloji Mudurlugu	soft soil	8	5,036	3,382
Lejanos a falla (far field) >10Km									
3	15/04/79	06:19:41	Montenegro	6,9Mw	Ulcinj-Hotel Olimpic	stiff soil	24	2,88	4,49
8	13/12/1990	00:24:26	Sicilia-Orientale	5,6Mw	Catania-Piana	soft soil	24	2,483	0,682
14	07/09/99	11:56:51	Ano Liosia	6Mw	Athens-Sepolia (Garage)	stiff soil	14	3,2	1,925

4.2.2. Características espectrales de los acelerogramas escalados correspondientes a los periodos fundamentales de las estructuras analizadas ($fT_{1(3p)}=1.4s$; $T_{1(3p)}=0.5s$; $fT_{1(6p)}=1.8s$ y $T_{1(6p)}=0.7s$).

Tabla 4.2.4: Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo I

Nº	Nombre	Δ [km]	Factor escala	S_a [cm/s ²]				V_E [cm/s]			
				$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s	$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s
Cercanos a falla (near fault) <10Km											
2	Ardal	5	0,2245	60	260	30	160	11	24	9	25
6	Timfristos	9	0,6625	<10	100	<10	40	3,2	10,4	2,8	5,6
7	Timfristos	8	0,7029	<10	39	<10	20	1,6	4	1,2	2,6
Lejanos a falla (far field) >10Km											
1	Friuli	27	0,5717	80	360	40	190	22	44	17	32
4	Montenegro	65	0,9102	60	500	30	400	26	82	20	70
5	Campano Lucano	32	0,9431	300	540	250	400	104	88	106	82

Tabla 4.2.5: Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo II

Nº	Nombre	Δ [km]	Factor escala	S_a [cm/s ²]				V_E [cm/s]			
				$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s	$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s
Cercanos a falla (near fault) <10Km											
1	Friuli aftershock	3	1,2554	40	440	38	120	18	44	14	20
8	Friuli aftershock	5	0,9745	30	260	20	140	12	34	10	20
14	Montenegro aftershock	8	1,9662	360	720	240	920	105	130	75	155
Lejanos a falla (far field) >10Km											
2	Friuli aftershock	16	1,7929	50	500	20	300	20	56	12	38
4	Friuli aftershock	17	0,8912	40	200	20	60	16	26	11	12
12	Montenegro aftershock	33	1,1610	60	610	40	400	22	66	25	75

Tabla 4.2.6: Ordenadas espectrales de los terremotos históricos escalados registrados en suelo tipo III

Nº	Nombre	Δ [km]	Factor escala	S_a [cm/s ²]				V_E [cm/s]			
				$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s	$fT_{1(3p)}$ 1,4s	$T_{1(3p)}$ 0,5s	$fT_{1(6p)}$ 1,8s	$T_{1(6p)}$ 0,7s
Cercanos a falla (near fault) <10Km											
2	Friuli aftershock	10	1,1564	100	700	50	600	32	68	18	96
6	Kalamata aftershock	3	1,1098	60	240	50	500	20	47	26	61
12	Duzce 1	8	0,7067	160	720	150	650	60	116	70	120
Lejanos a falla (far field) >10Km											
3	Montenegro	24	0,9077	470	500	220	335	60	116	70	120
8	Sicilia-Orientale	24	1,0529	30	210	20	200	9	25	10	38
14	Ano Liosia	14	0,8168	90	300	60	120	26	36	22	22

4.2.3. Tabla resumen de los periodos fundamentales de vibración.

Cuyo cálculo se detalla en el apartado 5.2.5 de este capítulo.

Tabla 4.2.7: Periodos fundamentales de vibración

Periodos fundamentales	Pórtico pa2pz2-1 (3 plantas)	Pórtico pa4pz2-1 (3 plantas)	Pórtico pa6pz2-1 (6 plantas)
Sin disipador fT_1 (s)	1,366 \approx 1,4	1,391 \approx 1,4	1,785 \approx 1,8
Con disipador T_1 (s)	0,558 \approx 0,5	0,568 \approx 0,5	0,740 \approx 0,7

4.3. ESCALADO, ESPECTRO ELÁSTICO DE RESPUESTA Y ESPECTRO DE INPUT DE ENERGÍA DE LOS ACELEROGRAMAS

Los acelerogramas seleccionados se escalan a un determinado nivel (que será el que establezca la normativa sísmica de aplicación); el procedimiento más utilizado en la práctica es escalar la aceleración máxima.

Las aceleraciones máximas de cada uno de los acelerogramas históricos, PGA, se han escalado a las aceleraciones sísmicas de cálculo obtenidas en el apartado 4.1 de este capítulo, estas corresponden al tipo de suelo: $a_c=200\text{cm/s}^2$ suelo tipo I; $a_c=230,5\text{cm/s}^2$ suelo tipo II y $a_c=261,4\text{cm/s}^2$ suelo tipo III.

El espectro elástico de respuesta de aceleración absoluta S_a-T , es un gráfico que no pasa nunca por el origen, ya que en el caso de una estructura infinitamente rígida (es decir con $T=0$) el espectro debe proporcionar la aceleración máxima que ha experimentado el suelo; otra característica de este espectro es que en el rango de periodos largos (es decir para valores de T muy elevados) la aceleración absoluta tiende a decrecer a medida que aumenta T , en el caso límite de una estructura infinitamente flexible, no se transmitiría ningún movimiento a la masa y consecuentemente S_a valdría cero.

Akiyama llegó a la siguiente conclusión, que es el fundamento de los métodos de proyecto sismorresistente basados en el balance energético: El input de energía total E introducido por un terremoto determinado en un sistema, cantidad muy estable depende básicamente de la masa total del sistema y de su periodo de vibración T . Otros aspectos como la resistencia del sistema, el nivel de amortiguamiento, las características de la fuerza restauradora etc. apenas influyen en E y a efectos de cálculo pueden despreciarse.

El input de energía total E puede expresarse mediante una velocidad equivalente V_E que se define como sigue [18]:

$$V_E = \sqrt{\frac{2E_{input}}{M_{total}}} \quad (4.3.1)$$

Se denomina espectro de input de energía para un terremoto determinado y para un nivel de amortiguamiento dado, a la representación de T y V_E en unos ejes cartesianos.

4.3.1. Suelo Tipo I (Campo cercano a la falla)

- Acelerograma N°2 (Ardal) $\Delta=5\text{Km}$

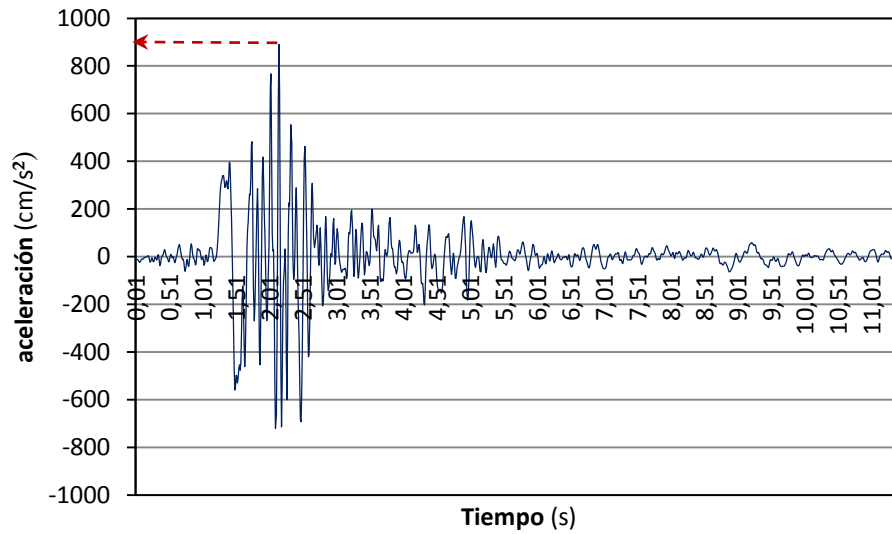
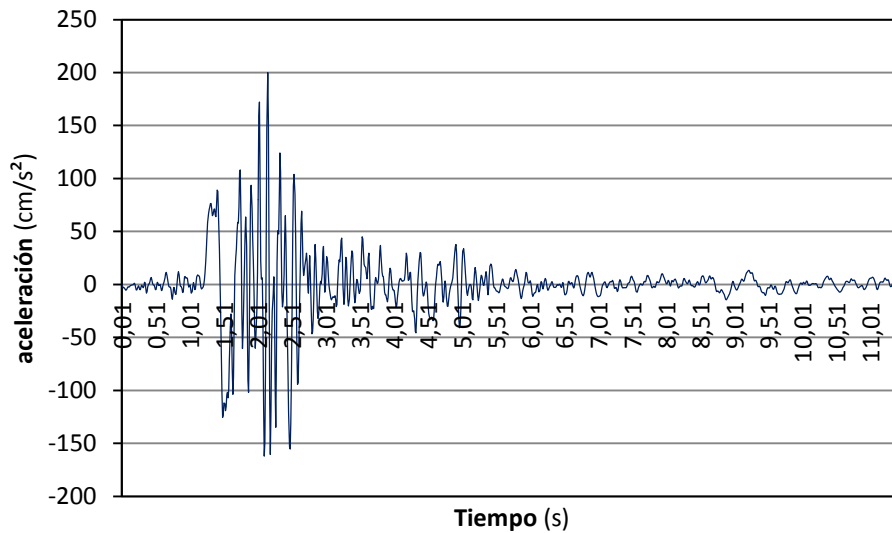


Fig. 4.3.1: Acelerograma N°2 (Ardal), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 890,74\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm/s}^2}{890,74\text{cm/s}^2} = 0,2245$

Fig. 4.3.2: Acelerograma N°2 (Ardal), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

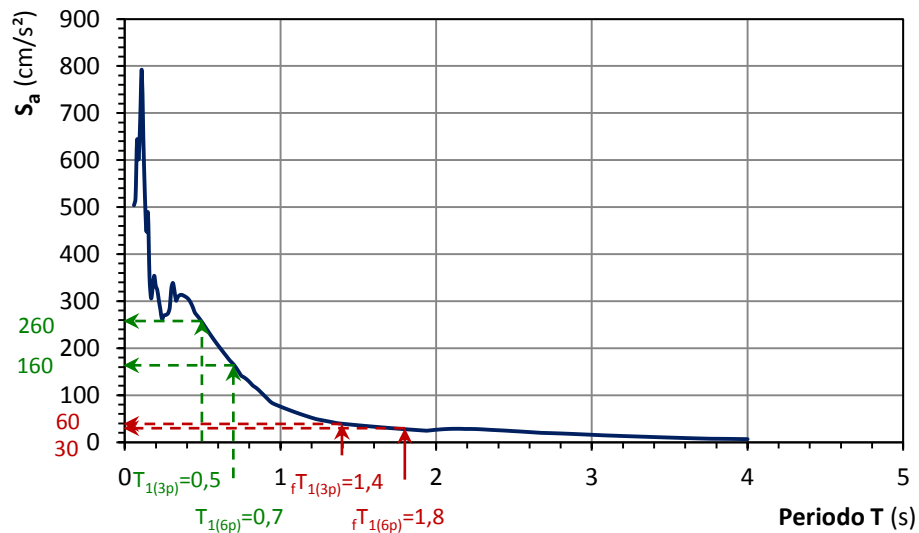


Fig. 4.3.3: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Ardal) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

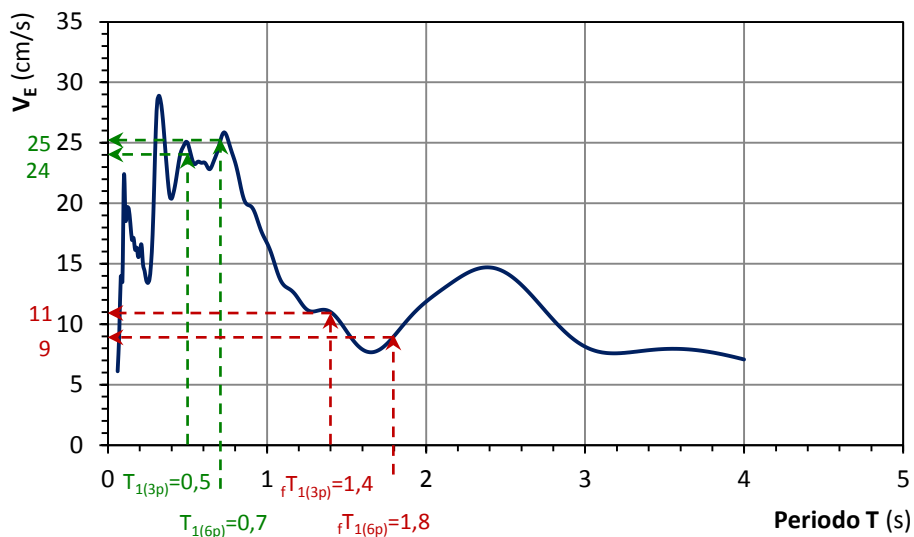


Fig. 4.3.4: Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Ardal) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.1: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	60	260	30	160
V_E (cm/s)	11	24	9	25

▪ **Acelerograma N°6 (Timfristos) $\Delta=9\text{Km}$**

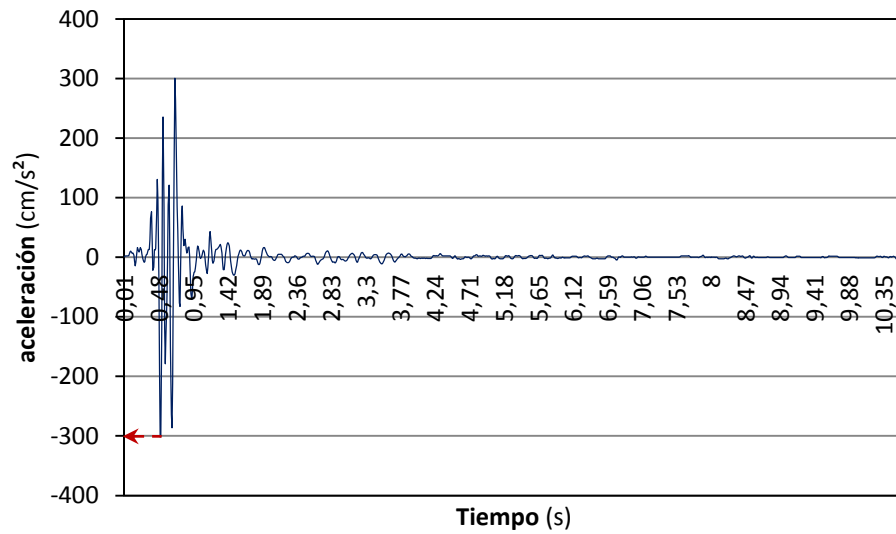


Fig. 4.3.5: Acelerograma N°6 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm}/s^2$

Aceleración máxima: $PGA = 301,89\text{cm}/s^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm}/s^2}{301,89\text{cm}/s^2} = \underline{0,6625}$

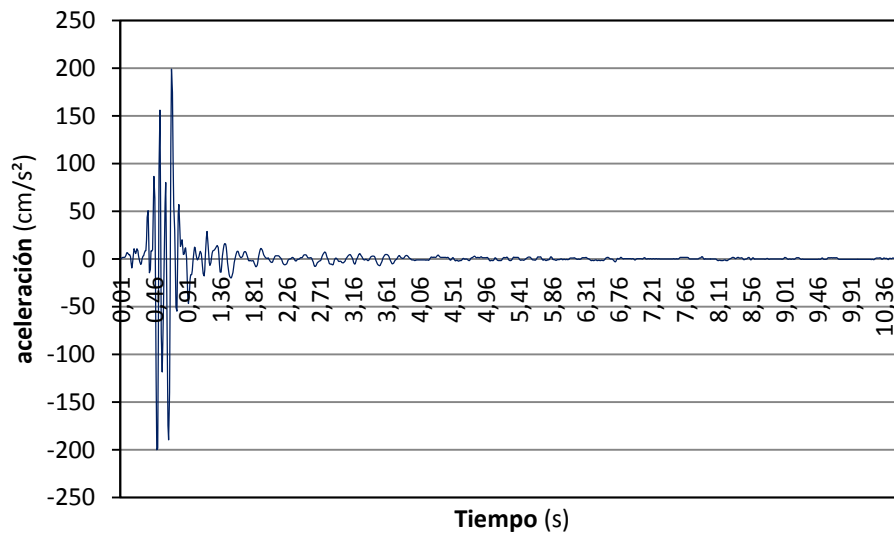


Fig. 4.3.6: Acelerograma N°6 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200\text{cm}/s^2$

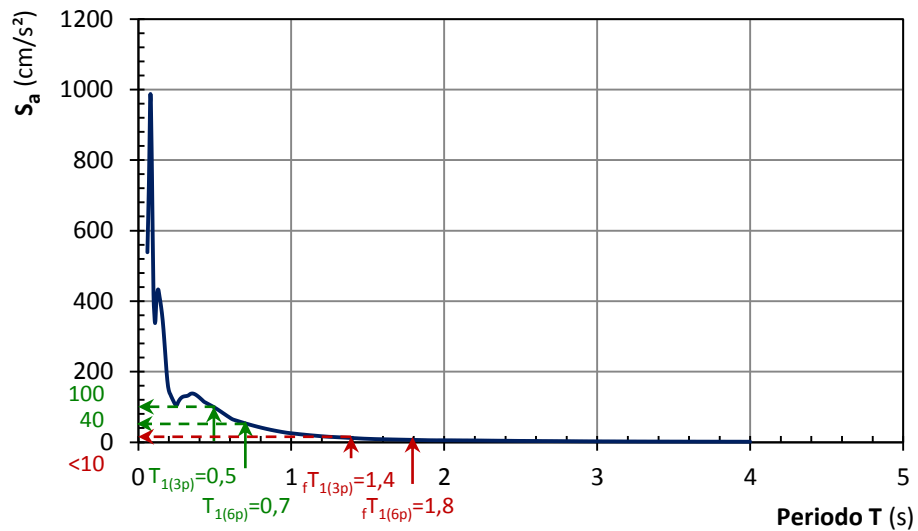


Fig. 4.3.7: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°6 (Timfristos) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

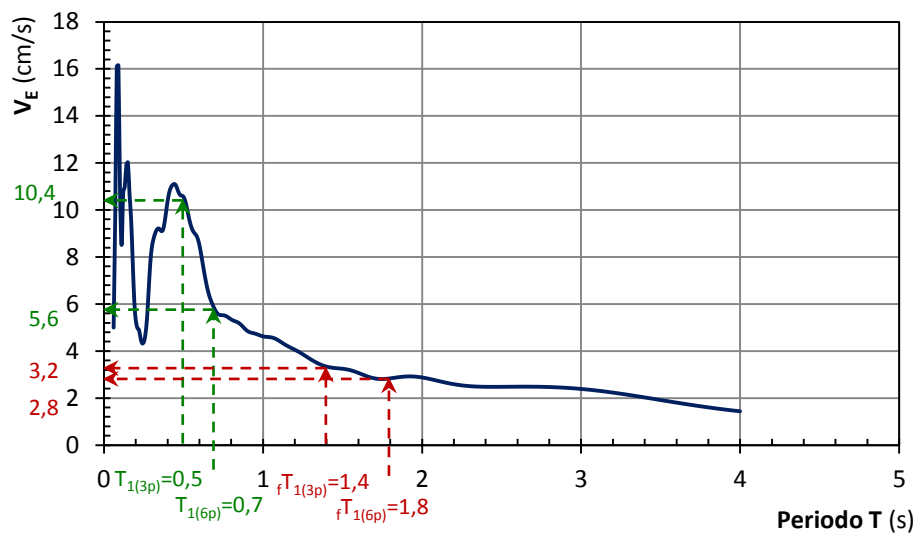


Fig. 4.3.8: Espectro de energía introducida del acelerograma N°6 (Timfristos) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.2: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	<10	100	<10	40
V_E (cm/s)	3,2	10,4	2,8	5,6

- **Acelerograma N°7 (Timfristos) $\Delta=8\text{Km}$**

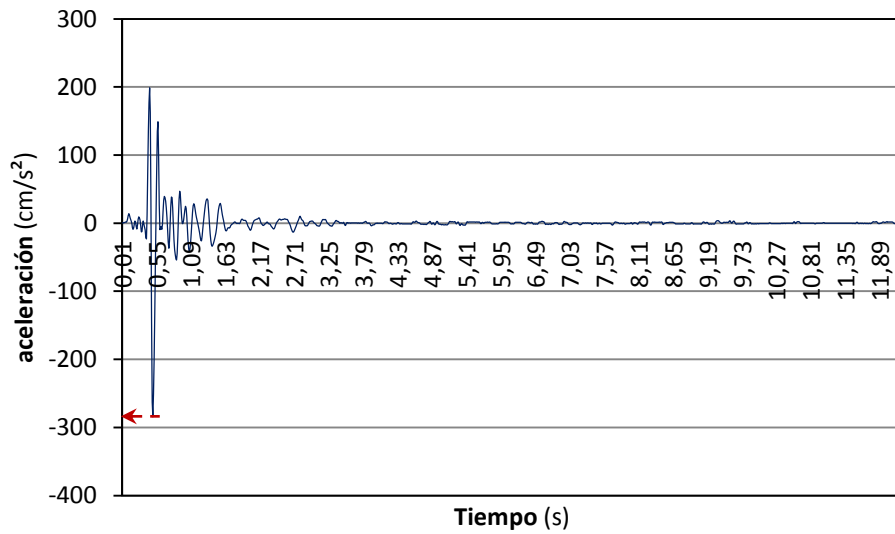


Fig. 4.3.9: Acelerograma N°7 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 284,55\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm/s}^2}{284,55\text{cm/s}^2} = \underline{0,7029}$

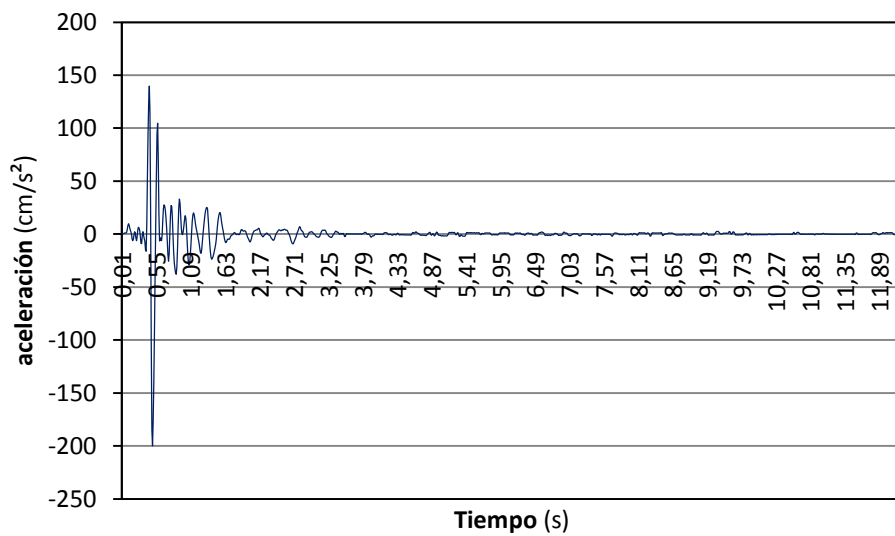


Fig. 4.3.10: Acelerograma N°7 (Timfristos), suelo tipo I, campo cercano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

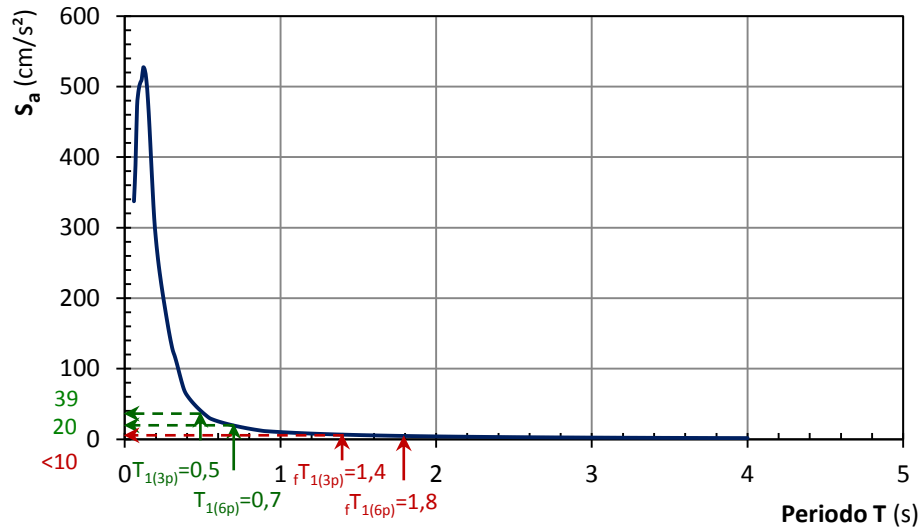


Fig. 4.3.11: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°7 (Timfristos) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

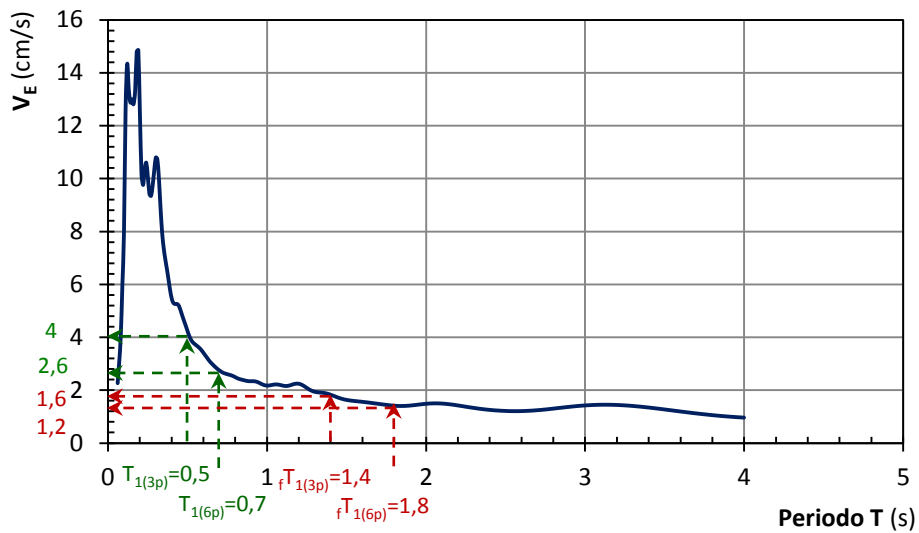


Fig. 4.3.12: Espectro de energía introducida del acelerograma N°7 (Timfristos) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.3: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	<10	39	<10	20
V_E (cm/s)	1,6	4	1,2	2,6

4.3.2. Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

- Acelerograma N°1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$

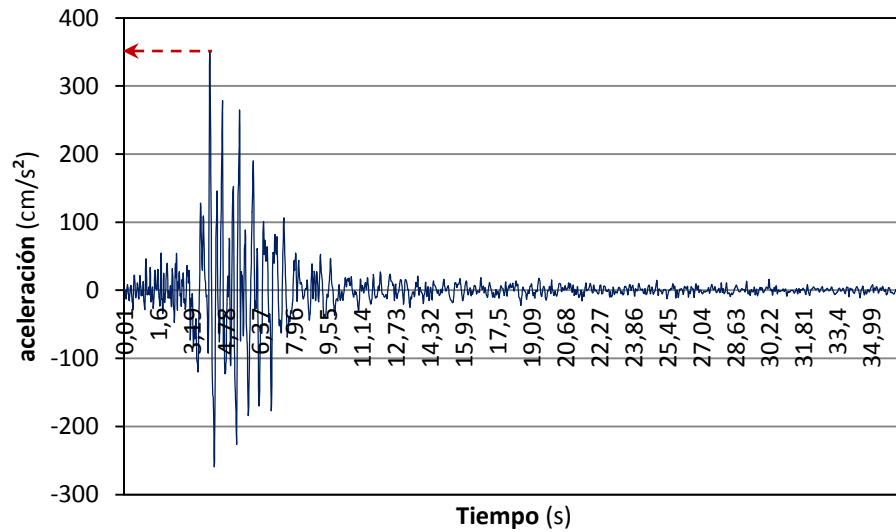
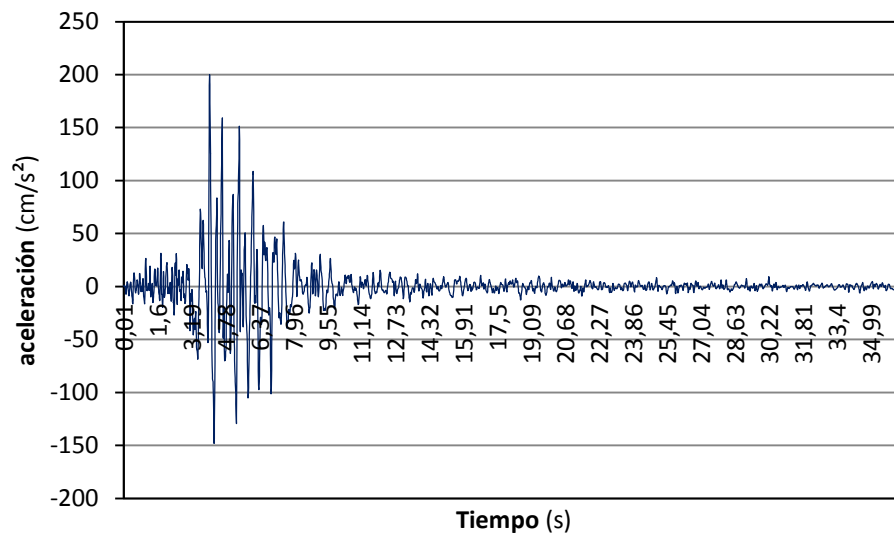


Fig. 4.3.13: Acelerograma N°1 (Friuli), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 349,85\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm/s}^2}{349,85\text{cm/s}^2} = \underline{0,5717}$

Fig. 4.3.14: Acelerograma N°1 (Friuli), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

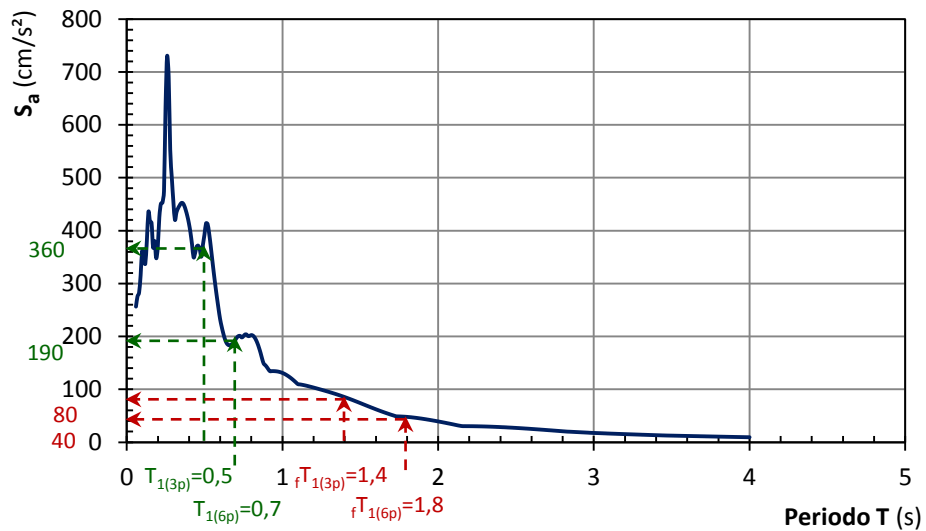


Fig. 4.3.15: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°1 (Friuli) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

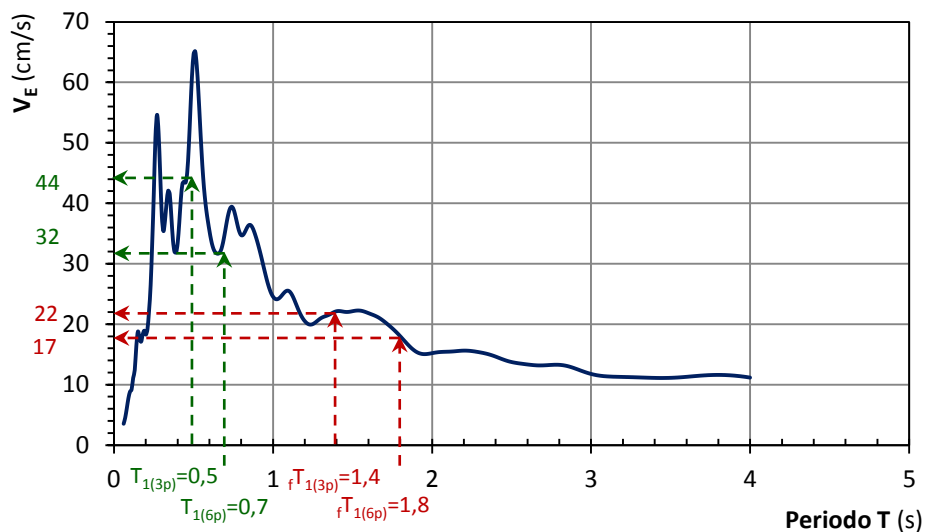


Fig. 4.3.16: Espectro de energía introducida del acelerograma N°1 (Friuli) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.4: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	80	360	40	190
V_E (cm/s)	22	44	17	32

- **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$**

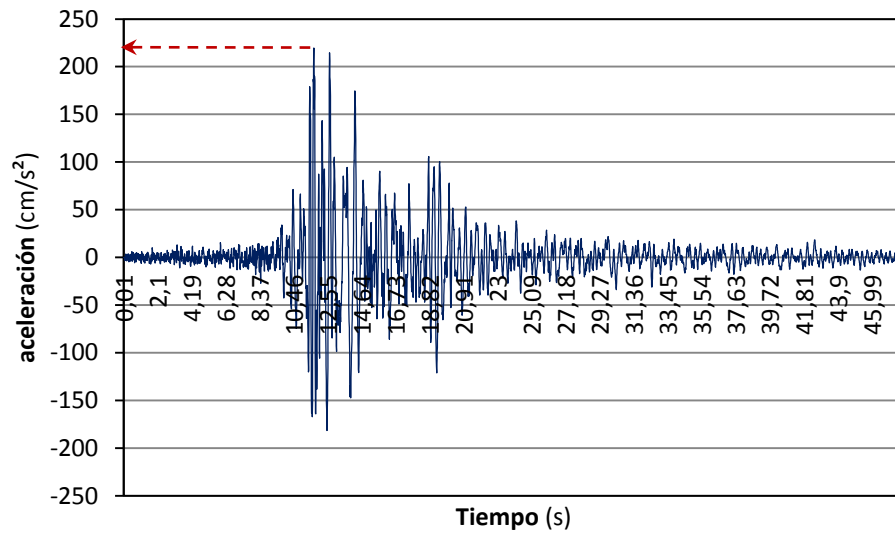


Fig. 4.3.17: Acelerograma N°4 (Montenegro), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 219,72\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm/s}^2}{219,72\text{cm/s}^2} = \underline{0,9102}$

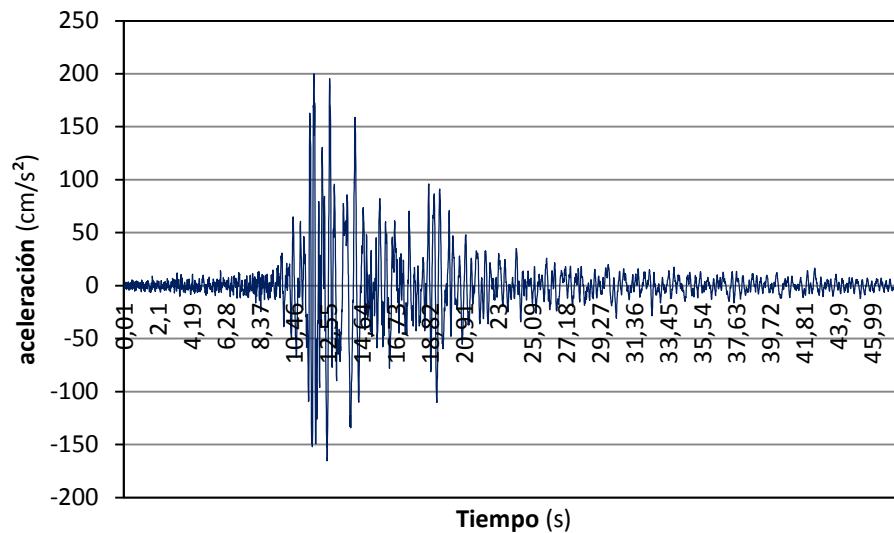


Fig. 4.3.18: Acelerograma N°4 (Montenegro), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

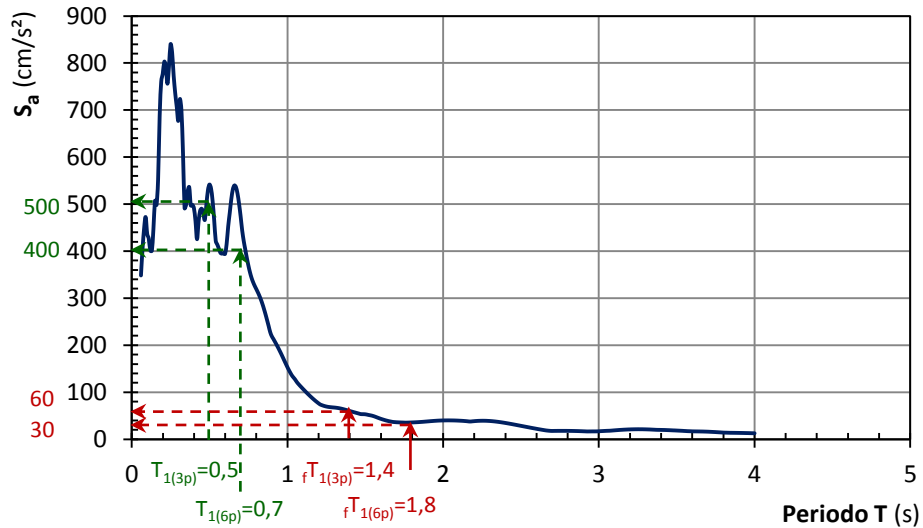


Fig. 4.3.19: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°4 (Montenegro) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

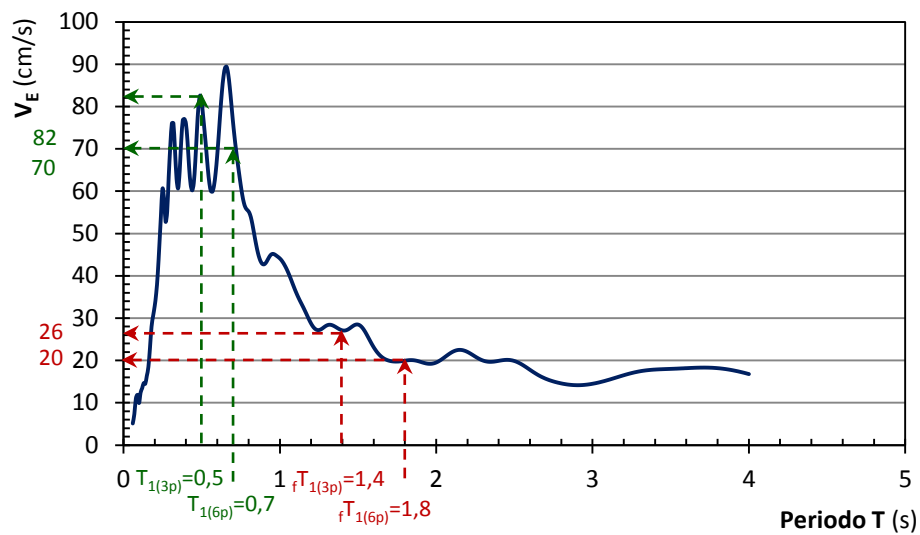


Fig. 4.3.20: Espectro de energía introducida del acelerograma N°4 (Montenegro) escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.5: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s^2)	60	500	30	400
V_E (cm/s)	26	82	20	70

- Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$

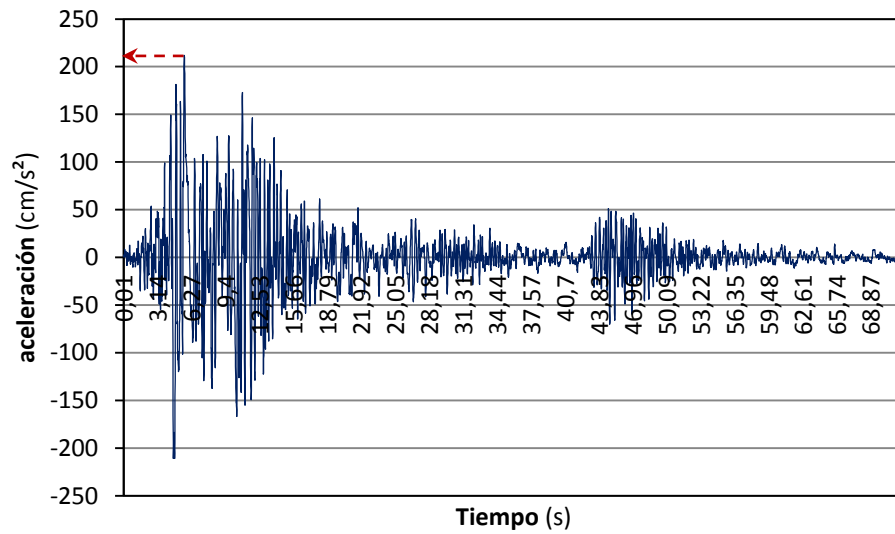


Fig. 4.3.21: Acelerograma N°5 (Campano Lucano), suelo tipo I, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 200\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 212,06\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{200\text{cm/s}^2}{212,06\text{cm/s}^2} = \underline{0,9431}$

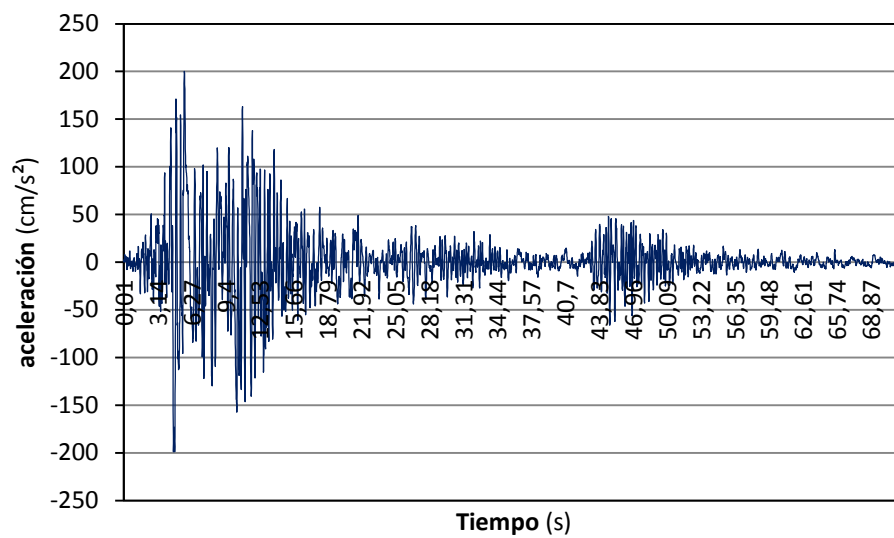


Fig. 4.3.22: Acelerograma N°5 (Campano alucano), suelo tipo I, campo lejano, escalado a $PGA=200\text{cm/s}^2$

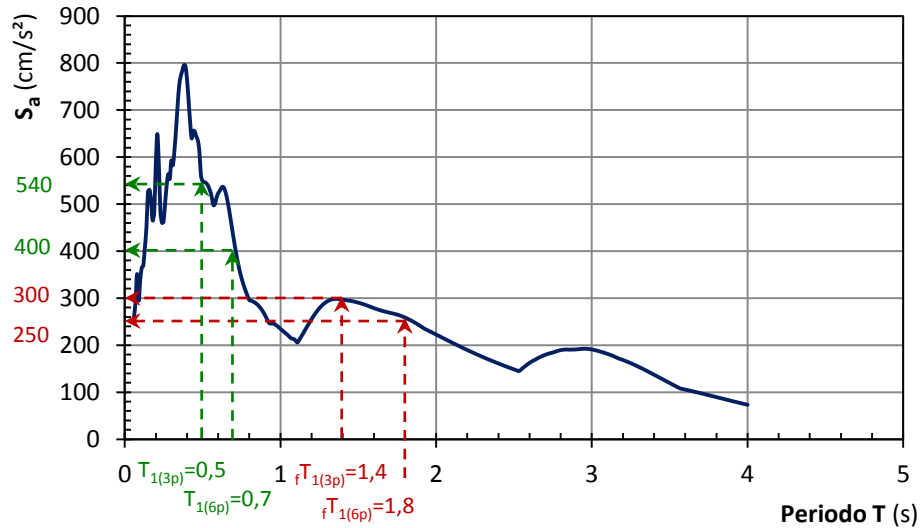


Fig. 4.3.23: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°5 (Campano Lucano) escalado a $PGA=200cm/s^2$

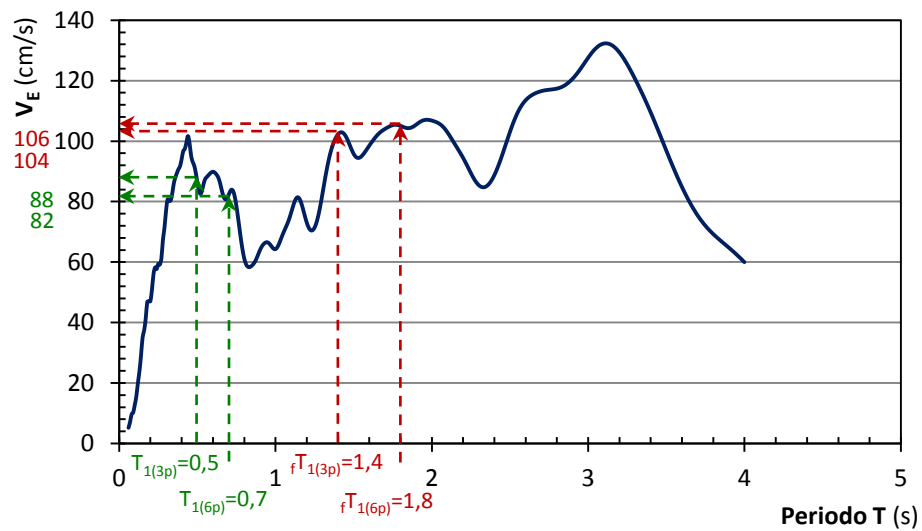


Fig. 4.3.24: Espectro de energía introducida del acelerograma N°5 (Campano Lucano) escalado a $PGA=200cm/s^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.6: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	300	540	250	400
V_E (cm/s)	104	88	106	82

4.3.3. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

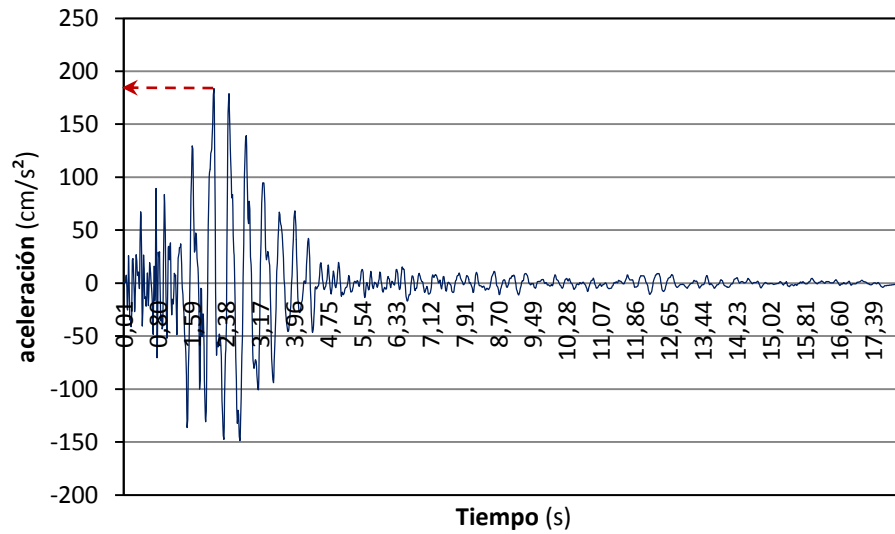
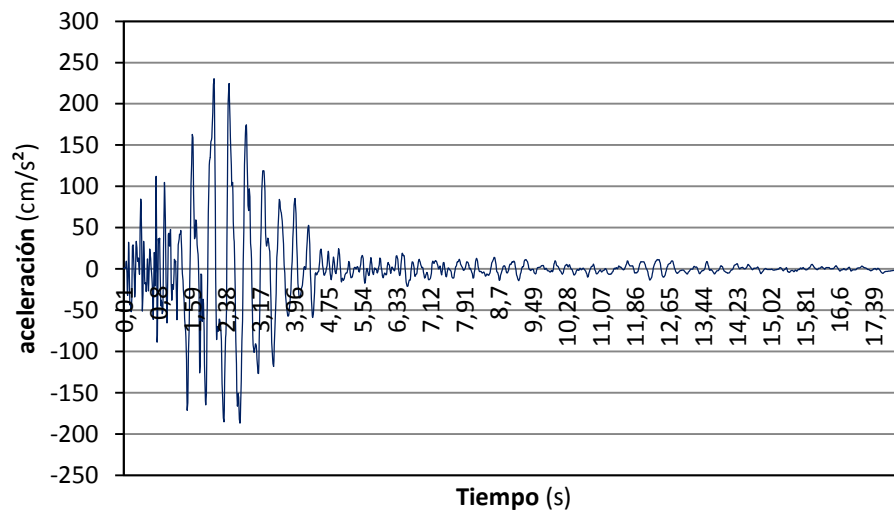
▪ Acelerograma N°1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$ 

Fig. 4.3.25: Acelerograma N°1 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 183,61\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{183,61\text{cm/s}^2} = \underline{1,2554}$

Fig. 4.3.26: Acelerograma N°1 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

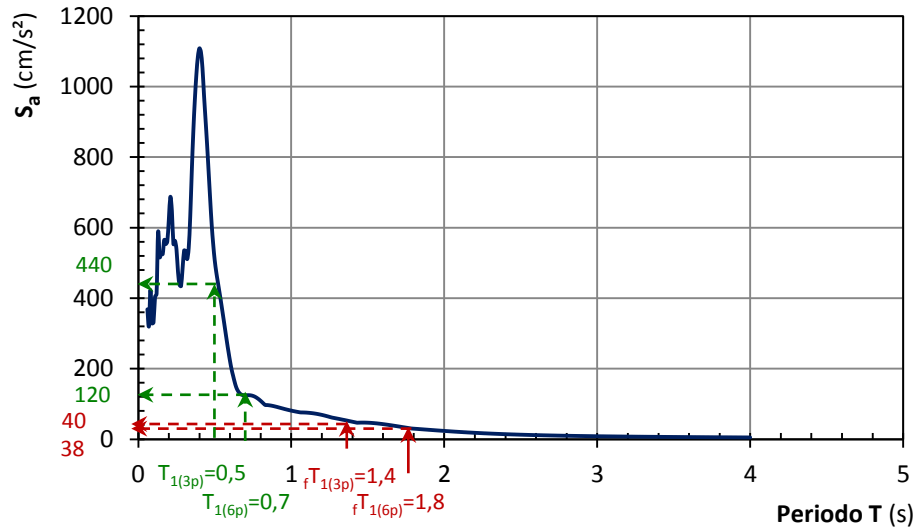


Fig. 4.3.27: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°1 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

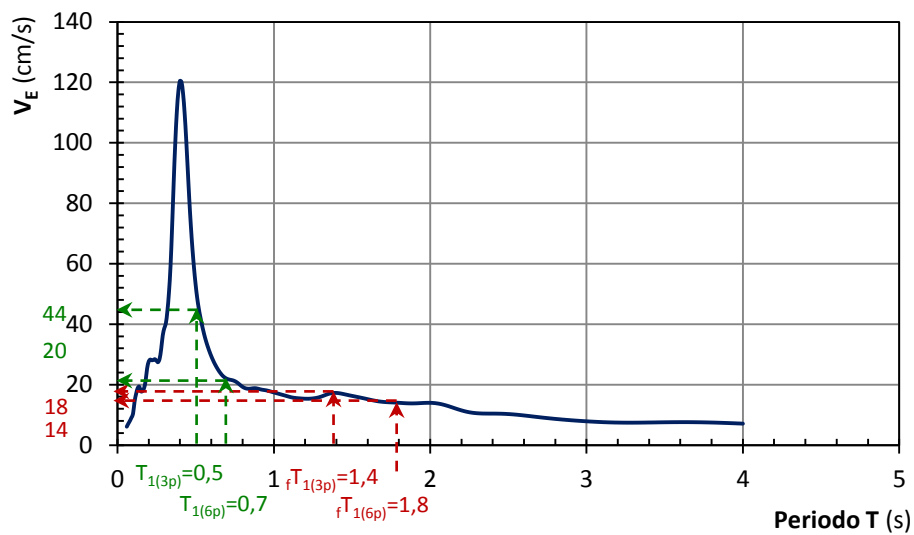


Fig. 4.3.28: Espectro de energía introducida del acelerograma N°1 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.7: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s ²)	40	440	38	120
V_E (cm/s)	18	44	14	20

▪ **Acelerograma N°8 (Friuli aftershock) $\Delta=5\text{Km}$**

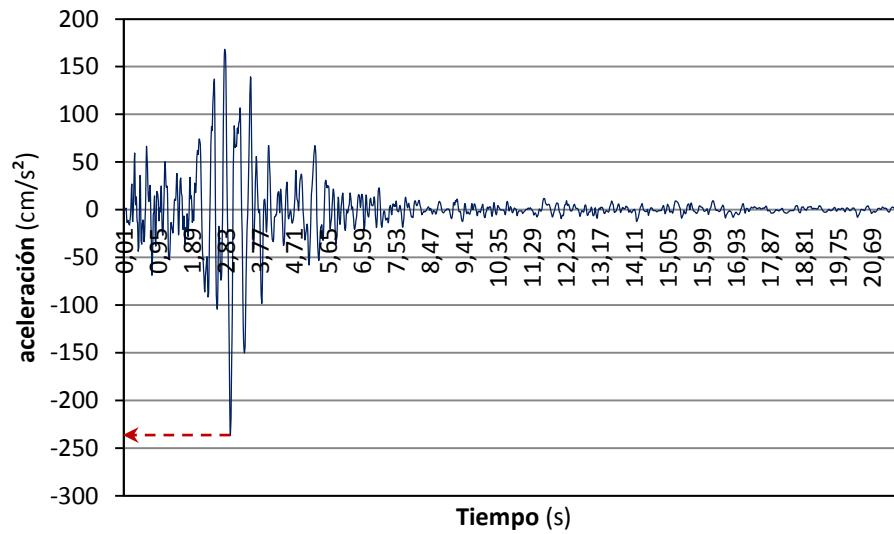


Fig. 4.3.29: Acelerograma N°8 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 236,53\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{236,53\text{cm/s}^2} = \underline{0,9745}$

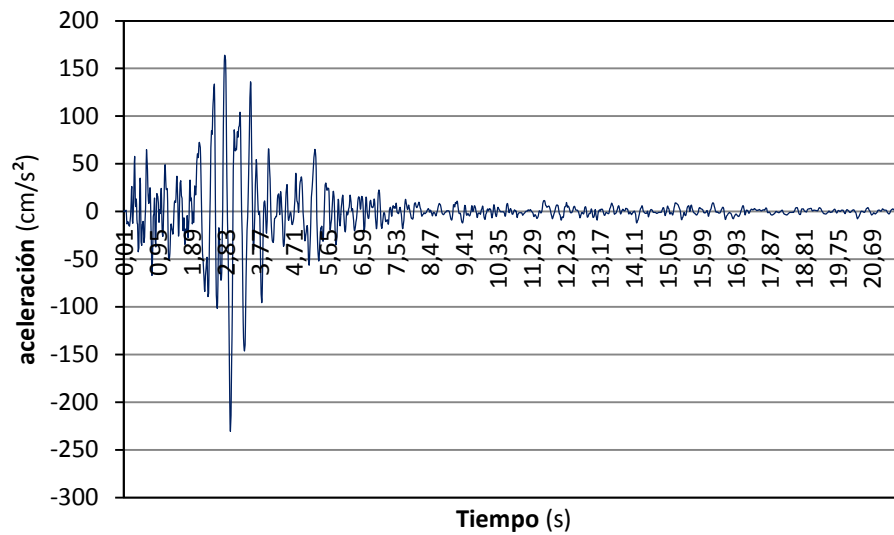


Fig. 4.3.30: Acelerograma N°8 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

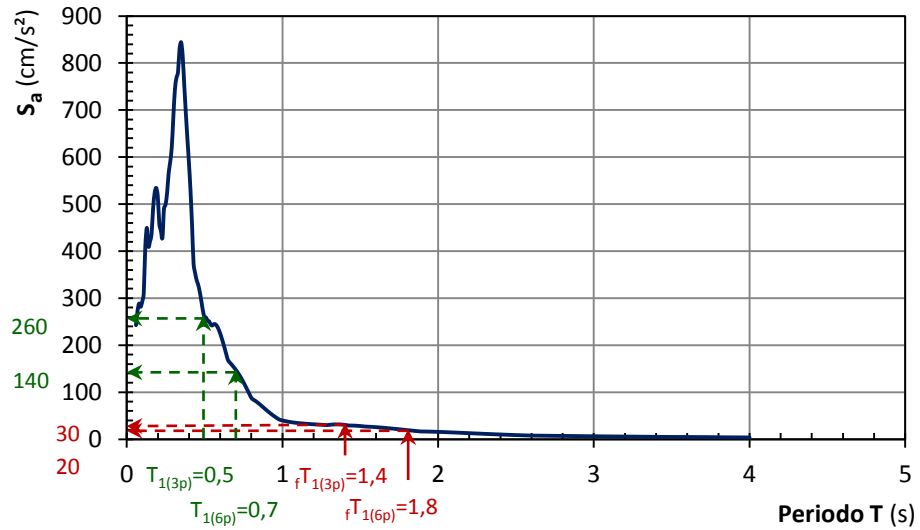


Fig. 4.3.31: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°8 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

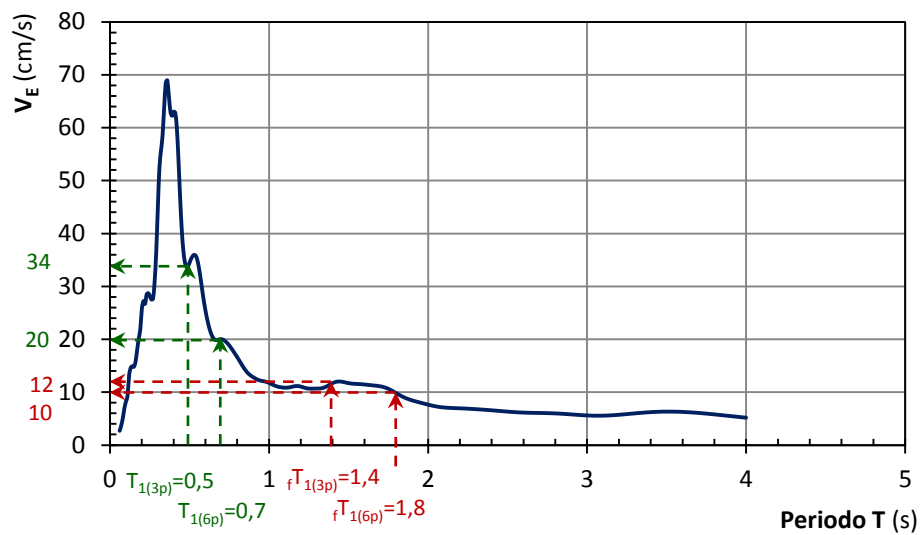


Fig. 4.3.32: Espectro de energía introducida del acelerograma N°8 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.8: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	30	260	20	140
V_E (cm/s)	12	34	10	20

- **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$**

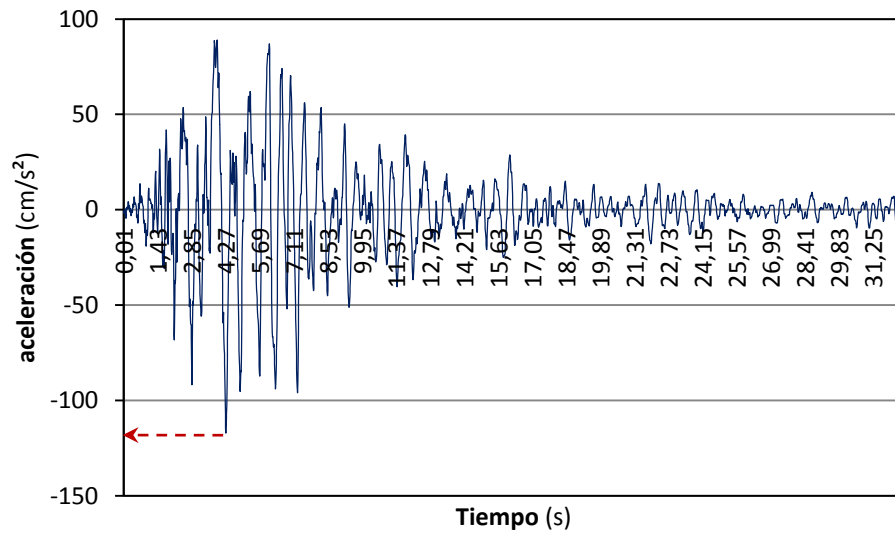


Fig. 4.3.33 Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 117,23\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{117,23\text{cm/s}^2} = 1,9662$

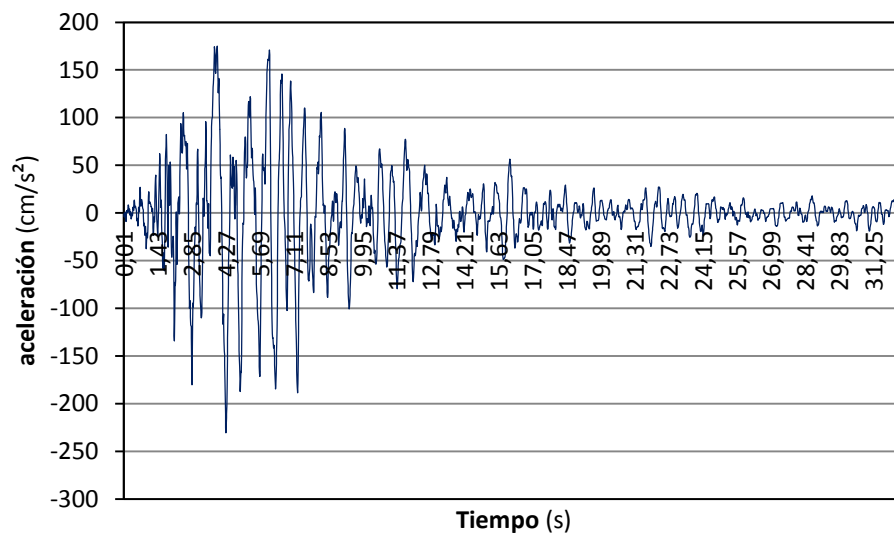


Fig. 4.3.34: Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo cercano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

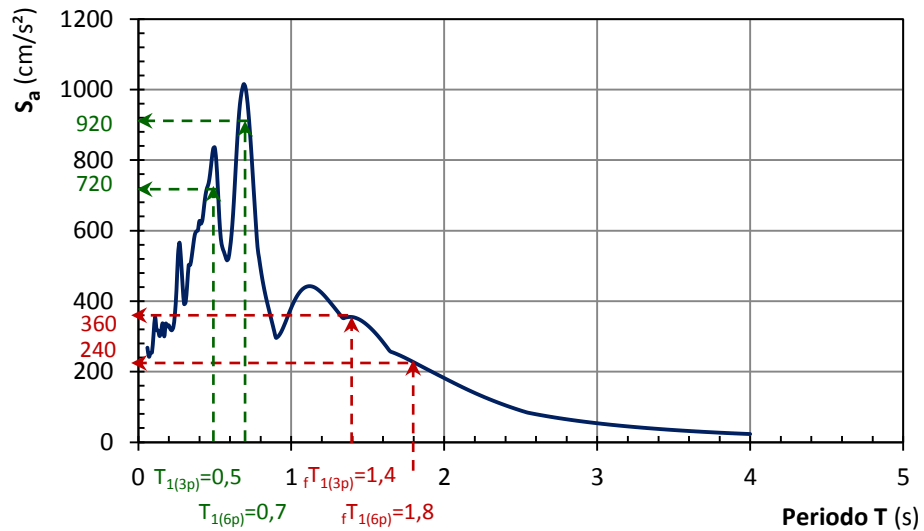


Fig. 4.3.35: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

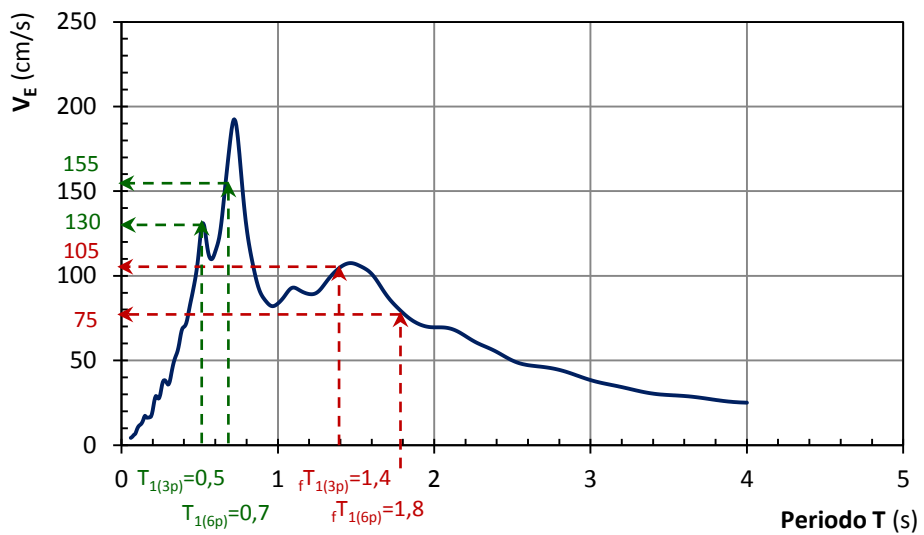


Fig. 4.3.36: Espectro de energía introducida del acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.9: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	360	720	240	920
V_E (cm/s)	105	130	75	155

4.3.4. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla)

- Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$

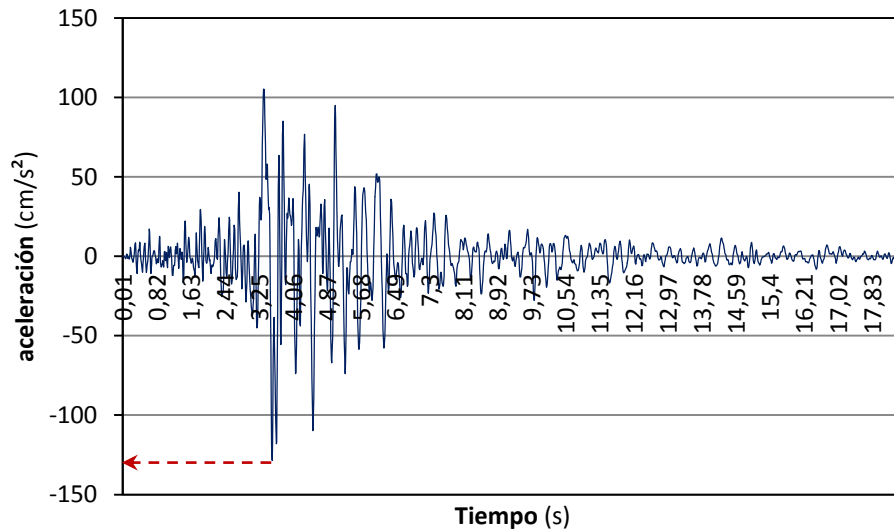


Fig. 4.3.37: Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 128,56\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{128,56\text{cm/s}^2} = 1,7929$

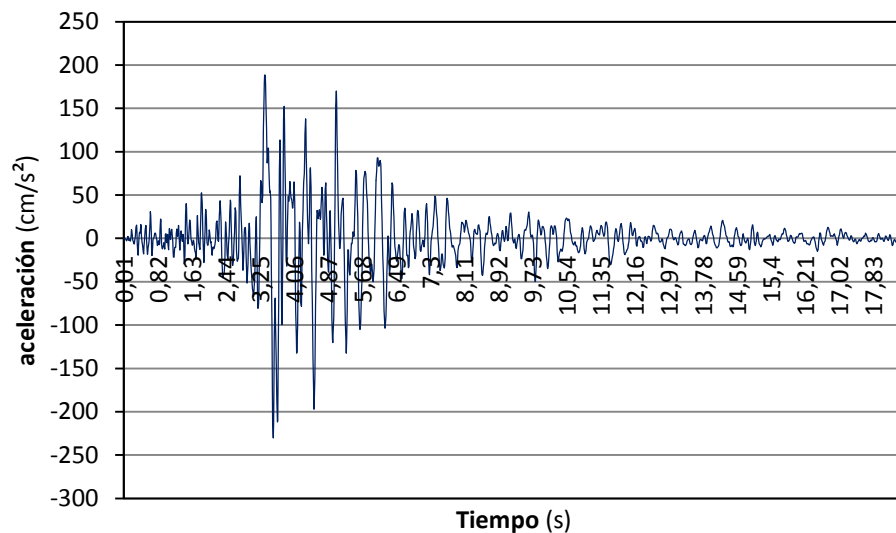


Fig. 4.3.38: Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

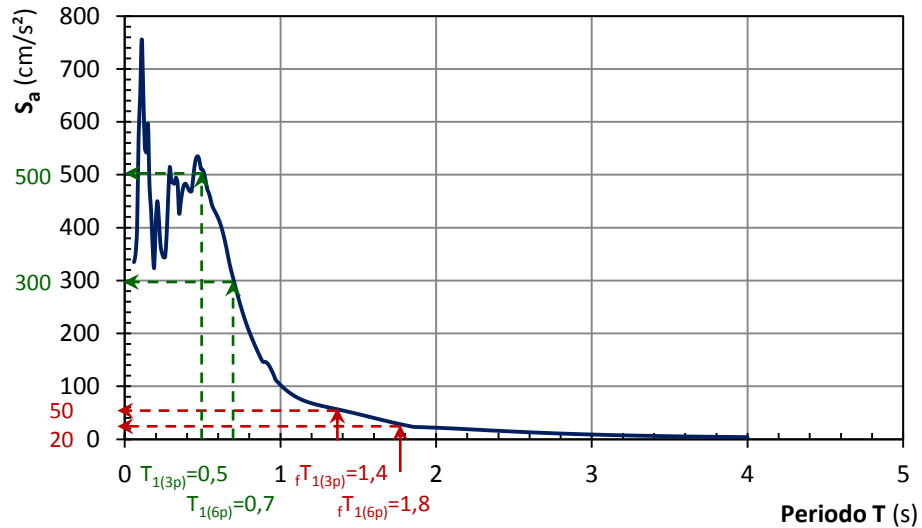


Fig. 4.3.39: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

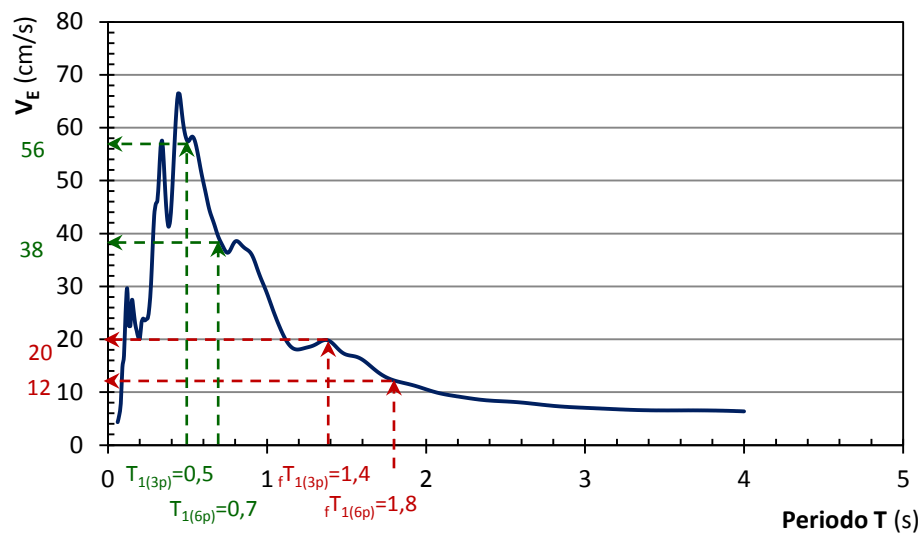


Fig. 4.3.40: Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.10: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	50	500	20	300
V_E (cm/s)	20	56	12	38

- **Acelerograma N°4 (Friuli aftershock) $\Delta=17\text{Km}$**

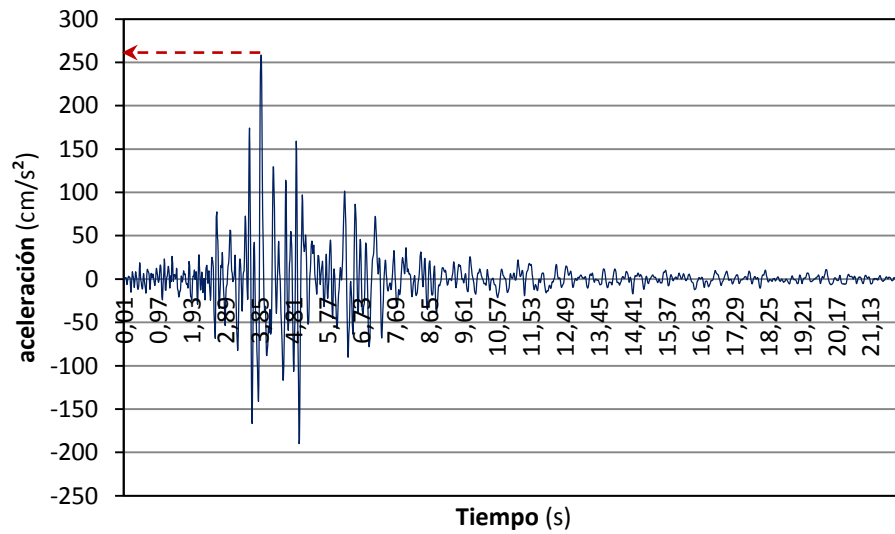


Fig. 4.3.41: Acelerograma N°4 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 258,64\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{258,64\text{cm/s}^2} = \underline{0,8912}$

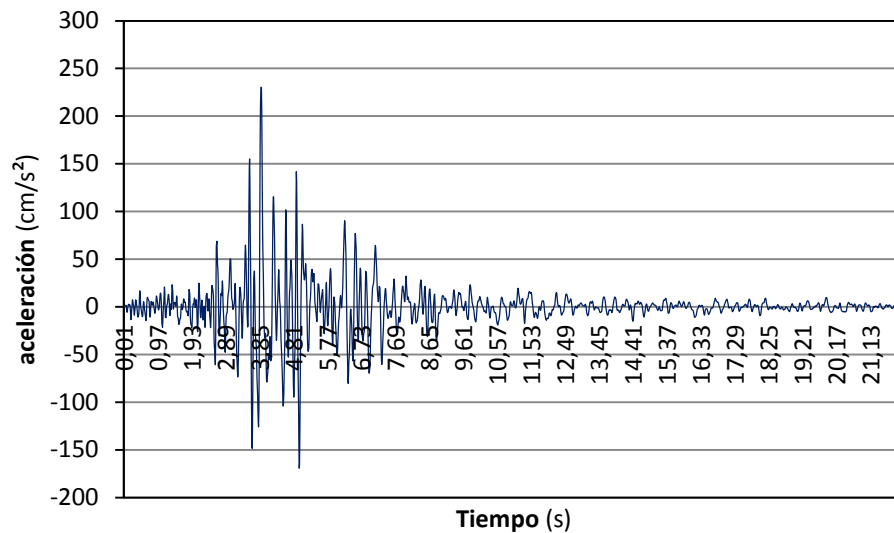


Fig. 4.3.42: Acelerograma N°4 (Friuli aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

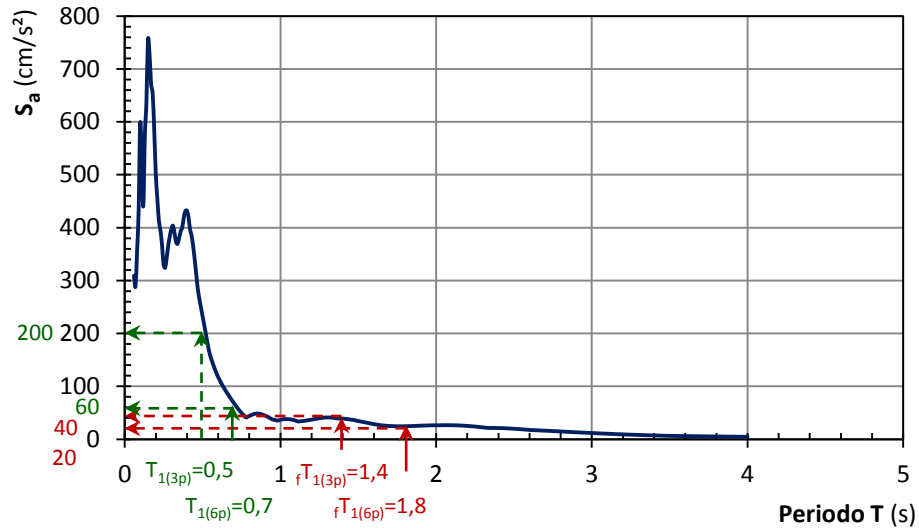


Fig. 4.3.43: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°4 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

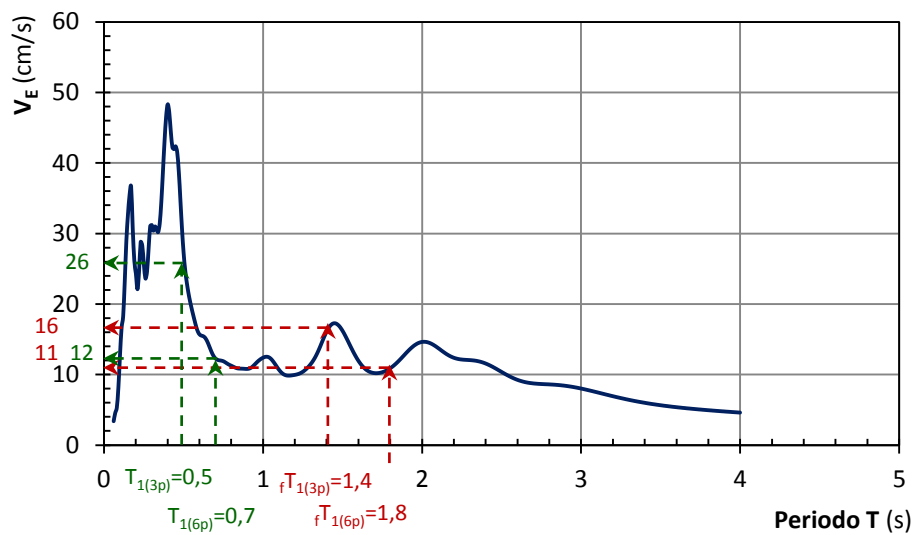


Fig. 4.3.44: Espectro de energía introducida del acelerograma N°4 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=230,5cm/s^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.11: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	40	200	20	60
V_E (cm/s)	16	26	11	12

- **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$**

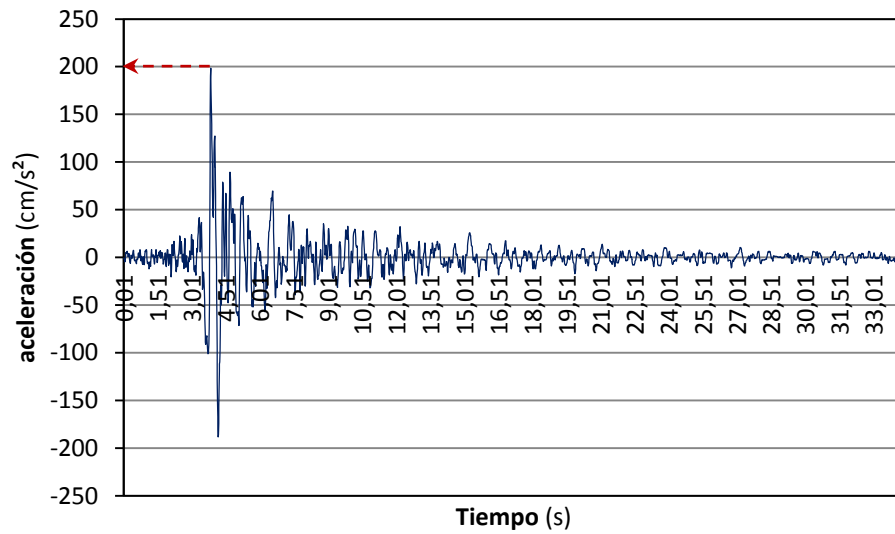


Fig. 4.3.45: Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 230,5\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 198,54\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{230,5\text{cm/s}^2}{198,54\text{cm/s}^2} = \underline{1,1610}$

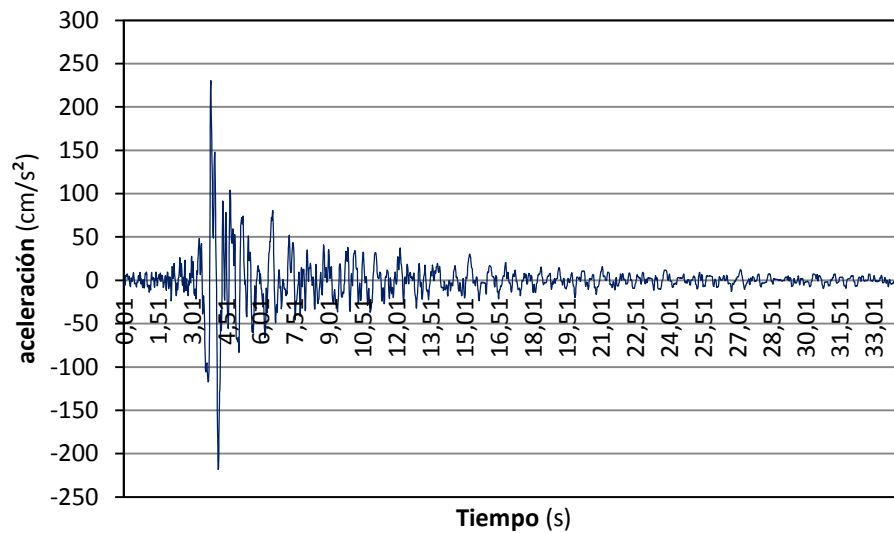


Fig. 4.3.46: Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock), suelo tipo II, campo lejano, escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

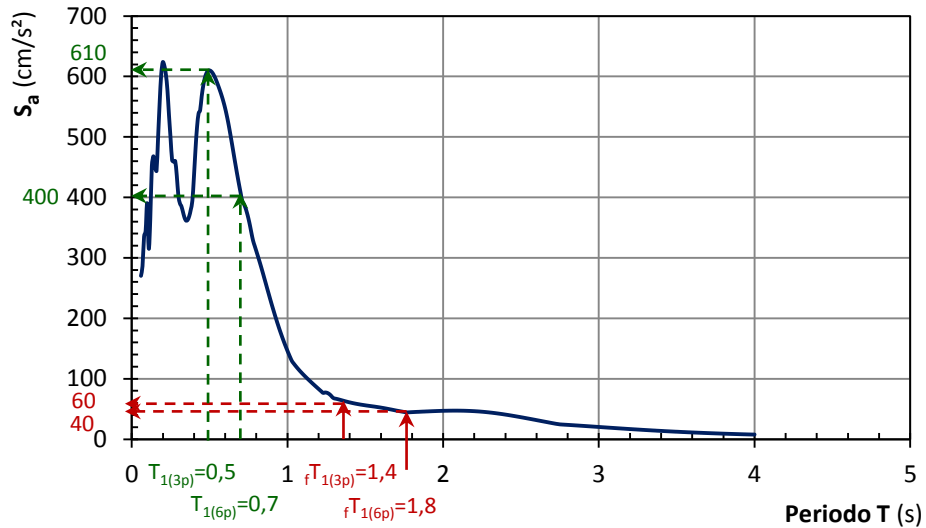


Fig. 4.3.47: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

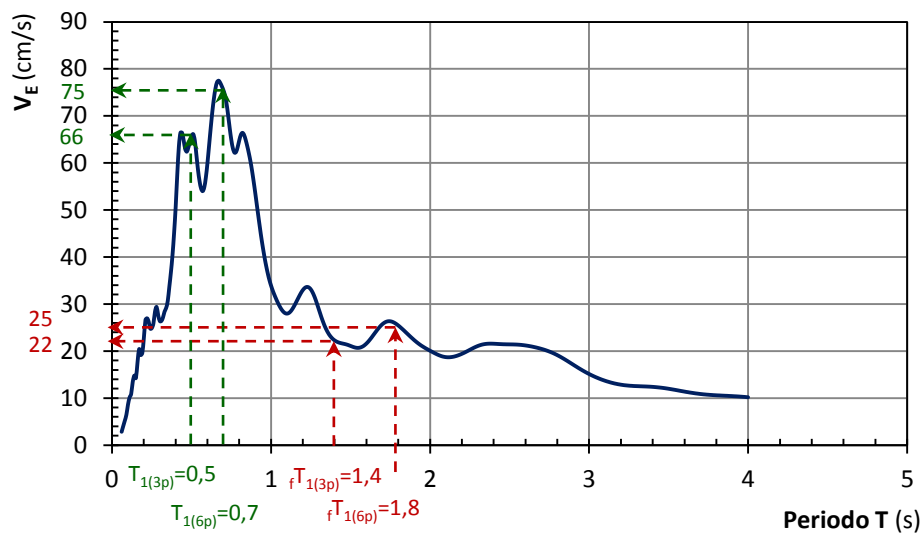


Fig. 4.3.48: Espectro de energía introducida del acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) escalado a $PGA=230,5\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta \$S_a\$ y de energía \$V_E\$, para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.12: Ordenadas del espectro elástico de respuesta \$S_a\$ y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	\$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}\$	\$T_{1(3p)}=0,5\text{s}\$	\$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}\$	\$T_{1(6p)}=0,7\text{s}\$
\$S_a\$ (\$\text{cm/s}^2\$)	60	610	40	400
\$V_E\$ (cm/s)	22	66	25	75

4.3.5. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

- Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$

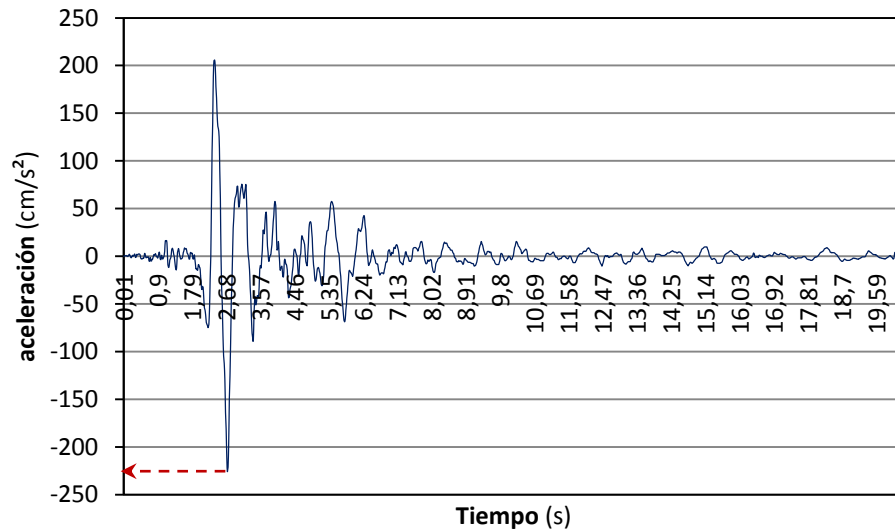


Fig. 4.3.49: Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 226,05\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{226,05\text{cm/s}^2} = \underline{1,1564}$

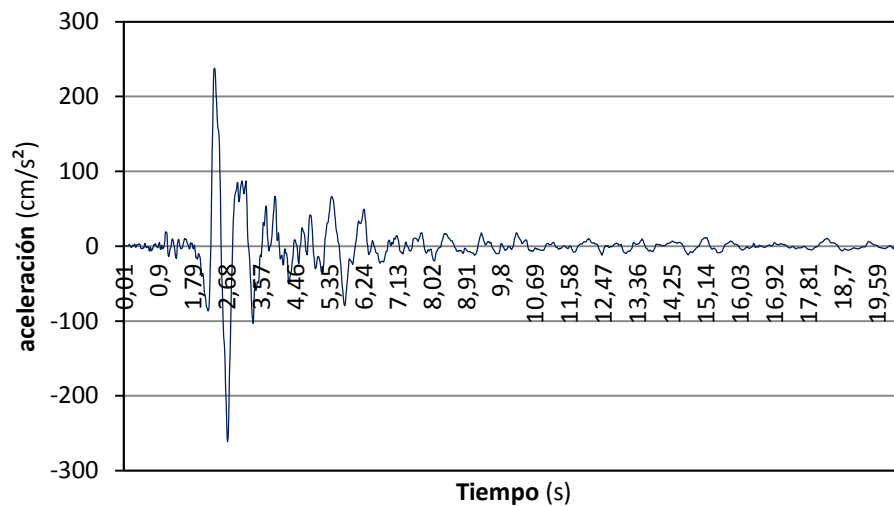


Fig. 4.3.50: Acelerograma N°2 (Friuli aftershock), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

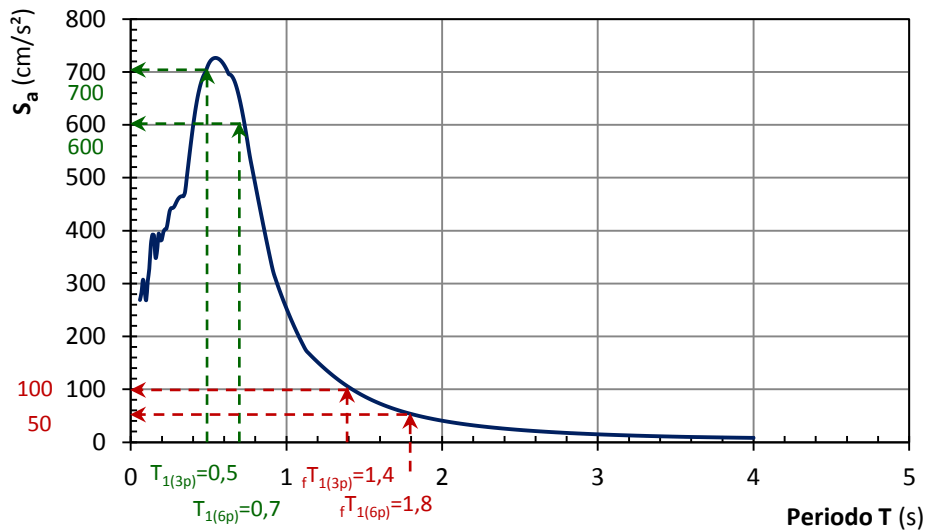


Fig. 4.3.51: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

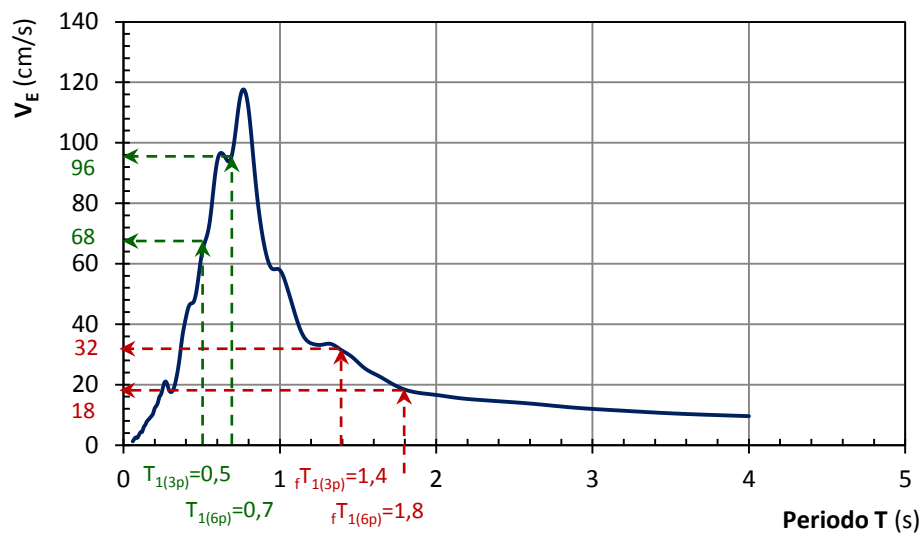


Fig. 4.3.52: Espectro de energía introducida del acelerograma N°2 (Friuli aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.13: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	100	700	50	600
V_E (cm/s)	32	68	18	96

- **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

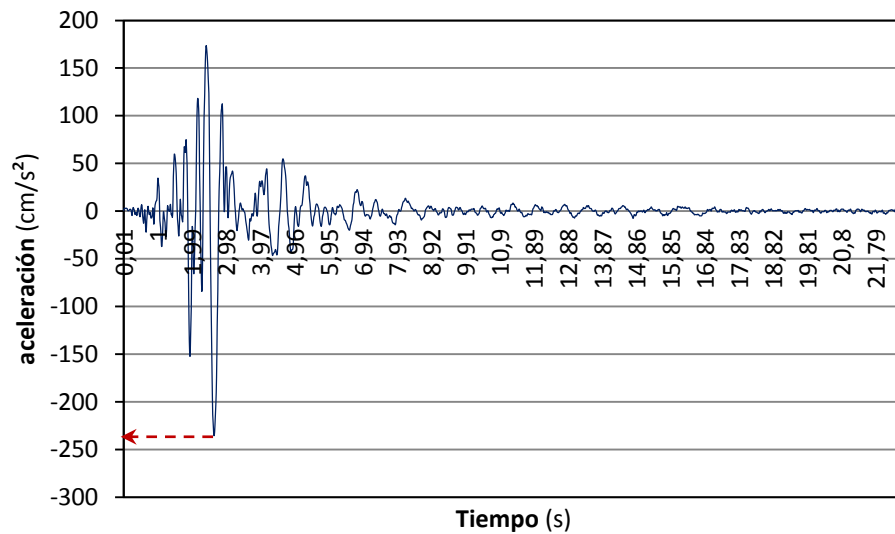


Fig. 4.3.53: Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 235,53\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{235,53\text{cm/s}^2} = \underline{1,1098}$

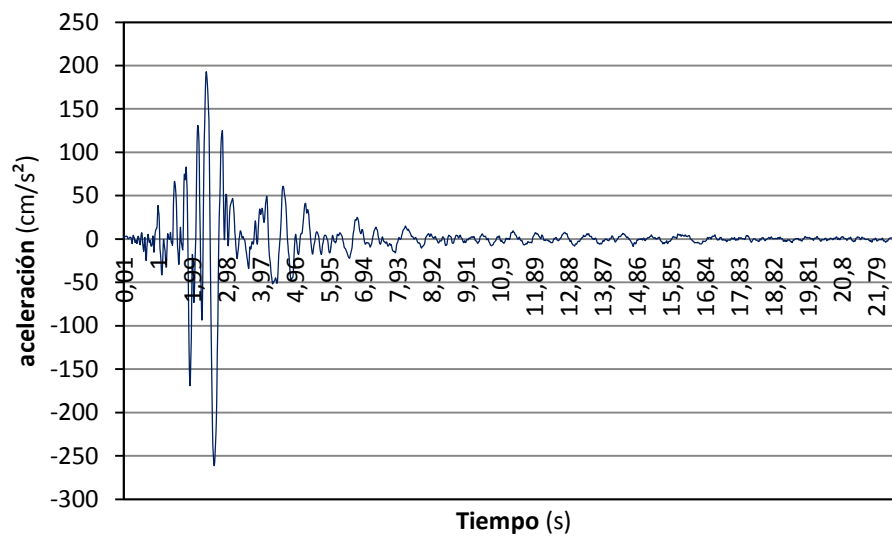


Fig. 4.3.54: Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

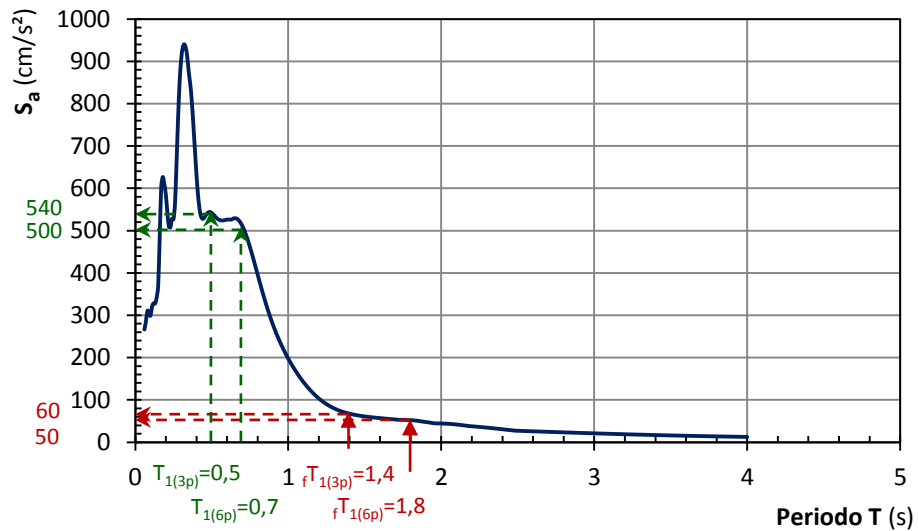


Fig. 4.3.55: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

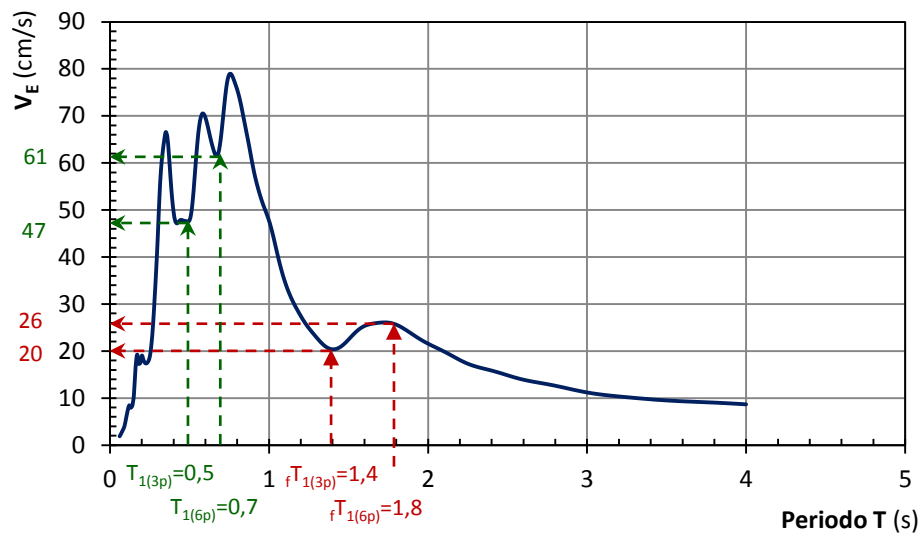


Fig. 4.3.56: Espectro de energía introducida del acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.14: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	60	540	50	500
V_E (cm/s)	20	47	26	61

- **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

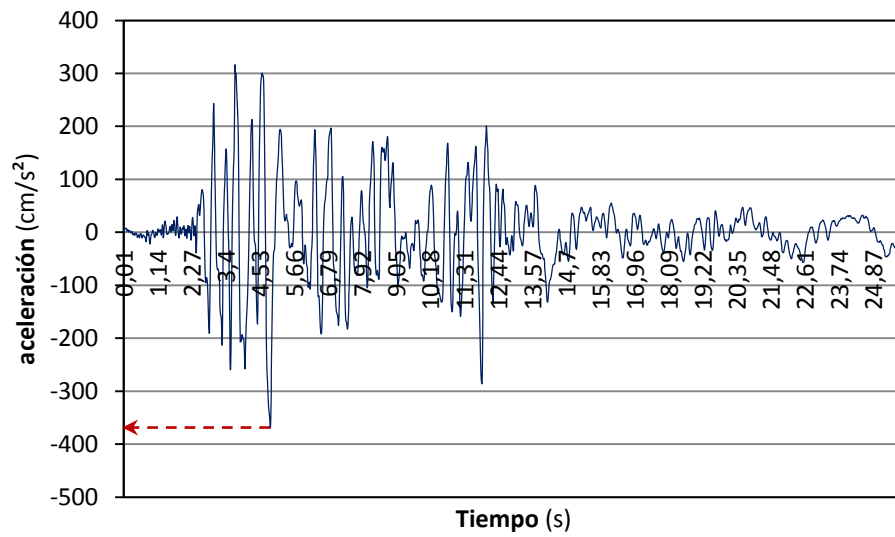


Fig. 4.3.57: Acelerograma N°12 (Duzce 1), suelo tipo III, campo cercano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 369,88\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{369,88\text{cm/s}^2} = \underline{0,7067}$

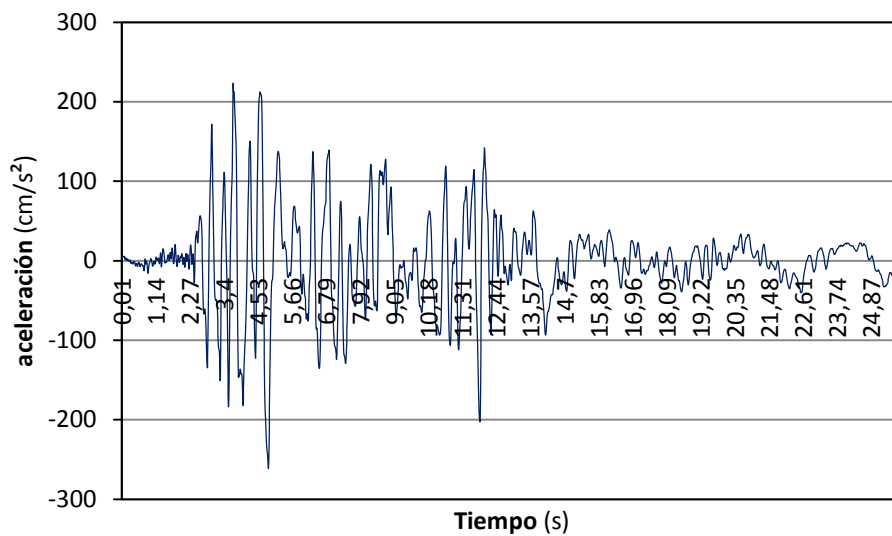


Fig. 4.3.58: Acelerograma N°12 (Duzce 1), suelo tipo III, campo cercano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

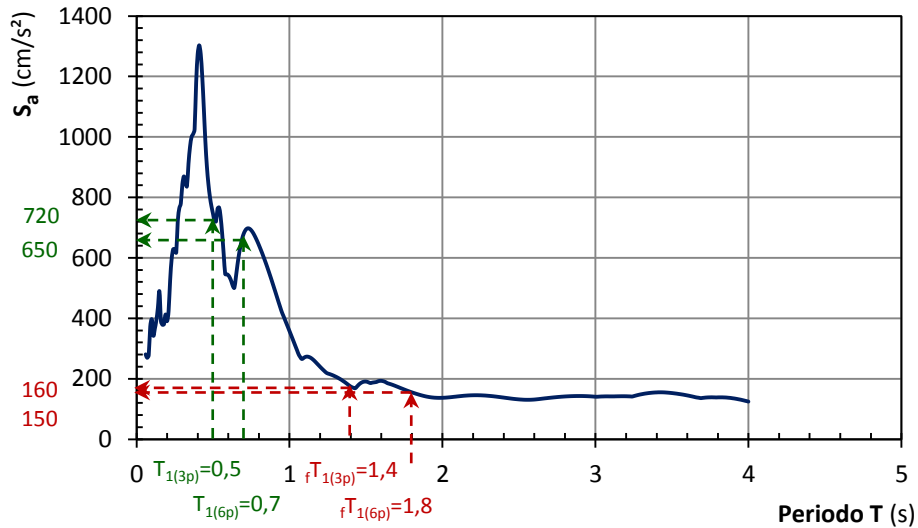


Fig. 4.3.59: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°12 (Duzce 1) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

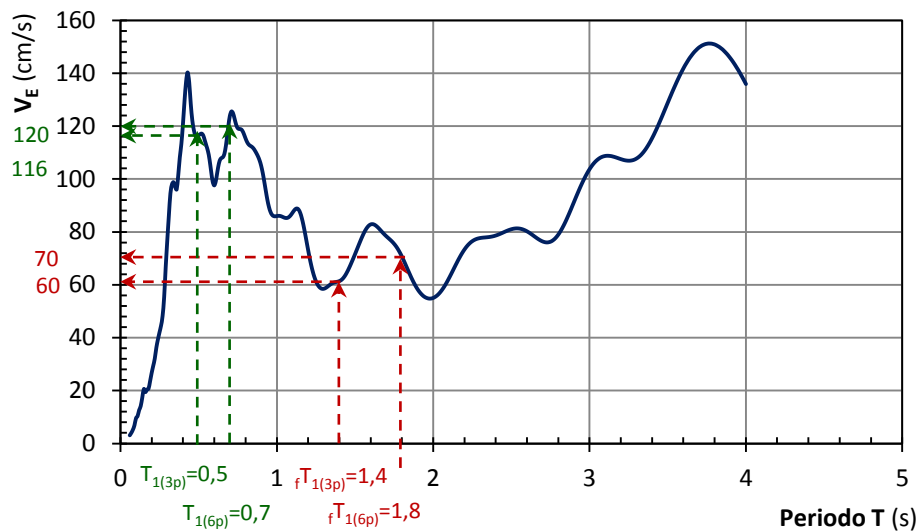


Fig. 4.3.60: Espectro de energía introducida del acelerograma N°12 (Duzce 1) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.15: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4\text{s}$	$T_{1(3p)}=0,5\text{s}$	$fT_{1(6p)}=1,8\text{s}$	$T_{1(6p)}=0,7\text{s}$
S_a (cm/s^2)	160	720	150	650
V_E (cm/s)	60	116	70	120

4.3.6. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$**

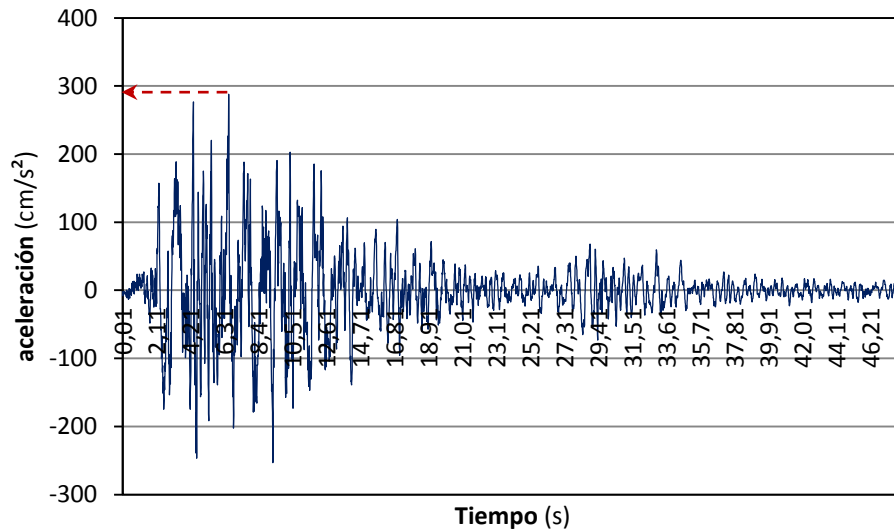
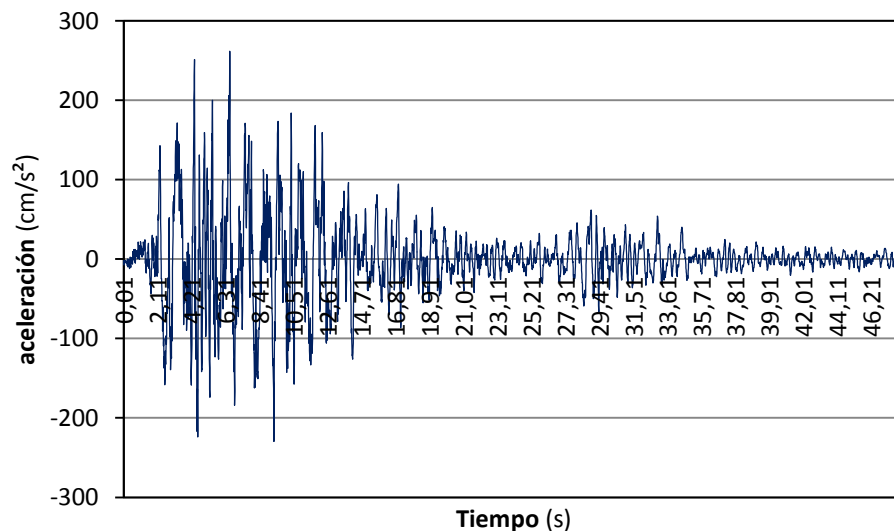


Fig. 4.3.61: Acelerograma N°3 (Montenegro), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 287,97\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{287,97\text{cm/s}^2} = \underline{0,9077}$

Escalado acelerograma:Fig. 4.3.62: Acelerograma N°3 (Montenegro), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

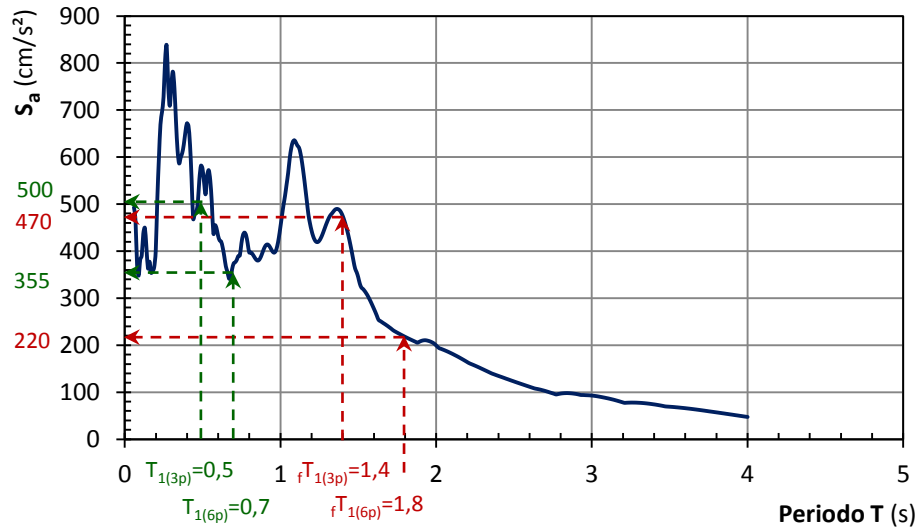


Fig. 4.3.63: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°3 (Montenegro) escalado a $PGA=261,4cm/s^2$

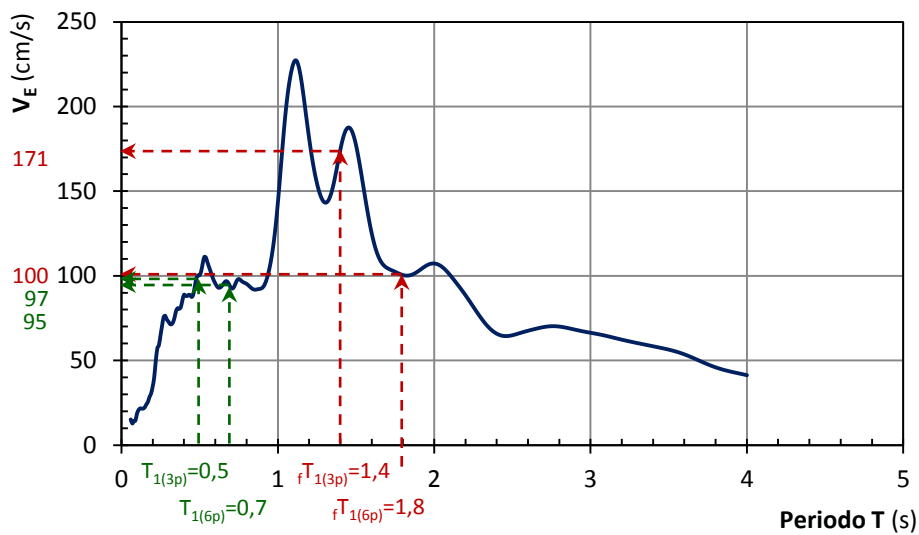


Fig. 4.3.64: Espectro de energía introducida del acelerograma N°3 (Montenegro) escalado a $PGA=261,4cm/s^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.16: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	470	500	220	335
V_E (cm/s)	60	116	70	120

▪ **Acelerograma N°8 (Sicilia-Oriente) $\Delta=24\text{Km}$**

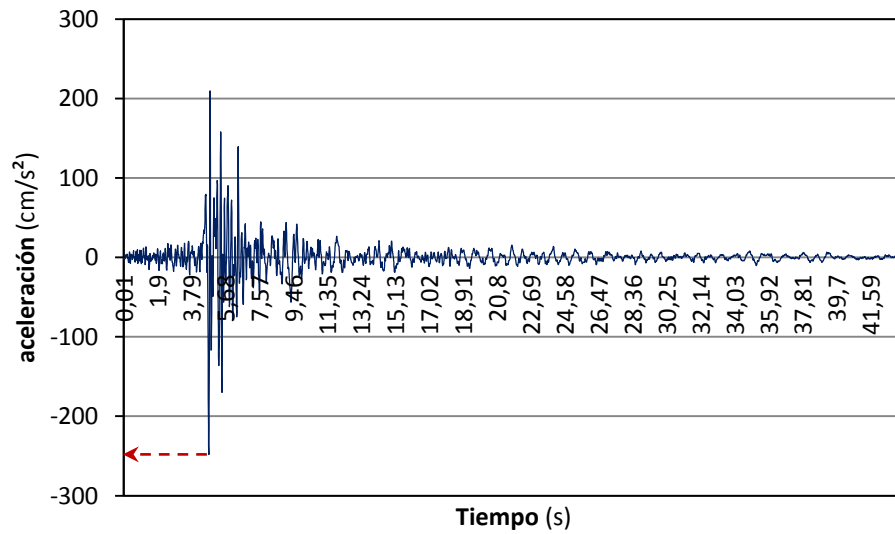


Fig. 4.3.65: Acelerograma N°8 (Sicilia-Oriente), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 248,27\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{248,27\text{cm/s}^2} = \underline{1,0529}$

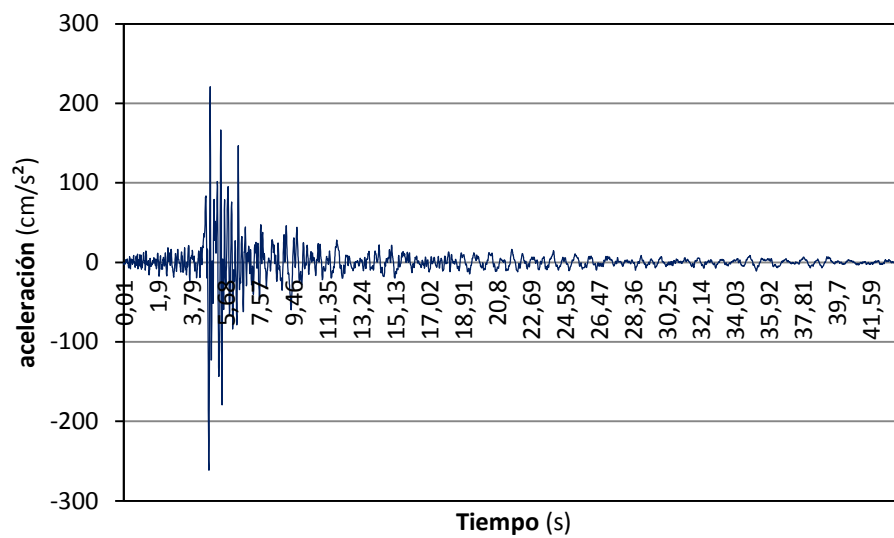


Fig. 4.3.66: Acelerograma N°8 (Sicilia-Oriente), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

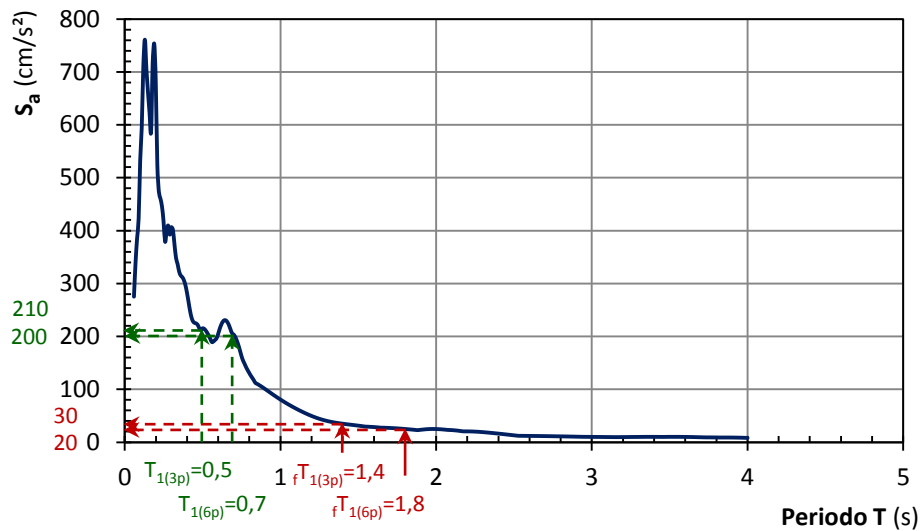


Fig. 4.3.67: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°8 (Sicilia-Oriente) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

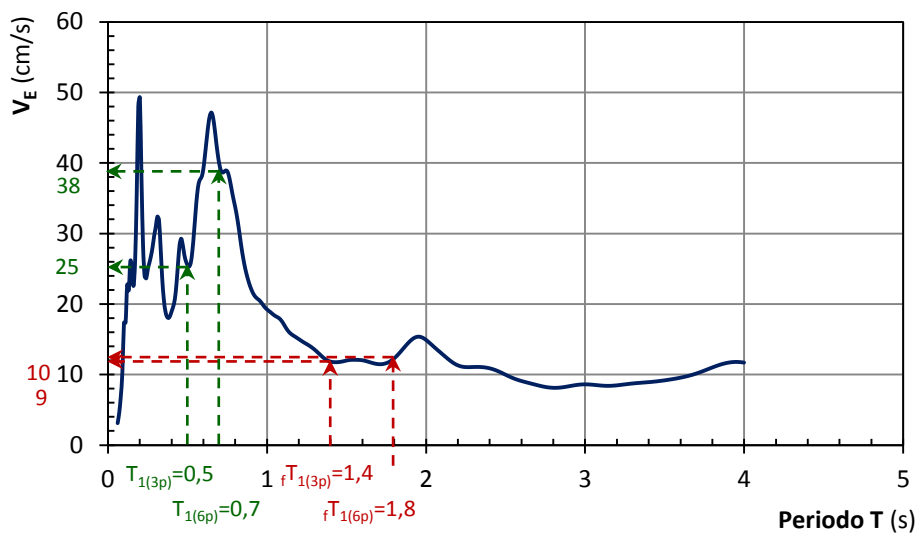


Fig. 4.3.68: Espectro de energía introducida del acelerograma N°8 (Sicilia-Oriente) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.17: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	30	210	20	200
V_E (cm/s)	9	25	10	38

- **Acelerograma N°14 (Ano Liosia) $\Delta=14\text{Km}$**

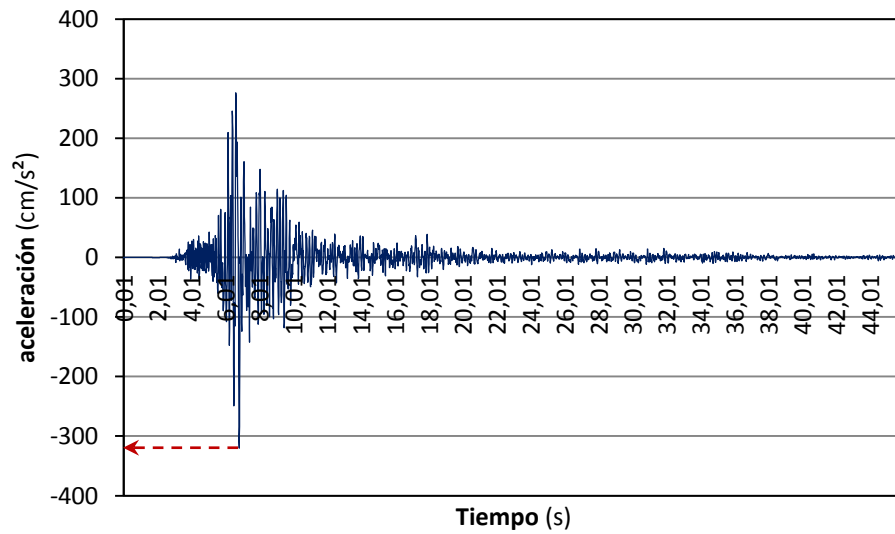


Fig. 4.3.69: Acelerograma N°14 (Ano Liosia), suelo tipo III, campo lejano, sin escalar

Aceleración sísmica de cálculo: $a_c = 261,4\text{cm/s}^2$

Aceleración máxima: $PGA = 320,01\text{cm/s}^2$

Factor de escala: $\frac{261,4\text{cm/s}^2}{320,01\text{cm/s}^2} = 0,8168$

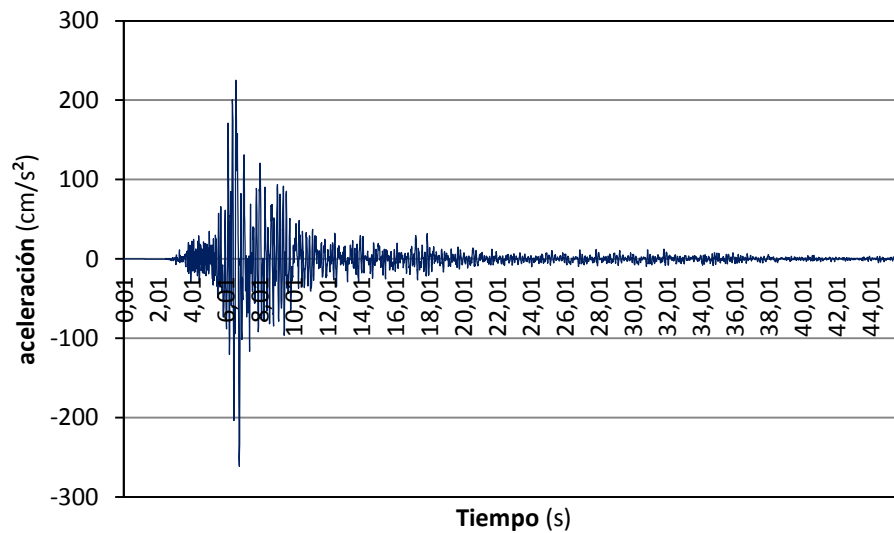


Fig. 4.3.70: Acelerograma N°14 (Ano Liosia), suelo tipo III, campo lejano, escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

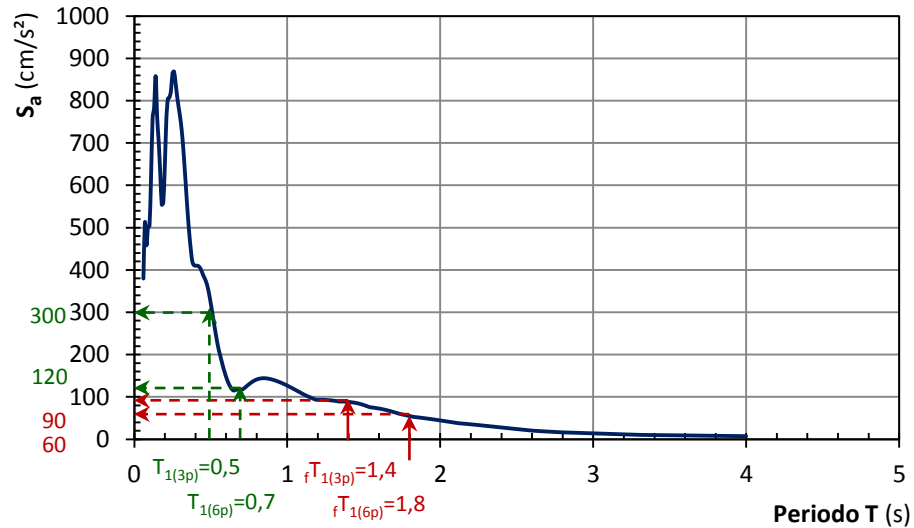


Fig. 4.3.71: Espectro elástico de respuesta del acelerograma N°14 (Año Liosia) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

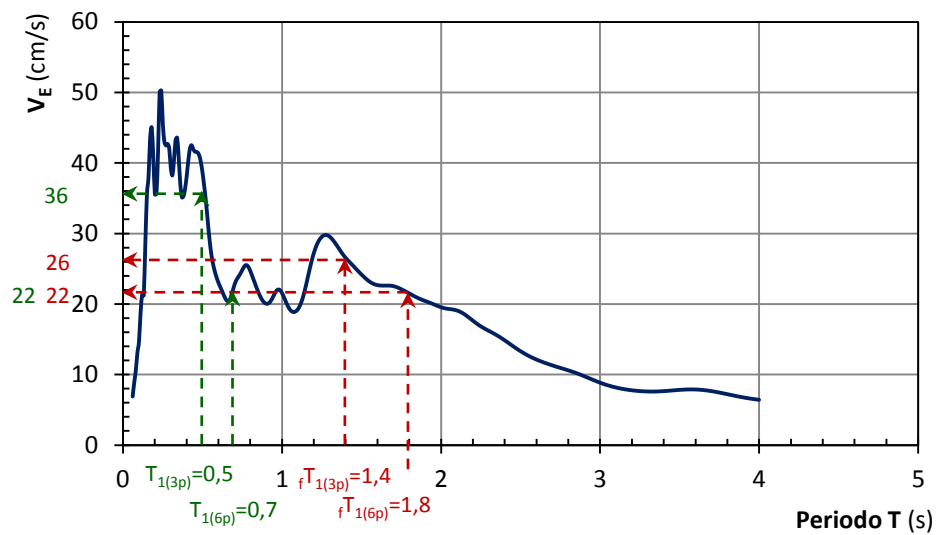


Fig. 4.3.72: Espectro de energía introducida del acelerograma N°14 (Año Liosia) escalado a $PGA=261,4\text{cm/s}^2$

Comparando los valores de aceleración máxima de respuesta S_a y de energía V_E , para los periodos de vibración anteriormente obtenidos.

Tabla 4.3.18: Ordenadas del espectro elástico de respuesta S_a y del espectro de energía introducida, correspondientes a los periodos de las estructuras analizadas.

	$fT_{1(3p)}=1,4s$	$T_{1(3p)}=0,5s$	$fT_{1(6p)}=1,8s$	$T_{1(6p)}=0,7s$
S_a (cm/s ²)	90	300	60	120
V_E (cm/s)	26	36	22	22

CAPÍTULO 5

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA LATERAL REQUERIDA A LOS DISIPADORES

5.0. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los cálculos dinámicos directos llevados a cabo para este trabajo, con el fin de averiguar el comportamiento sísmico de los pórticos construidos con vigas planas. Los cálculos se han realizado con modelos numéricos de barras en dos dimensiones, que son representativas de las estructuras construidas en España durante los años 70, 80, 90 del siglo XX, siguiendo las prácticas constructivas de ese momento y aplicando en su mayoría la antigua norma sísmica PDS-74 [1].

Para ello se han descrito los prototipos de estructura seleccionadas en el Capítulo 3 y su modelización para ser tratados con el programa IDARC en el apartado 5.1 de este capítulo. En el Capítulo 4, se han seleccionado un conjunto de terremotos históricos representativos de la sismicidad de la zona mediterránea y en este capítulo, se llevan a cabo un gran número de cálculos dinámicos directos, en los que se analizan y sintetizan los resultados de dichos cálculos desde diferentes puntos de vista (energía total disipada y desplazamiento máximo entre planta, obtenidos en el apartado 5.4; resistencia lateral requerida a los disipadores, definida en el apartado 5.5; así como la automatización del programa LumpST con Matlab especificada en el apartado 5.2).

5.1. ANÁLISIS DE LOS PÓRTICOS CON IDARC

El programa IDARC, desarrollado en la Universidad de Buffalo, Universidad Estatal de Nueva York, se introdujo por primera vez en 1987 como un programa de análisis de dos dimensiones para estudiar la respuesta no lineal de edificios de hormigón armado de varios niveles, con el propósito de analizar los daños del terremoto en edificios. Desde entonces, numerosas mejoras se han añadido, incluyendo la capacidad de analizar una amplia variedad de estructuras, materiales estructurales, y recientemente, dispositivos estructurales de amortiguación.

Se dimensionaron tres prototipos y se modelizaron para poder ser analizados con el programa de análisis no lineal en dos dimensiones IDARC versión 7.0. Éste incluye elementos lineales macroscópicos, tipo barra, que se pueden emplear para modelizar vigas y pilares. Estos modelos permiten reproducir numéricamente deformaciones no lineales de flexión y deformaciones elásticas por cortante y axil. Para implementar el comportamiento inelástico en los modelos macroscópicos, el programa incorpora un modelo de flexibilidad distribuida, que extiende y mejora los modelos de plasticidad concentrada que se emplean normalmente para elementos metálicos.

Este programa permite tanto cálculos estáticos como dinámicos en régimen no lineal. Una parte de los cálculos realizados con IDARC para esta Tesina son cálculos estáticos no lineales empleando el método del empuje incremental (*análisis pushover*) con control en fuerzas y empleando el primer modo de vibración. Este tipo de análisis se ha empleado para obtener:

- 1) La curva de capacidad de cada pórtico (relación entre cortante basal y desplazamiento de la última planta.
- 2) La relación entre fuerza cortante de la planta y el desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta, para cada planta de cada pórtico.

El formato de entrada del programa está compuesto por una serie de secciones (SET), en las que se introduce la información requerida para el análisis. [16]

En primer lugar, se detalla la información general (**SET A**) de nueve parámetros: NSO; NFR; NCON; NSTL; NMSR; NPDEL; INFLEX; INFLEXDIST; IPC, en estos parámetros se detallan el número de plantas; número de pórticos distintos; tipos de hormigón; tipos de acero de refuerzo; tipos de tabiquería; efecto P- Δ (0 para ignorar este efecto y 1 para incluirlo); consideración de rótulas; rigidez de la viga (1 si es constante); sistema operativo (0 si el sistema operativo es Unix y 1 si se trata de DOS/WINDOWS).

El programa IDARC permite incorporar en los cálculos los efectos P- Δ . Estos efectos son debidos a los momentos de vuelco adicionales que generan las cargas gravitatorias debido a los desplazamientos relativos de los forjados de cada planta. La forma más usual de tener en cuenta estos efectos consiste en evaluar las cargas axiales en los elementos verticales de la estructura y calcular una matriz de rigidez geométrica que se suma a la matriz de rigidez de las barras de la estructura. En el programa IDARC los efectos P- Δ se representan mediante un sistema de fuerzas laterales ficticias equivalentes que, igualan en magnitud a los momentos de vuelco que producen las cargas verticales gravitatorias al actuar excéntricamente debido, al desplazamiento relativo de los forjados (Wilson y Habibullah, 1987). Los efectos P- Δ se han tenido en cuenta en los cálculos realizados para este trabajo.

Esta sección SET A, se compone de otras subsecciones, que se definen a continuación:

(SET A1) En esta sección se detallan los tipos de elementos, de diez parámetros: MCOL; MBEM; MWAL; MEDG; MTRN; MSPR; MBRV; MBRF; MBRH; MIW, en los que concretizamos el número de tipos de pilares; tipos de vigas; tipos de pantallas; tipos de pilares de borde; tipos de vigas de canto; tipos de muelles de torsión; tipos de amortiguadores; tipos de disipadores de fricción; tipos de disipadores histeréticos y tipos de tabiquería.

(SET A2) En este definimos el número de elementos, de nueve parámetros: NCOL; NBEM; NWAL; NEDG; NTRN; NSPR; NMR; NBR; NIW, como son el número de pilares; vigas; muros a cortante; pilares de borde; vigas transversales; muelles de torsión; rótulas; disipadores y tabiquería.

(SET A3) En este, se define el sistema de unidades, compuesto por un solo parámetro: IU (1, para unidades anglo sajonas y 2 para *mm, KN*).

(SET A4) Aquí se especifica la altura de la planta "i", desde la base a partir de la primera planta: HIGT(i).

(SET A5) En este se describen el número de pórticos iguales: NDUP(i)

(SET A6) En este set se introduce el número de líneas de pilares, de cada pórtico "i": NVLN(i).

(SET A7) Finalmente, se especifican los pesos nodales, estos se componen de tres parámetros: LEVEL; IFR(J); WVT(K), en los que se detallan el número de planta; el número de pórtico; y el peso nodal, respectivamente.

A continuación, se especifican las propiedades de los materiales (**SET B**) que está compuesto por un parámetro: IUSER, en el que se consideran dos opciones, 0 para que el programa genere el diagrama momento-curvatura y 1 para que lo genere el usuario. Si se elige esta última opción, como es el caso, no son necesarios los SET B1, B2 y B3, e iríamos, para seguir el flujo de cálculo al apartado (SET C) directamente.

En esta sección (**SET C**), estudiaremos la respuesta histerética de las secciones de las barras que se controla a partir de la definición del esqueleto de la curva momento-curvatura. En primer lugar se define el número de modelos de disipadores NHYS que en el caso que nos ocupa es 3, y seguidamente se especifican cada uno de los siete parámetros: IR; 1; HC; HBD; HBE; HS; IBILINEAR, correspondientes a cada uno de los modelos, IR; 1 para un modelo histerético multilineal; los cuatro parámetros siguientes HC (α), HBD (β_1), HBE (β_2), HS (γ), gobiernan los fenómenos de degradación de rigidez, efecto de pinzamiento de las curvas y degradación de resistencia; y por último el parámetro IBILINEAR en el que existen varias opciones, de la cuales se considera el valor 0, es decir para un modelo trilineal.

A continuación, la propiedades de los pilares se definen en la sección (**SET D**), compuesta por un parámetro IUCOL, con dos opciones: 0 si se especifica las dimensiones y armado (número de redondos, etc.) y 1 en la que se especifica el diagrama momento-curvatura del pilar. Si se especifica esta última opción, como es el caso, se iría directamente al apartado (SET D3).

En esta sección (**SET D3**), se especifica la forma del pilar, mediante el parámetro ICTYPE, considerando el valor 1, para el caso de pilares rectangulares.

Si ICTYPE=1, el flujo de cálculo nos dirige a la sección **SET D3(a)**, que se compone de una primera línea de siete parámetros: KC; AN; ANY; ANB; AMLC; RAMC1; RAMC2, siendo KC el número de tipo de pilar, es decir, existirá una entrada por cada tipo de pilar, que en nuestro caso son 7 tipos, para los pórticos de tres plantas, pa2pz2-1 y pa4pz2-1, y 12 para el pórtico de 6 plantas pz6pz2-1. Los parámetros AN, ANY y ANB correspondientes a las fuerzas axiales, se pueden observar en la Fig. 5.1.1; y por último los parámetros RAMC1 y RAMC2, correspondientes a los brazos mecánicos de excentricidad del axil, para la sección inferior y superior respectivamente.

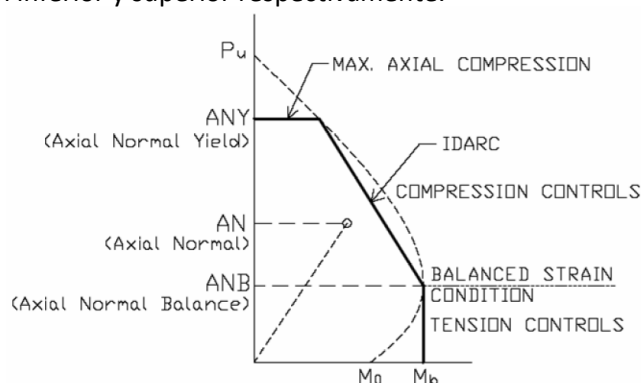


Fig. 5.1.1: Diagrama de interacción Axil – Momento

La segunda y tercera línea, corresponden a la sección inferior (bottom) y la cuarta y quinta línea a la sección superior (top). La segunda línea consta de ocho parámetros: KHYSC; EI; EA; PCP; PYP; UYP; UUP; EI3P, siendo KHYSC la ley histerética, el resto de parámetros se representan en la Fig. 5.2. Los cinco parámetros de la tercera línea: PCN; PYN; UYN; UUN; EI3N, también están representados en la Fig. 5.1.2.

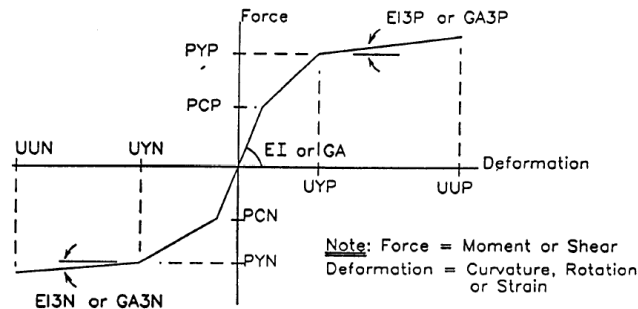


Fig. 5.1.2: Notation for user Trilinear Envelopes

Un valor de entrada de KHYSB con signo negativo para la sección inferior, implica valores simétricos en la sección superior.

A continuación, la propiedades de las vigas se definen en la sección **(SET E)**, compuesta por un parámetro IUBEM, que tiene dos opciones: 0 si se especifica las dimensiones y armado (número de redondos, etc.) y 1 si especificamos el diagrama momento-curvatura de la viga. Si elegimos esta última opción, como es el caso, se iría directamente al apartado (SET E2).

En esta sección **(SET E2)**, se especifica la forma de la viga, mediante el parámetro IBTYPE, considerando el valor 1, para el caso de vigas rectangulares.

Si IBTYPE=1, según el flujo de cálculo, nos dirigimos a la sección **SET E2(a)**, que se compone de una primera línea de cuatro parámetros: KB; AMLB; RAMB1 y RAMB2, siendo KB el número de tipo de viga es decir, existirá una entrada por cada tipo de viga, que en nuestro caso tendremos 9, para los pórticos de tres plantas, pa2pz2-1 y pa4pz2-1, y 18 para el pórtico de 6 plantas pz6pz2-1. AMLB, es la longitud de la viga; este, junto con los parámetros RAMB1, RAMB2 se especifican en la figura 5.1.3.

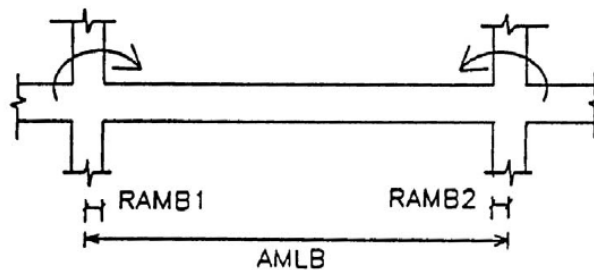


Fig. 5.1.3: Detalle de viga

La segunda y tercera línea, corresponden a la sección inferior (bottom) y la cuarta y quinta a la sección superior (top). La segunda y cuarta líneas tienen siete parámetros que son: KHYSB; EI; PCP; PYP; UYP; UUP; EI3P, siendo KHYSB la ley histerética y las líneas tercera y quinta, se componen de los cinco parámetros siguientes: PCN; PYN; UYN; UUN; EI3N.

De igual forma que en el pilar, un valor de entrada de KHYSB con signo negativo para la sección inferior, implica valores simétricos en la sección superior.

A continuación nos dirigimos a la sección **(SET L1)**, en la que se concretiza la conexión de los pilares, cada línea está compuesta por seis parámetros: M; ITC; IC; JC; LBC; LTC, que corresponden al

número de pilar; número de tipo de pilar; número de pórtico; línea de pilares a la que pertenece; nivel inferior desde el que arranca el pilar y por último el nivel superior hasta el que llega dicho pilar.

Igualmente en la sección **(SET L2)** se define la conexión de las vigas, en la que cada línea está compuesta por seis parámetros: M; ITB; LB; IB; JLB; JRB, que corresponden al número de viga; número de tipo de viga; número de planta a la que pertenece; número de pórtico; número de línea de pilares del lado izquierdo a la que pertenece y número de línea de pilares del lado derecho a la que pertenece.

Por último, en la sección **(SET M)**, definimos la opción de análisis que queremos realizar mediante el parámetro IOPT. Se considerará la opción IOPT=2 para efectuar un Monotonic “pushover” analysis including static loads.

Esta sección SET M, se compone de otras subsecciones, que se definen a continuación:

(SET M1) Aquí se detallan las cargas estáticas, que se componen de cuatro parámetros: NLU; NLJ; NLM; NLC, en los que definimos la carga distribuida en las vigas; la carga en los nudos; los momentos nodales y las cargas verticales concentradas. Se considerará el valor 0 para todos ellos.

(SET M2) Define, mediante el parámetro JOPT =1 la opción de análisis pushover que se considera, que es la de control de fuerza.

Elegida esta opción, JOPT=1, nos dirigimos a la sección **(M2.1)**, que se compone de dos líneas, la primera línea se define mediante el parámetro ITYP = 1, la opción de carga a considerar es lineal (triángulo invertido). En la segunda, se define el criterio de parada del programa, mediante tres parámetros: PMAX; MSTEPS; DRFLIM, es decir, el coeficiente de cortante basal; el número de pasos a considerar para llegar a PMAX; y el límite superior para el desplazamiento de la última planta (porcentaje de la altura del edificio).

Una vez introducidos todos estos datos de entrada, en la sección (SET N), controlamos el formato del output.

(SET N1.1), mediante el parámetro NPRNT, definimos el número adicional de “snapshots (instantáneas)” de la respuesta estructural durante el pushover.

(SET N1.3), compuesta por cinco parámetros: ICDPRNT(1); ICDPRNT(2); ICDPRNT(3); ICDPRNT(4); ICDPRNT(5), con estos podemos controlar la impresión de desplazamientos, tensión, estado de colapso, índices de daño, etc.

Mediante la sección **(SET N2)**, controlamos el archivo de salida con cuatro parámetros. En una primera línea, compuesta por los tres primeros parámetros: NSOUT, es el número de historias de salida; DTOUT, tiempo de salida/intervalo de step; ISO(i), lista de números de historia de salida.

Con el cuarto parámetro FNAME(i), damos nombre a los ficheros de salida que se generan, uno en cada línea.

Y finalmente en la sección **(SET N3)**, definimos los elementos histeréticos de salida mediante seis parámetros: KCOUT; KBOUT; KWOUT; KSOUT; KBROUT; KIWOUT.

Tabla 5.1.1: Archivo de entrada para el pórtico pa2pz2-1 de tres plantas (pa2pz2-1.DAT) IDARC

SET A	USER_TEXT NSO,NFR,NCON,NSTL,NMSR,NPDEL,IFLEX,IFLEXDIST,IPC	CONTROL DATA 3,1,1,1,0,1,1,1,1
SET A1	USER_TEXT MCOL,MBEM,MWAL,MEDG,MTRN,MSPR,MBRV,MBRF,MBRH,MIW	ELEMENT TYPES 7,9,0,0,0,0,0,0,0
SET A2	USER_TEXT NCOL,NBEM,NWAL,NEDG,NTRN,NSPR,NMR,NBR,NIW	ELEMENT DATA 15,12,0,0,0,0,0,0
SET A3	USER_TEXT IU	UNITS SYSTEM KN - mm 2
SET A4	USER_TEXT HIGT(i)	FLOOR ELEVATIONS 4500.0, 7500.0, 10500.0
SET A5	USER_TEXT NDUP(i)	DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES 1
SET A6	USER_TEXT NVLN(i)	PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES 5
SET A7	USER_TEXT LEVEL,IFR(J),WVT(K)	NODAL WEIGHTS 1,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 2,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 3,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75
SET B	USER_TEXT IUSER	CODE FOR SPECIFICATION OF USER PROPERTIES 1
SET C	USER_TEXT NHYS IR,1,HC,HBD,HBE,HS,IBILINEAR	HYSTERETIC MODELING RULES 3 1, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 2, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 3, 1, 1.8, 0.0, 0.6, 0.20, 0
SET D	USER_TEXT IUCOL	MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET D3	USER_TEXT ICTYPE	COLUMN DIMENSIONS 1 1, 53.25, 400, 100, 4500, 0, 135 3, 1.91E+10, 1.1481E+6, 2.65E+5, 2.68E+5, 1.42E-5, 4.26E-5, 0.1 2.65E+5, 2.68E+5, 1.42E-5, 4.26E-5, 0.1 3, 1.91E+10, 1.1481E+6, 7.12E+4, 7.14E+4, 3.81E-6, 11.43E-6, 0.1 7.12E+4, 7.14E+4, 3.81E-6, 11.43E-6, 0.1 1 2, 106.5, 400, 100, 4500, 0, 135 1, 1.91E+10, 1.1481E+6, 2.87E+5, 2.9E+5, 1.53E-5, 4.59E-5, 0.1 2.87E+5, 2.9E+5, 1.53E-5, 4.59E-5, 0.1 1, 1.91E+10, 1.1481E+6, 1.23E+5, 1.22E+5, 6.52E-6, 19.56E-6, 0.1 1.23E+5, 1.22E+5, 6.52E-6, 19.56E-6, 0.1 1 3, 53.25, 400, 100, 3000, 0, 135 3, 1.91E+10, 1.1481E+6, 3.14E+5, 3.17E+5, 1.68E-5, 5.07E-5, 0.1 3.14E+5, 3.17E+5, 1.68E-5, 5.07E-5, 0.1 3, 1.91E+10, 1.1481E+6, 7.12E+4, 7.14E+4, 3.81E-6, 11.43E-6, 0.1 7.12E+4, 7.14E+4, 3.81E-6, 11.43E-6, 0.1 1 4, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 3, 5.8E+9, 1.1481E+6, 4.73E+4, 4.78E+4, 8.32E-6, 24.96E-6, 0.1 4.73E+4, 4.78E+4, 8.32E-6, 24.96E-6, 0.1 3, 5.8E+9, 1.1481E+6, 4.21E+4, 4.25E+4, 7.41E-6, 22.23E-6, 0.1 4.21E+4, 4.25E+4, 7.41E-6, 22.23E-6, 0.1 1 5, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 1, 5.55E+9, 1.1481E+6, 8.11E+4, 8.19E+4, 1.49E-5, 4.47E-5, 0.1 8.11E+4, 8.19E+4, 1.49E-5, 4.47E-5, 0.1 1, 5.55E+9, 1.1481E+6, 7.21E+4, 7.28E+4, 1.33E-5, 3.99E-5, 0.1 7.21E+4, 7.28E+4, 1.33E-5, 3.99E-5, 0.1 1 6, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 3, 5.8E+9, 1.1481E+6, 8.41E+4, 8.49E+4, 1.48E-5, 4.44E-5, 0.1 8.41E+4, 8.49E+4, 1.48E-5, 4.44E-5, 0.1 3, 5.8E+9, 1.1481E+6, 7.36E+4, 7.43E+4, 1.29E-5, 3.87E-5, 0.1 7.36E+4, 7.43E+4, 1.29E-5, 3.87E-5, 0.1 1 7, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 4.51E+9, 1.1481E+6, 5.26E+4, 5.31E+4, 1.19E-5, 3.57E-5, 0.1
SET D3(a)	KC,AN,ANY,ANB,AMLC,AMC1,AMC2 KHYS,EI,EA,PCP,PYP,UYP,UUP,EI3P PCN,PYN,UYN,UUN,EI3N	

		5.26E+4,5.31E+4,1.19E-5, 3.57E-5, 0.1
SET E	USER_TEXT IUBEM	BEAM MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET E2	USER_TEXT IBTYPE	BEAM DIMENSIONS 1
SET E2(a)	KB,AMLB,RAMB1,RAMB2 KHYSB,EI,PCP,PYP,UYP,UUP,EI3P PCN,PYN,UYN,UUNEI3N	1, 5000, 200.0, 200.0 3, 9.42E+9, 1.08E+5, 1.09E+5, 1.17E-5, 24.57E-5, 0.02 1.08E+5, 1.09E+5, 1.17E-5, 24.57E-5, 0.02 3, 1E+10, 1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 1 2, 5000, 200.0, 200.0 -2, 1E+10,1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 1 3, 5000, 200.0, 200.0 3, 1E+10,1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 1.09E+5, 1.08E+5, 1.11E-5, 23.1E-5, 0.02 3, 9.42E+9, 1.08E+5, 1.09E+5, 1.17E-5, 24.57E-5, 0.02 1.08E+5, 1.09E+5, 1.17E-5, 24.57E-5, 0.02 1 4, 5500, 150.0, 150.0 3, 7.28E+9, 8.26E+4, 8.24E+4, 1.16E-5, 25.41E-5, 0.02 8.63E+4,8.72E+4, 1.21E-5, 25.41E-5, 0.02 3, 8.83E+9, 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 1 5, 5500, 150.0, 150.0 -2, 8.83E+9, 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 1 6, 5500, 150.0, 150.0 3, 8.83E+9, 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 7.4E+4, 7.47E+4, 8.55E-6, 179.55E-6, 0.02 3, 7.28E+9, 8.26E+4, 8.24E+4, 1.16E-5, 25.41E-5, 0.02 8.63E+4,8.72E+4, 1.21E-5, 25.41E-5, 0.02 1 7, 5500, 150.0, 150.0 3, 6.13E+9, 7.44E+4, 7.52E+4, 1.24E-5, 26.04E-5, 0.02 7.44E+4, 7.52E+4, 1.24E-5, 26.04E-5, 0.02 3, 7.69E+9, 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 1 8, 5500, 150.0, 150.0 -2, 7.69E+9, 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 1 9, 5500, 150.0, 150.0 3, 7.69E+9, 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 3.72E+4, 3.76E+4, 4.99E-6, 104.79E-6, 0.02 3, 6.13E+9, 7.44E+4, 7.52E+4, 1.24E-5, 26.04E-5, 0.02 7.44E+4, 7.52E+4, 1.24E-5, 26.04E-5, 0.02
SET L1	USER_TEXT M,ITC,IC,JC,LBC,LTC	COLUMN CONNECTIVITY 1, 1, 1, 1, 0, 1 2, 2, 1, 2, 0, 1 3, 2, 1, 3, 0, 1 4, 2, 1, 4, 0, 1 5, 3, 1, 5, 0, 1 6, 4, 1, 1, 1, 2 7, 5, 1, 2, 1, 2 8, 5, 1, 3, 1, 2 9, 5, 1, 4, 1, 2 10, 4, 1, 5, 1, 2 11, 6, 1, 1, 2, 3 12, 7, 1, 2, 2, 3 13, 7, 1, 3, 2, 3 14, 7, 1, 4, 2, 3 15, 6, 1, 5, 2, 3
SET L2	USER_TEXT	BEAM CONNECTIVITY

	M,ITB,LB,IB,ILB,JRB	1, 1, 1, 1, 1, 2 2, 2, 1, 1, 2, 3 3, 2, 1, 1, 3, 4 4, 3, 1, 1, 4, 5 5, 4, 2, 1, 1, 2 6, 5, 2, 1, 2, 3 7, 5, 2, 1, 3, 4 8, 6, 2, 1, 4, 5 9, 7, 3, 1, 1, 2 10, 8, 3, 1, 2, 3 11, 8, 3, 1, 3, 4 12, 9, 3, 1, 4, 5
SET M	USER_TEXT IOPT	ANALYSIS OPTIONS 2
SET M1	USER_TEXT NLU,NLJ,NLM,NLC	LONG TERM 0,0,0,0
SET M2	USER_TEXT JOPT	Monotonic Pushover Analysis 1
SET M2.1	USER_TEXT ITYP PMAX,MSTEPS,DRFLIM	FORCE CONTROLLED ANALYSIS 1 0.5,60000,5
SET N1.1	USER_TEXT NPRNT	Snapshot Control Data 0
SET N1.3	ICDPRNT(1), ICDPRNT(2), ICDPRNT(3), ICDPRNT(4), ICDPRNT(5)	0,0,0,0,0
SET N2	USER_TEXT NSOUT,DTOUT,ISO(i) FNAMES(i)	OUTPUT CONTROL 3,1,1,2,3 story1 story2 story3
SET N3	USER_TEXT KCOU,T,KBOUT,KWOUT,KSOUT,KBROUT,KIWOUT	ELEMENT HYSTERESIS OUTPUT 0,0,0,0,0,0

Tabla 5.1.2: Archivo de entrada para el pórtico pa4pz2-1 de tres plantas (pa4pz2-1.DAT) IDARC

SET A	USER_TEXT NSO,NFR,NCON,NSTL,NMSR,NPDEL,IFLEX,IFLEXDIST,IPC	CONTROL DATA 3,1,1,1,0,1,1,1,1
SET A1	USER_TEXT MCOI,MBEM,MWAL,MEDG,MTRN,MSPR,MBRV,MBRF,MBRH,MIW	ELEMENT TYPES 7,14,0,0,0,0,0,0,0,0
SET A2	USER_TEXT NCOL,NBEM,NWAL,NEDG,NTRN,NSPR,NMR,NBR,NIW	ELEMENT DATA 15,24,0,0,0,0,0,0,0
SET A3	USER_TEXT IU	UNITS SYSTEM KN - mm 2
SET A4	USER_TEXT HIGT(i)	FLOOR ELEVATIONS 4500.0, 7500.0, 10500.0
SET A5	USER_TEXT NDUP(i)	DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES 1
SET A6	USER_TEXT NVLN(i)	PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES 5
SET A7	USER_TEXT LEVEL,IFR(J),WVT(K)	NODAL WEIGHTS 1,1, 139.56, 196.625, 196.625, 196.625, 139.56 2,1, 139.56, 196.625, 196.625, 196.625, 139.56 3,1, 139.56, 196.625, 196.625, 196.625, 139.56
SET B	USER_TEXT IUSER	CODE FOR SPECIFICATION OF USER PROPERTIES 1
SET C	USER_TEXT NHYS IR,1,HC,HBD,HBE,HS,IBILINEAR	HYSTERETIC MODELING RULES 3 1, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 2, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 3, 1, 1.8, 0.0, 0.6, 0.20, 0
SET D	USER_TEXT IUCOL	MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET D3	USER_TEXT ICTYPE	COLUMN DIMENSIONS 1
SET D3(a)	KC,AN,ANY,ANB,AMLC,RAMC1,RAMC2 KHYS,C,EI,EA,PCP,PYP,UYP,UUP,EI3P PCN,PYN,UYN,UUN,EI3N	1, 64.44, 400, 100, 4500, 0, 150 3, 2.24E+10, 1.1481E+6, 3.64E+5, 3.68E+5, 1.66E-5, 4.98E-5, 0.1 3.64E+5, 3.68E+5, 1.66E-5, 4.98E-5, 0.1 3, 2.24E+10, 1.1481E+6, 8.6E+4, 8.69E+4, 3.92E-6, 11.76E-6, 0.1 8.6E+4, 8.69E+4, 3.92E-6, 11.76E-6, 0.1 1

		<p>2, 128.87, 400, 100, 4500, 0, 150 1, 2.24E+10, 1.1481E+6, 3.64E+5, 3.68E+5, 1.66E-5, 4.98E-5, 0.1 3.64E+5, 3.68E+5, 1.66E-5, 4.98E-5, 0.1 1, 2.24E+10, 1.1481E+6, 1.49E+5, 1.5E+5, 6.79E-6, 20.37E-6, 0.1 1.49E+5, 1.5E+5, 6.79E-6, 20.37E-6, 0.1 1 3, 64.44, 400, 100, 3000, 150, 150 3, 6.95E+9, 1.1481E+6, 5.25E+4, 5.3E+4, 7.71E-6, 23.12E-6, 0.1 5.25E+4, 5.3E+4, 7.71E-6, 23.12E-6, 0.1 3, 6.95E+9, 1.1481E+6, 4.37E+4, 4.41E+4, 6.4E-6, 19.2E-6, 0.1 4.37E+4, 4.41E+4, 6.4E-6, 19.2E-6, 0.1 1 4, 128.87, 400, 100, 3000, 150, 150 -1, 6.95E+9, 1.1481E+6, 8.97E+4, 9.06E+4, 1.32E-5, 3.96E-5, 0.1 8.97E+4, 9.06E+4, 1.32E-5, 3.96E-5, 0.1 1 5, 64.44, 400, 100, 3000, 150, 150 -3, 6.5E+9, 1.1481E+6, 8.74E+4, 8.83E+4, 1.37E-5, 4.11E-5, 0.1 8.74E+4, 8.83E+4, 1.37E-5, 4.11E-5, 0.1 1 6, 128.87, 400, 100, 3000, 150, 150 -1, 4.97E+9, 1.1481E+6, 7.94E+4, 8.02E+4, 1.63E-5, 4.89E-5, 0.1 7.94E+4, 8.02E+4, 1.63E-5, 4.89E-5, 0.1 1 7, 128.87, 400, 100, 3000, 150, 150 -1, 4.61E+9, 1.1481E+6, 8.32E+4, 8.4E+4, 1.84E-5, 5.52E-5, 0.1 8.32E+4, 8.4E+4, 1.84E-5, 5.52E-5, 0.1</p>
SET E	USER_TEXT IUBEM	BEAM MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET E2	USER_TEXT IBTYPE	BEAM DIMENSIONS 1
SET E2(a)	KB,AMLB,RAMB1,RAMB2 KHYSB,EI,PCP,PYP,UYP,UUP,EI3P PCN,PYN,UYN,UUNEI3N	<p>1, 5500, 200.0, 200.0 3, 1.51E+10, 1.76E+5, 1.78E+5, 1.19E-5, 24.99E-5, 0.02 1.76E+5, 1.78E+5, 1.19E-5, 24.99E-5, 0.02 3, 1.51E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1 2, 5500, 200.0, 200.0 2, 1.51E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 2, 1.58E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.55E-6, 200.55E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.55E-6, 200.55E-6, 0.02 1 3, 5500, 200.0, 200.0 2, 1.58E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.55E-6, 200.55E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.55E-6, 200.55E-6, 0.02 3, 1.51E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1 4, 5500, 200.0, 200.0 3, 1.51E+10, 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 1.48E+5, 1.49E+5, 9.997E-6, 209.99E-6, 0.02 3, 1.51E+10, 1.76E+5, 1.78E+5, 1.19E-5, 24.99E-5, 0.02 1.76E+5, 1.78E+5, 1.19E-5, 24.99E-5, 0.02 1 5, 5500, 150.0, 175.0 3, 8.64E+9, 6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.6E-6, 0.02 6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.6E-6, 0.02 3, 1E+10, 7.77E+4, 7.85E+4, 7.92E-6, 166.32E-6, 0.02 7.77E+4, 7.85E+4, 7.92E-6, 166.32E-6, 0.02 1 6, 5500, 175.0, 175.0 -2, 1.35E+10, 9.33E+4, 9.42E+4, 7.05E-6, 148.05E-6, 0.02 9.33E+4, 9.42E+4, 7.05E-6, 148.05E-6, 0.02 1 7, 5500, 175.0, 150.0 3, 1E+10, 7.77E+4, 7.85E+4, 7.92E-6, 166.32E-6, 0.02 7.77E+4, 7.85E+4, 7.92E-6, 166.32E-6, 0.02 3, 8.64E+9, 6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.6E-6, 0.02</p>

		<p>6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.6E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>8, 5500, 150.0, 150.0</p> <p>3, 8.64E+9, 6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.62E-6, 0.02</p> <p>8.91E+4, 9E+4, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02</p> <p>3, 1E+10, 4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>9, 5500, 150.0, 150.0</p> <p>-2, 1E+10, 4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>10, 5500, 150.0, 150.0</p> <p>3, 1E+10, 4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>4.46E+4, 4.5E+4, 4.55E-6, 95.5E-6, 0.02</p> <p>3, 8.64E+9, 8.91E+4, 9E+4, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02</p> <p>6.96E+4, 7.03E+4, 8.22E-6, 172.62E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>11, 5500, 150.0, 175.0</p> <p>-3, 2.02E+9, 40531.09, 40940.5, 2.05E-5, 606.0E-5, 0.02</p> <p>40531.09, 40940.5, 2.05E-5, 606.0E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>12, 5500, 175.0, 150.0</p> <p>-3, 2.02E+9, 40531.09, 40940.5, 2.05E-5, 606.0E-5, 0.02</p> <p>40531.09, 40940.5, 2.05E-5, 606.0E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>13, 5500, 150.0, 150.0</p> <p>-3, 1.65E+9, 21319.85, 21535.2, 1.32E-5, 396E-5, 0.02</p> <p>21319.85, 21535.2, 1.32E-5, 396E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>14, 5500, 150.0, 150.0</p> <p>-3, 1.95E+9, 34584.66, 34934, 1.81E-5, 543E-5, 0.02</p> <p>34584.66, 34934, 1.81E-5, 543E-5, 0.02</p>
SET L1	<p>USER_TEXT</p> <p>M,ITC,IC,JC,LBC,LTC</p>	<p>COLUMN CONNECTIVITY</p> <p>1, 1, 1, 1, 0, 1</p> <p>2, 2, 1, 2, 0, 1</p> <p>3, 2, 1, 3, 0, 1</p> <p>4, 2, 1, 4, 0, 1</p> <p>5, 1, 1, 5, 0, 1</p> <p>6, 3, 1, 1, 1, 2</p> <p>7, 4, 1, 2, 1, 2</p> <p>8, 4, 1, 3, 1, 2</p> <p>9, 4, 1, 4, 1, 2</p> <p>10, 3, 1, 5, 1, 2</p> <p>11, 5, 1, 1, 2, 3</p> <p>12, 6, 1, 2, 2, 3</p> <p>13, 7, 1, 3, 2, 3</p> <p>14, 6, 1, 4, 2, 3</p> <p>15, 5, 1, 5, 2, 3</p>
SET L2	<p>USER_TEXT</p> <p>M,ITB,LB,IB,ILB,JRB</p>	<p>BEAM CONNECTIVITY</p> <p>1, 1, 1, 1, 1, 2</p> <p>2, 2, 1, 1, 2, 3</p> <p>3, 3, 1, 1, 3, 4</p> <p>4, 4, 1, 1, 4, 5</p> <p>5, 5, 2, 1, 1, 2</p> <p>6, 6, 2, 1, 2, 3</p> <p>7, 6, 2, 1, 3, 4</p> <p>8, 7, 2, 1, 4, 5</p> <p>9, 8, 3, 1, 1, 2</p> <p>10, 9, 3, 1, 2, 3</p> <p>11, 9, 3, 1, 3, 4</p> <p>12, 10, 3, 1, 4, 5</p> <p>13, 11, 2, 1, 1, 2</p> <p>14, 11, 2, 1, 1, 2</p> <p>15, 12, 2, 1, 4, 5</p> <p>16, 12, 2, 1, 4, 5</p> <p>17, 13, 3, 1, 1, 2</p> <p>18, 13, 3, 1, 1, 2</p> <p>19, 14, 3, 1, 2, 3</p> <p>20, 14, 3, 1, 2, 3</p>

		21,14,3, 1, 3, 4 22,14,3, 1, 3, 4 23,13,3, 1, 4, 5 24,13,3, 1, 4, 5
SET M	USER_TEXT IOPT	ANALYSIS OPTIONS 2
SET M1	USER_TEXT NLU,NLJ,NLM,NLC	LONG TERM 0,0,0,0
SET M2	USER_TEXT JOPT	Monotonic Pushover Analysis 1
SET M2.1	USER_TEXT ITYP PMAX,MSTEPS,DRFLIM	FORCE CONTROLLED ANALYSIS 1 0.5,60000,5
SET N1.1	USER_TEXT NPRNT	Snapshot Control Data 0
SET N1.3	ICDPRNT(1), ICDPRNT(2), ICDPRNT(3), ICDPRNT(4), ICDPRNT(5)	0,0,0,0,0
SET N2	USER_TEXT NSOUT,DTOUT,ISO(i) FNAMES(i)	OUTPUT CONTROL 3,1,1,2,3 story1 story2 story3
SET N3	USER_TEXT KCOUT,KBOUT,KWOOUT,KSOUT,KBROUT,KIWOUT	ELEMENT HYSTERESIS OUTPUT 0,0,0,0,0,0

Tabla 5.1.3: Archivo de entrada para el pórtico pa6pz2-1 de seis plantas (pa6pz2-1.DAT) IDARC

SET A	USER_TEXT NSO,NFR,NCON,NSTL,NMSR,NPDEL,IFLEX,IFLEXDIST,IPC	CONTROL DATA 6,1,1,1,0,1,1,1,1
SET A1	USER_TEXT MCOL,MBEM,MWAL,MEDG,MTRN,MSPR,MBRV,MBRF,MBRH,MIW	ELEMENT TYPES 7,14,0,0,0,0,0,0,0
SET A2	USER_TEXT NCOL,NBEM,NWAL,NEDG,NTRN,NSPR,NMR,NBR,NIW	ELEMENT DATA 12,26,0,0,0,0,0,0,0
SET A3	USER_TEXT IU	UNITS SYSTEM KN - mm 2
SET A4	USER_TEXT HIGT(i)	FLOOR ELEVATIONS 4500.0, 7500.0, 10500.0, 13500.0, 16500.0, 19500.0
SET A5	USER_TEXT NDUP(i)	DESCRIPTION OF IDENTICAL FRAMES 1
SET A6	USER_TEXT NVLN(i)	PLAN CONFIGURATION: NO OF COLUMN LINES 5
SET A7	USER_TEXT LEVEL,IFR(J),WVT(K)	NODAL WEIGHTS 1,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 2,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 3,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 4,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 5,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75 6,1, 118.75, 162.5, 162.5, 162.5, 118.75
SET B	USER_TEXT IUSER	CODE FOR SPECIFICATION OF USER PROPERTIES 1
SET C	USER_TEXT NHYS IR,1,HC,HBD,HBE,HS,IBILINEAR	HYSTERETIC MODELING RULES 3 1, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 2, 1, 3.1, 0.0, 0.4, 0.20, 0 3, 1, 1.8, 0.0, 0.6, 0.20, 0
SET D	USER_TEXT IUCOL	MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET D3	USER_TEXT ICTYPE	COLUMN DIMENSIONS 1
SET D3(a)	KC,AN,ANY,ANB,AMLC,RAMC1,RAMC2 KHYS,EI,EA,PCP,PYP,UYP,UUP,EI3P PCN,PYN,UYN,UUN,EI3N	1, 53.25, 400, 100, 4500, 0, 135 -3, 4.36E+10, 1.1481E+6, 4.82E+5, 4.87E+5, 1.13E-5, 3.39E-5, 0.1 4.82E+5, 4.87E+5, 1.13E-5, 3.39E-5, 0.1 1 2, 106.5, 400, 100, 4500, 0, 135 -1, 6.40E+10, 1.1481E+6, 4.05E+5, 4.09E+5, 6.46E-6, 19.38E-6, 0.1 4.05E+5, 4.09E+5, 6.46E-6, 19.38E-6, 0.1 1 3, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 -3, 1.70E+10, 1.1481E+6, 8.48E+4, 8.57E+4, 5.10E-6, 15.3E-6, 0.1 8.48E+4, 8.57E+4, 5.10E-6, 15.3E-6, 0.1

		<p>1 4, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 2.57E+10, 1.1481E+6, 1.73E+5, 1.75E+5, 6.87E-6, 20.6E-6, 0.1 1.73E+5, 1.75E+5, 6.87E-6, 20.6E-6, 0.1</p> <p>1 5, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 -3, 1.06E+10, 1.1481E+6, 6.32E+4, 6.38E+4, 6.08E-6, 18.24E-6, 0.1 6.32E+4, 6.38E+4, 6.08E-6, 18.24E-6, 0.1</p> <p>1 6, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 1.70E+10, 1.1481E+6, 5.66E+5, 5.72E+5, 3.39E-5, 10.17E-5, 0.1 5.66E+5, 5.72E+5, 3.39E-5, 10.17E-5, 0.1</p> <p>1 7, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 -3, 9.25E+9, 1.1481E+6, 5.85E+4, 5.91E+4, 6.45E-6, 19.35E-6, 0.1 5.85E+4, 5.91E+4, 6.45E-6, 19.35E-6, 0.1</p> <p>1 8, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 1.26E+10, 1.1481E+6, 6.12E+5, 6.18E+5, 4.95E-5, 9.90E-5, 0.1 6.12E+5, 6.18E+5, 4.95E-5, 9.90E-5, 0.1</p> <p>1 9, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 -3, 6.50E+9, 1.1481E+6, 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-6, 22.29E-6, 0.1 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-6, 22.29E-6, 0.1</p> <p>1 10, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 9.90E+9, 1.1481E+6, 105930, 1.07E+5, 1.09E-5, 3.27E-5, 0.1 105930, 1.07E+5, 1.09E-5, 3.27E-5, 0.1</p> <p>1 11, 53.25, 400, 100, 3000, 135, 135 -3, 5.80E+9, 1.1481E+6, 8.41E+4, 8.49E+4, 1.48E-5, 4.44E-5, 0.1 8.41E+4, 8.49E+4, 1.48E-5, 4.44E-5, 0.1</p> <p>1 12, 106.5, 400, 100, 3000, 135, 135 -1, 4.61E+9, 1.1481E+6, 6.14E+4, 6.20E+4, 1.36E-5, 4.08E-5, 0.1 6.14E+4, 6.20E+4, 1.36E-5, 4.08E-5, 0.1</p>
SET E	USER_TEXT IUBEM	BEAM MOMENT CURVATURE ENVELOPE GENERATION 1
SET E2	USER_TEXT IBTYPE	BEAM DIMENSIONS 1
SET E2(a)	KB, AMLB, RAMB1, RAMB2 KHYSB, EI, PCP, PYP, UYP, UUP, EI3P PCN, PYN, UYN, UUNEI3N	<p>1, 5000, 250.0, 275.0 3, 1.18E+10, 103950, 1.05E+5, 9.02E-6, 189.42E-6, 0.02 103950, 1.05E+5, 9.02E-6, 189.42E-6, 0.02 3, 1.43E+10, 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02</p> <p>1 2, 5000, 275.0, 275.0 -1, 1.43E+10, 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02</p> <p>1 3, 5000, 275, 250.0 3, 1.43E+10, 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02 103950, 1.05E+5, 7.4E-6, 155.4E-6, 0.02 3, 1.18E+10, 103950, 1.05E+5, 9.02E-6, 189.42E-6, 0.02 103950, 1.05E+5, 9.02E-6, 189.42E-6, 0.02</p> <p>1 4, 5000, 200.0, 225.0 3, 3.33E+10, 56133, 5.67E+4, 1.72E-6, 36.12E-6, 0.02 56133, 5.67E+4, 1.72E-6, 36.12E-6, 0.02 3, 5.95E+10, 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02</p> <p>1 5, 5000, 225.0, 225.0 -2, 5.95E+10, 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02</p> <p>1 6, 5000, 225.0, 200.0 3, 5.95E+10, 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02 56133, 5.67E+4, 9.62E-6, 202.02E-6, 0.02</p>

		<p>3, 3.33E+10, 56133, 5.67E+4, 1.72E-6, 36.12E-6, 0.02 56133, 5.67E+4, 1.72E-6, 36.12E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>7, 5000, 175.0, 200.0</p> <p>3, 3.09E+9, 5.83E+4, 5.89E+4, 1.92E-5, 40.32E-5, 0.02 5.83E+4, 5.89E+4, 1.92E-5, 40.32E-5, 0.02</p> <p>3, 5.03E+9, 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>8, 5000, 200.0, 200.0</p> <p>-2, 5.03E+9, 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>9, 5000, 200.0, 175.0</p> <p>3, 5.03E+9, 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02 5.83E+4, 5.89E+4, 1.18E-5, 24.78E-5, 0.02</p> <p>3, 3.09E+9, 5.83E+4, 5.89E+4, 1.92E-5, 40.32E-5, 0.02 5.83E+4, 5.89E+4, 1.92E-5, 40.32E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>10, 5000, 175.0, 200.0</p> <p>3, 7.41E+9, 76068.29, 76863.66, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02 76068.29, 76863.66, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02</p> <p>3, 1.05E+10, 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>11, 5000, 200.0, 200.0</p> <p>-2, 1.05E+10, 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02</p> <p>1</p> <p>12, 5000, 200.0, 175.0</p> <p>3, 1.05E+10, 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02 76068.29, 76863.66, 7.39E-6, 155.2E-6, 0.02</p> <p>3, 7.41E+9, 76068.29, 76863.66, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02 76068.29, 76863.66, 1.05E-5, 22.05E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>13, 5000, 150.0, 175.0</p> <p>3, 6.5E+9, 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-5, 156.03E-5, 0.02 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-5, 156.03E-5, 0.02</p> <p>3, 6.5E+9, 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>14, 5000, 175.0, 175.0</p> <p>-2, 6.5E+9, 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>15, 5000, 175.0, 150.0</p> <p>3, 6.5E+9, 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02 4.21E+4, 4.25E+4, 6.60E-5, 138.6E-5, 0.02</p> <p>3, 6.5E+9, 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-5, 156.03E-5, 0.02 4.73E+4, 4.78E+4, 7.43E-5, 156.03E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>16, 5000, 150.0, 150.0</p> <p>3, 7.27E+9, 8.24E+4, 8.32E+4, 1.15E-5, 24.15E-5, 0.02 8.24E+4, 8.32E+4, 1.15E-5, 24.15E-5, 0.02</p> <p>3, 8.83E+9, 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>17, 5000, 150.0, 150.0</p> <p>-2, 8.83E+9, 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>18, 5000, 150.0, 150.0</p> <p>3, 8.83E+9, 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02 4.26E+4, 4.30E+4, 4.92E-5, 103.32E-5, 0.02</p> <p>3, 7.27E+9, 8.24E+4, 8.32E+4, 1.15E-5, 24.15E-5, 0.02 8.24E+4, 8.32E+4, 1.15E-5, 24.15E-5, 0.02</p> <p>1</p> <p>19, 5000, 200.0, 225.0</p> <p>-3, 3.2E+9, 22275.33, 22500.33, 1.39E-5, 417.0E-5, 0.02 22275.33, 22500.33, 1.39E-5, 417.0E-5, 0.02</p>
--	--	--

		<p>1 20, 5000, 225.0, 225.0 -2, 2.1E+9, 23411.31, 23647.79, 2.23E-5, 669.0E-5, 0.02 23411.31, 23647.79, 2.23E-5, 669.0E-5, 0.02</p> <p>1 21, 5000, 225.0, 200.0 -3, 3.2E+9, 22275.33, 22500.33, 1.39E-5, 417.0E-5, 0.02 22275.33, 22500.33, 1.39E-5, 417.0E-5, 0.02</p> <p>1 22, 5000, 175.0, 200.0 -3, 4.5E+9, 18127.34, 18310.44, 8.07E-6, 2421.0E-6, 0.02 18127.34, 18310.44, 8.07E-6, 2421.0E-6, 0.02</p> <p>1 23, 5000, 200.0, 200.0 -2, 3.2E+9, 16706.5, 16875.25, 1.42E-5, 426.0E-5, 0.02 16706.5, 16875.25, 1.42E-5, 426.0E-5, 0.02</p> <p>1 24, 5000, 200, 175.0 -3, 4.5E+9, 18127.34, 18310.44, 8.07E-6, 2421.0E-6, 0.02 18127.34, 18310.44, 8.07E-6, 2421.0E-6, 0.02</p> <p>1 25, 5000, 175.0, 200.0 -3, 2.0E+9, 19440.29, 19636.66, 2.02E-5, 606.0E-5, 0.02 19440.29, 19636.66, 2.02E-5, 606.0E-5, 0.02</p> <p>1 26, 5000, 200, 175.0 -3, 2.0E+9, 19440.29, 19636.66, 2.02E-5, 606.0E-5, 0.02 19440.29, 19636.66, 2.02E-5, 606.0E-5, 0.02</p>
SET L1	<p>USER_TEXT M,ITC,IC,JC,LBC,LTC</p>	<p>COLUMN CONNECTIVITY</p> <p>1, 1, 1, 1, 0, 1 2, 2, 1, 2, 0, 1 3, 2, 1, 3, 0, 1 4, 2, 1, 4, 0, 1 5, 1, 1, 5, 0, 1 6, 3, 1, 1, 1, 2 7, 4, 1, 2, 1, 2 8, 4, 1, 3, 1, 2 9, 4, 1, 4, 1, 2 10, 3, 1, 5, 1, 2 11, 5, 1, 1, 2, 3 12, 6, 1, 2, 2, 3 13, 6, 1, 3, 2, 3 14, 6, 1, 4, 2, 3 15, 5, 1, 5, 2, 3 16, 7, 1, 1, 3, 4 17, 8, 1, 2, 3, 4 18, 8, 1, 3, 3, 4 19, 8, 1, 4, 3, 4 20, 7, 1, 5, 3, 4 21, 9, 1, 1, 4, 5 22, 10, 1, 2, 4, 5 23, 10, 1, 3, 4, 5 24, 10, 1, 4, 4, 5 25, 9, 1, 5, 4, 5 26, 11, 1, 1, 5, 6 27, 12, 1, 2, 5, 6 28, 12, 1, 3, 5, 6 29, 12, 1, 4, 5, 6 30, 11, 1, 5, 5, 6</p>
SET L2	<p>USER_TEXT M,ITB,LB,IB,JLB,JRB</p>	<p>BEAM CONNECTIVITY</p> <p>1, 1, 1, 1, 1, 2 2, 2, 1, 1, 2, 3 3, 2, 1, 1, 3, 4 4, 3, 1, 1, 4, 5 5, 4, 2, 1, 1, 2 6, 5, 2, 1, 2, 3 7, 5, 2, 1, 3, 4 8, 6, 2, 1, 4, 5 9, 7, 3, 1, 1, 2 10, 8, 3, 1, 2, 3</p>

		11, 8, 3, 1, 3, 4 12, 9, 3, 1, 4, 5 13,10,4, 1, 1, 2 14,11,4, 1, 2, 3 15,11,4, 1, 3, 4 16,12,4, 1, 4, 5 17,13,5, 1, 1, 2 18,14,5, 1, 2, 3 19,14,5, 1, 3, 4 20,15,5, 1, 4, 5 21,16,6, 1, 1, 2 22,17,6, 1, 2, 3 23,17,6, 1, 3, 4 24,18,6, 1, 4, 5 25,19,2, 1, 1, 2 26,19,2, 1, 1, 2 27,20,2, 1, 2, 3 28,20,2, 1, 2, 3 29,20,2, 1, 3, 4 30,20,2, 1, 3, 4 31,21,2, 1, 4, 5 32,21,2, 1, 4, 5 33,22,3, 1, 1, 2 34,22,3, 1, 1, 2 35,23,3, 1, 2, 3 36,23,3, 1, 2, 3 37,23,3, 1, 3, 4 38,23,3, 1, 3, 4 39,24,3, 1, 4, 5 40,24,3, 1, 4, 5 41,25, 4, 1, 1, 2 42,25, 4, 1, 1, 2 43,26, 4, 1, 4, 5 44,26, 4, 1, 4, 5
SET M	USER_TEXT IOPT	ANALYSIS OPTIONS 2
SET M1	USER_TEXT NLU,NLJ,NLM,NLC	LONG TERM 0,0,0,0
SET M2	USER_TEXT JOPT	Monotonic Pushover Analysis 1
SET M2.1	USER_TEXT ITYP PMAX,MSTEPS,DRFLIM	FORCE CONTROLLED ANALYSIS 1 0.5,60000,5
SET N1.1	USER_TEXT NPRNT	Snapshot Control Data 0
SET N1.3	ICDPRNT(1), ICDPRNT(2), ICDPRNT(3), ICDPRNT(4), ICDPRNT(5)	0,0,0,0,0
SET N2	USER_TEXT NSOUT,DTOUT,ISO(i) FNAMES(i)	OUTPUT CONTROL 6,1,1,2,3,4,5,6 story1 story2 story3 story4 story5 story6
SET N3	USER_TEXT KCOUT,KBOUT,KWOUT,KSOUT,KBROUT,KIWOUT	ELEMENT HYSTERESIS OUTPUT 0,0,0,0,0,0

5.2. ANÁLISIS PUSHOVER

5.2.1. Introducción teórica

El análisis comúnmente llamado “pushover” en la literatura anglosajona consiste en efectuar un análisis estático no lineal en el que se aplica una distribución de cargas (fuerzas o desplazamientos impuestos) de forma monótonamente creciente e incremental. Es un tipo de análisis que intenta cuantificar los daños producidos en la estructura por determinados fenómenos (como pueden ser los sismos) al mismo tiempo que identifica dónde se producirán los mecanismos de fallo a medida que transcurre el fenómeno en estudio.

Es un método incremental porque al ser no lineal, el método numérico utilizado, que podría ser el de Newmark o aceleración lineal, calcula los efectos a partir de un incremento de los anteriores.

Al final se comprueba la formación de articulaciones o rótulas y el lugar donde ocurren.

En la Fig. 5.2.1 se representan los desplazamientos de la última planta de un edificio en función del cortante en la base: la línea OA muestra el comportamiento elástico de la estructura, en la que los desplazamientos se suponen proporcionales a la magnitud de la carga horizontal aplicada. El punto D representa la aparición de la primera articulación plástica. A partir de este punto, el comportamiento deja de ser lineal, y en la medida en que se presentan más articulaciones, este comportamiento tiende a ser el que muestra la curva ODB, que suele simplificarse con la curva idealizada OEC.

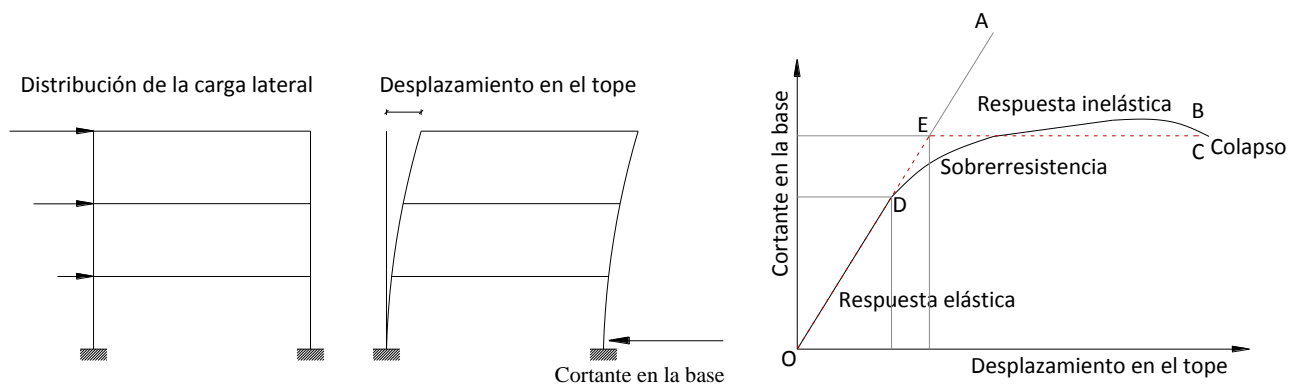


Fig. 5.2.1: Desplazamiento de una estructura solicitada por fuerza horizontal

En la Fig. 5.2.2 [12] se muestra el incremento de los daños con la intensidad. El *Grado 1* corresponde a daños de despreciables a ligeros (ningún daño estructural, daños no estructurales ligeros). El *Grado 2*, daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no estructurales moderados). El *Grado 3*, daños de importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no estructurales graves). El *Grado 4*, daños muy graves (daños estructurales graves, daños no estructurales muy graves). Y el *Grado 5*, destrucción (daños estructurales muy graves).

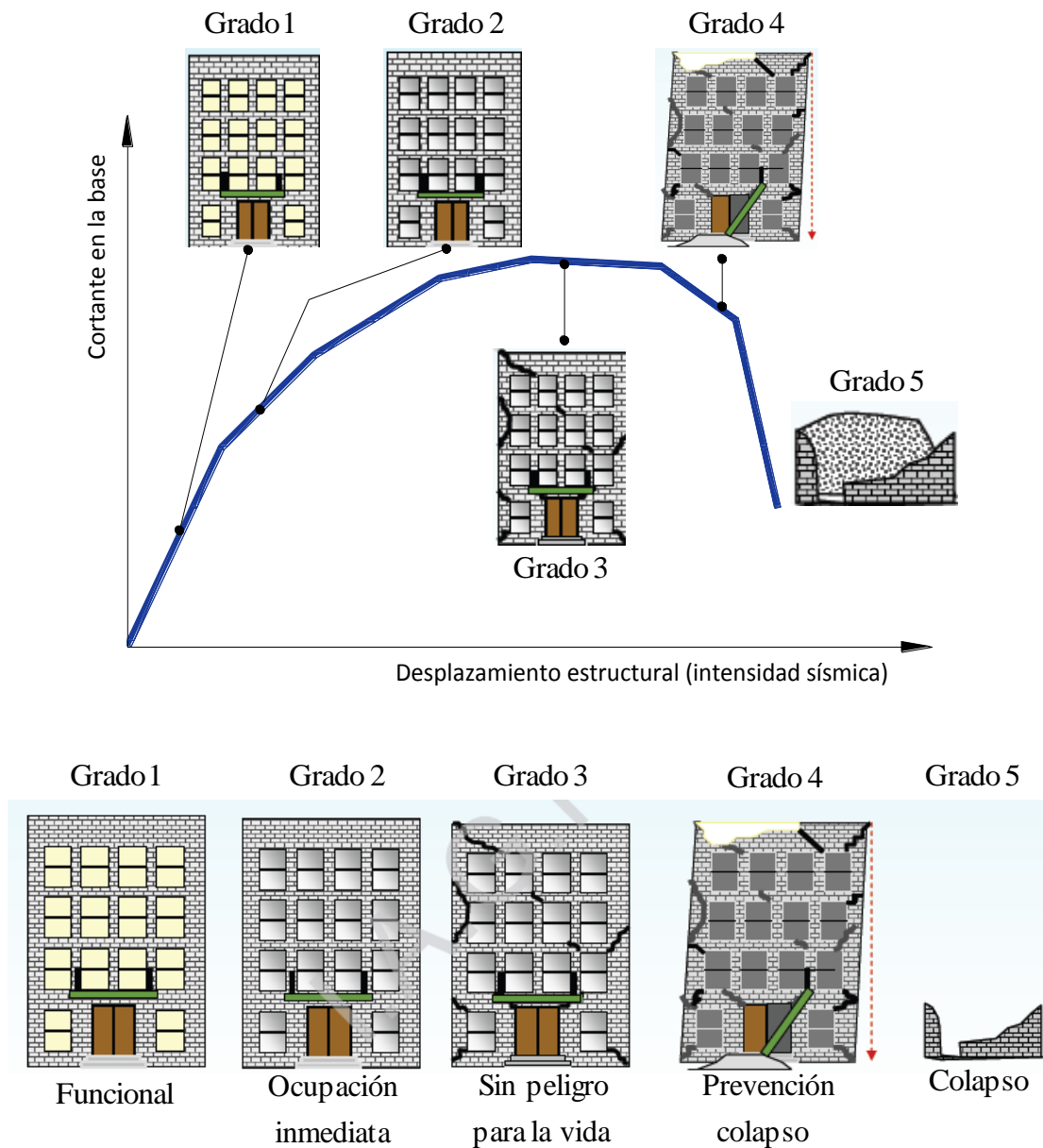


Fig. 5.2.2: Incremento de los daños con la intensidad

Todos los pórticos definidos y modelizados en los apartados anteriores se sometieron a este tipo de análisis que permite determinar características globales de la respuesta de los pórticos en términos de fuerza y deformación lateral. En este apartado se ha obtenido la curva de capacidad de cada pórtico, la relación entre fuerza cortante de la planta y el desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta, para cada planta de cada pórtico y la rigidez inicial así como el desplazamiento de fluencia de cada planta.

5.2.2. Curva de capacidad

Se obtienen a continuación las curvas de capacidad, es decir, la relación entre el cortante basal y el desplazamiento de la última planta para cada uno de pórticos que estamos analizando.

Mediante el programa IDARC se obtienen los siguientes parámetros: deformación promedio (*overall deformation*) en % y coeficiente cortante basal (*base shear coefficient*) adimensional. Para poder obtener las curvas de capacidad, expresadas en las Fig. 5.2.3, 5.2.4 y 5.2.5, como la relación entre el cortante basal en KN y el desplazamiento en mm, consideraremos la altura total de cada uno de los pórticos así como su peso respectivamente. Estos valores se expresan en la tabla 5.2.1.

Tabla 5.2.1: Altura total y peso de cada uno de los pórticos

Pórtico	Altura (mm)	Peso (KN)
pa2pz2-1	10500	2175.000
pa4pz2-1	10500	2606.985
pa6pz2-1	19500	4350.000

En esta curva vemos el comportamiento de la estructura. En primer lugar el comportamiento es elástico lineal, seguidamente empiezan a aparecer rótulas, hasta que se convierte en una curva no lineal. Cuando la estructura plastifica, necesita menos cortante lo que implica que se produzca un mayor desplazamiento. Se obtendrá el punto donde se produce el colapso de la estructura, a partir del cual la estructura no resiste un incremento de la fuerza.

- Pórtico pa2pz2-1

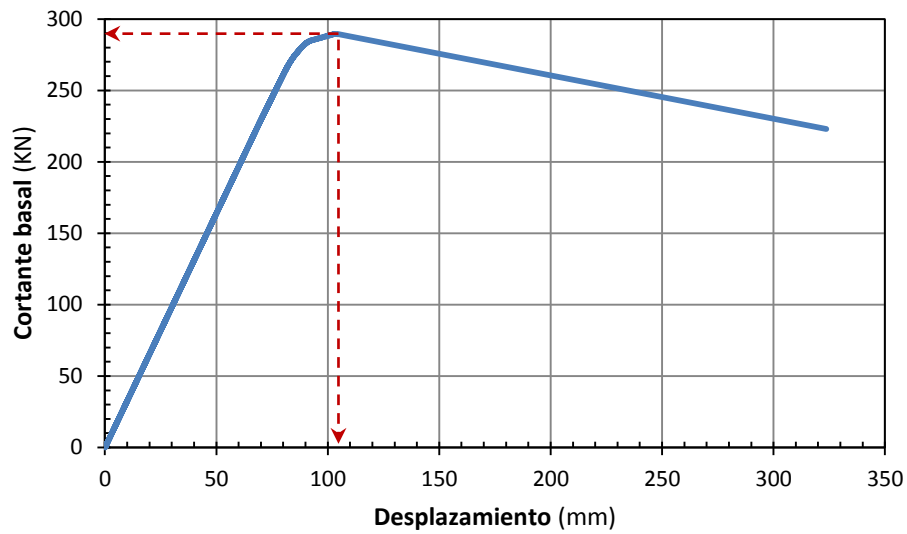


Fig. 5.2.3: Curva de capacidad del pórtico pa2pz2-1

Tabla 5.2.2: Cortante basal y desplazamiento para los que se produce el colapso en el pórtico pa2pz2-1

Cortante basal (KN)	28
Desplazamiento (mm)	103

- Pórtico pa4pz2-1

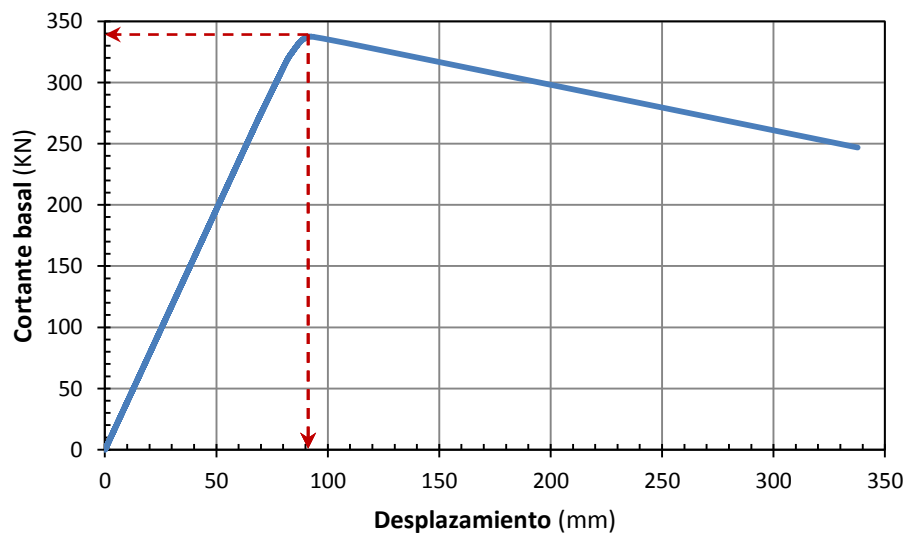


Fig. 5.2.4: Curva de capacidad del pórtico pa4pz2-1

Tabla 5.2.3: Cortante basal y desplazamiento para los que se produce el colapso en el pórtico pa4pz2-1

Cortante basal (KN)	91
Desplazamiento (mm)	338

- Pórtico pa6pz2-1

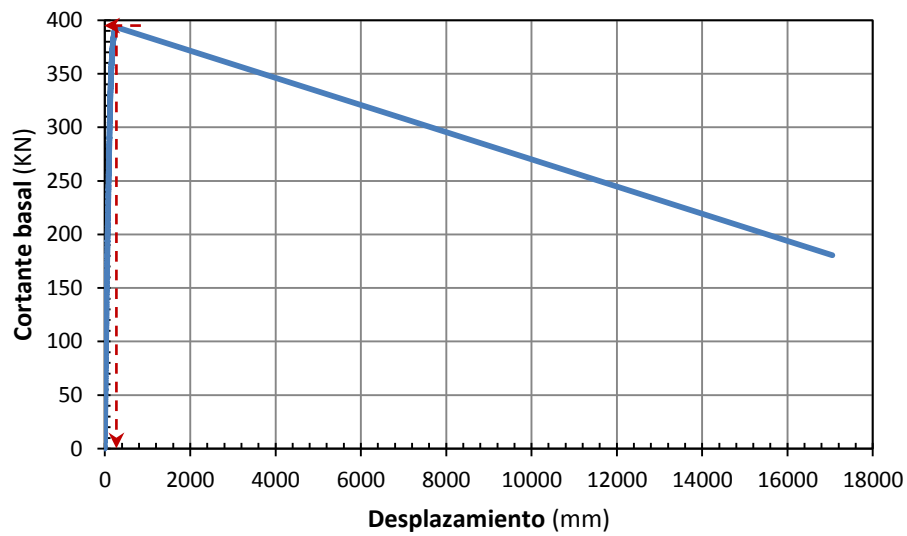


Fig. 5.2.5: Curva de capacidad del pórtico pa6pz2-1

Tabla 5.2.4: Cortante basal y desplazamiento para los que se produce el colapso en el pórtico pa6pz2-1

Cortante basal (KN)	392
Desplazamiento (mm)	347

Tabla 5.2.5: Cortante basal y desplazamiento para los que se produce el colapso en cada uno de los pórticos

Pórtico	pa2pz2-1	pa4pz2-1	pa6pz2-1
Cortante basal (KN)	289	338	392
Desplazamiento (mm)	103	91	347

5.2.3. Relación entre fuerza cortante de la planta y desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta

El programa IDARC, genera los ficheros de salida para cada una de las plantas de cada pórtico, en los que se encuentran los parámetros de Desplazamiento en mm (*story drift*) y Cortante en KN (*story shear*) que representaremos en las figuras 5.2.6 a 5.2.17 siguientes:

▪ Pórtico pa2pz2-1

- Planta 1ª (story1)

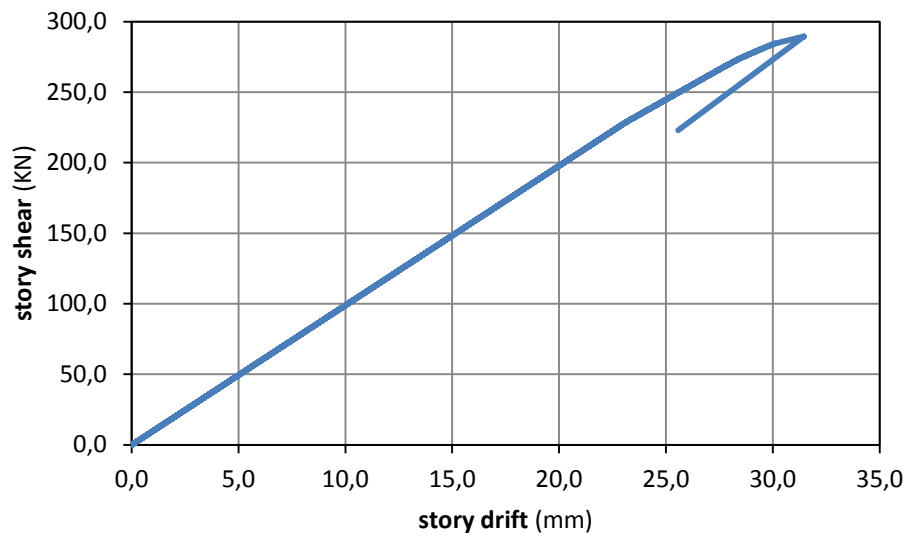


Fig. 5.2.6: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª

- Planta 2ª (story2)

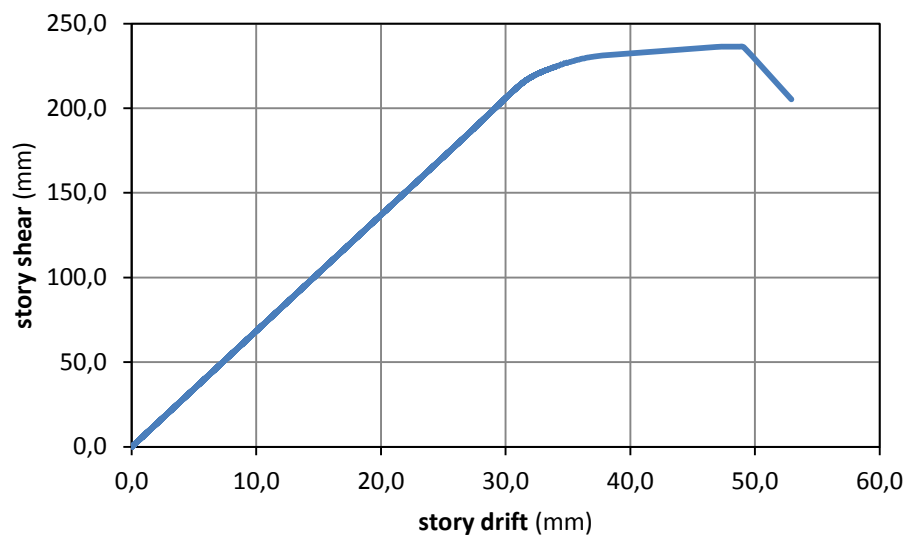


Fig. 5.2.7: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª

- Planta 3ª (story3)

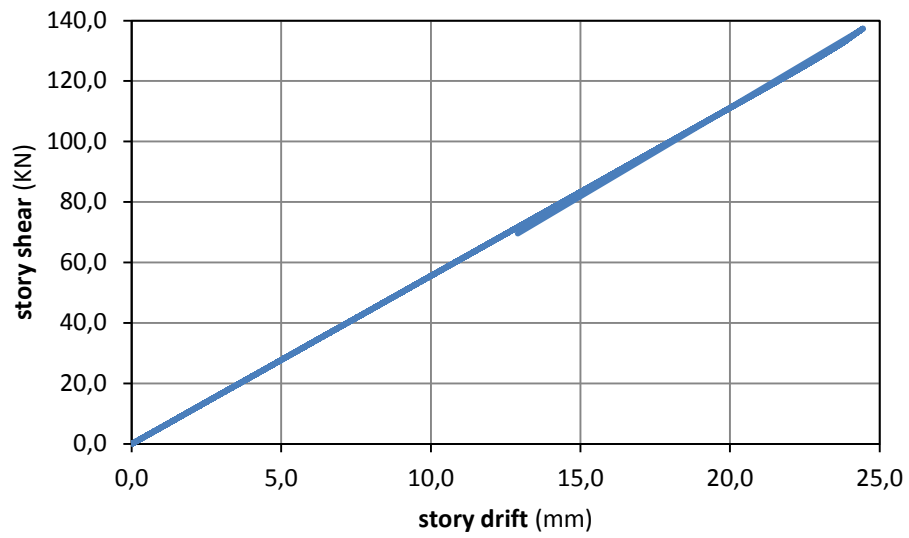


Fig. 5.2.8: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª

▪ Pórtico pa4pz2-1

- Planta 1ª (story1)

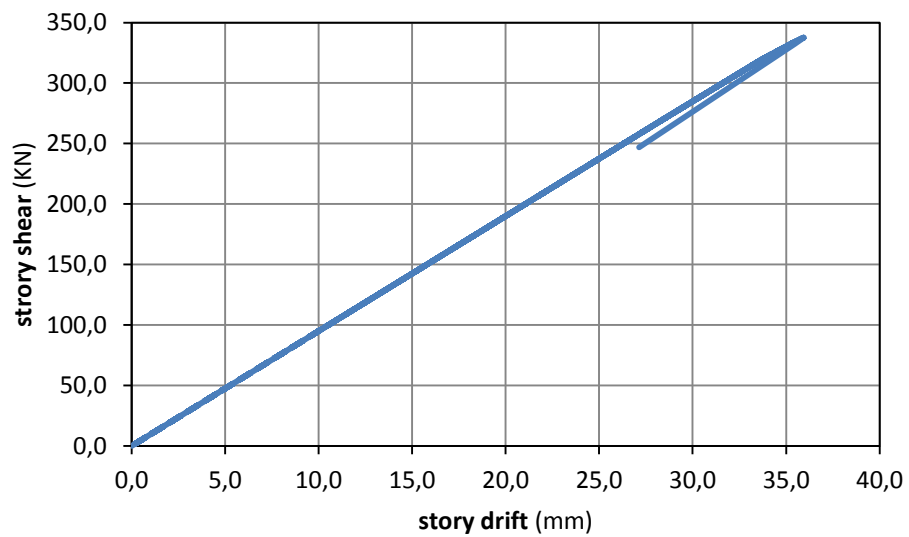


Fig. 5.2.9: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª

- Planta 2ª (story2)

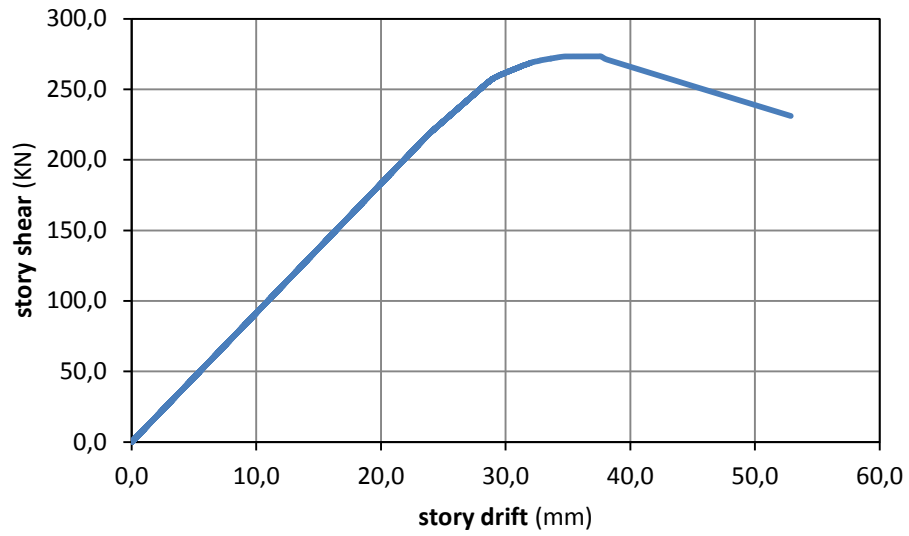


Fig. 5.2.10: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª

- Planta 3ª (story3)

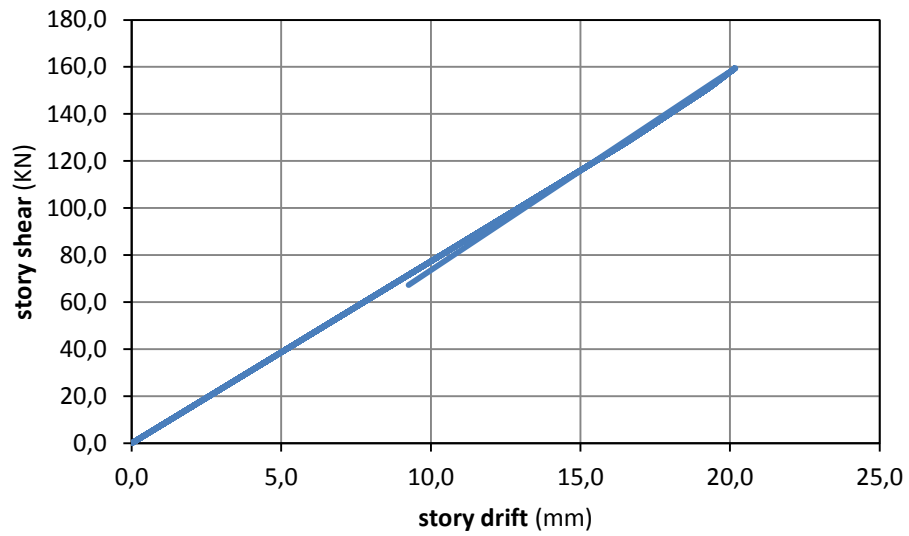


Fig. 5.2.11: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª

▪ Pórtico pa6pz2-1

- Planta 1ª (story1)

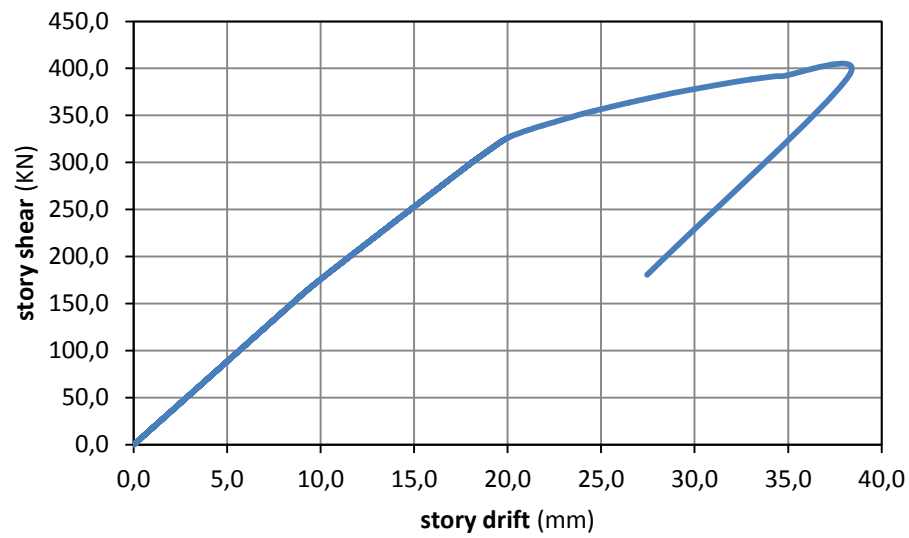


Fig. 5.2.12: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª

- Planta 2ª (story2)

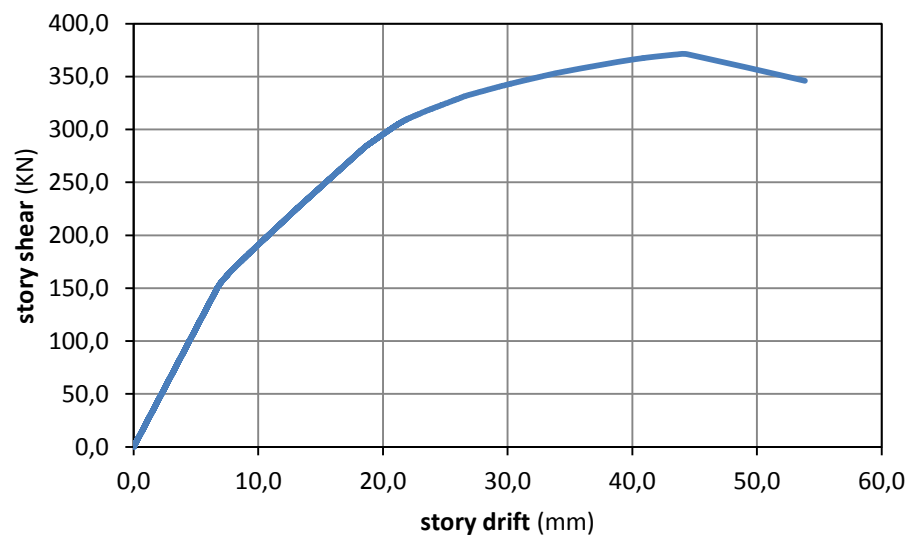


Fig. 5.2.13: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª

- Planta 3ª (story3)

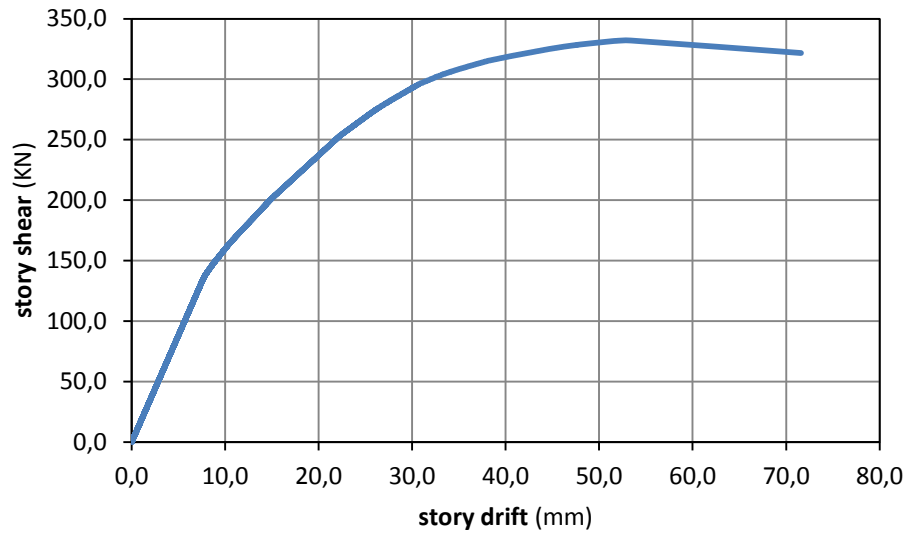


Fig. 5.2.14: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª

- Planta 4ª (story4)

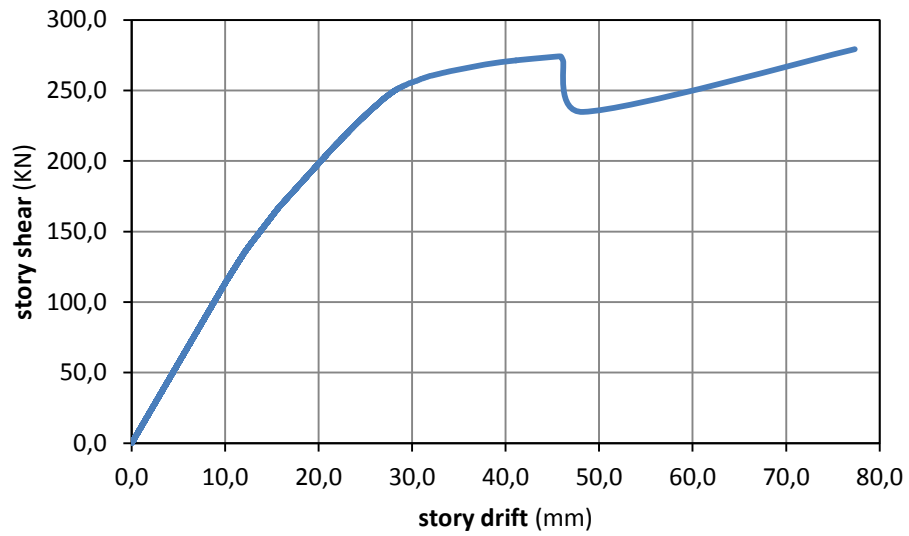


Fig. 5.2.15: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª

- Planta 5ª (story5)

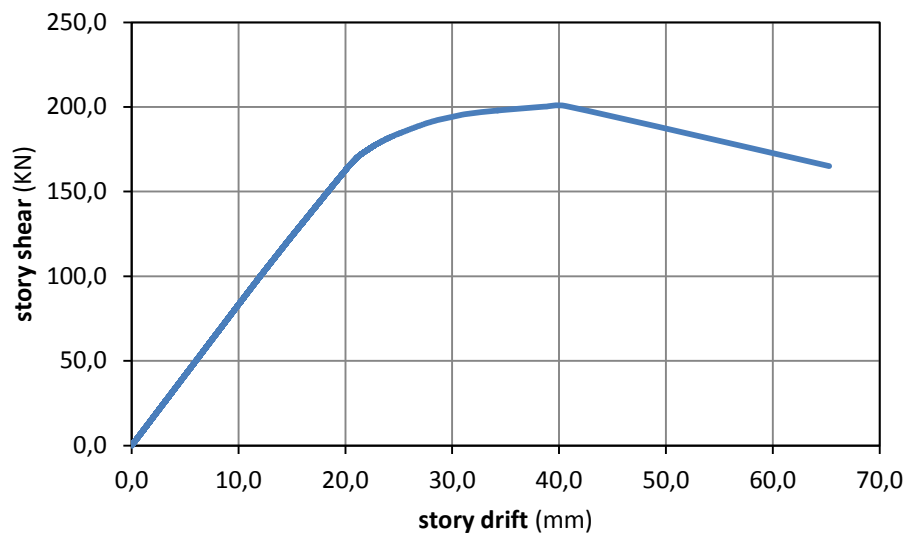


Fig. 5.2.16: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª

- Planta 6ª (story6)

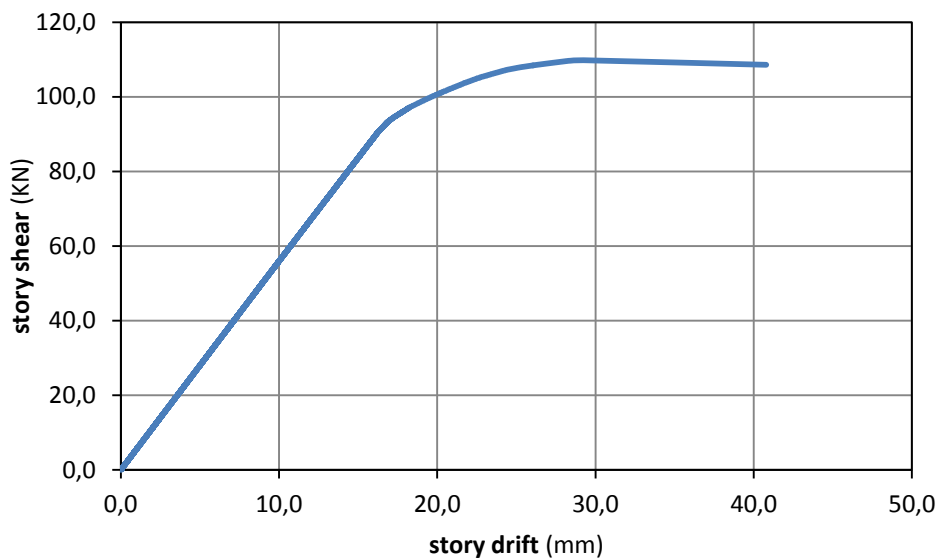


Fig. 5.2.17: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª

5.2.4. Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia de cada planta

La rigidez inicial, es la tangente a la curva. Para obtener la rigidez inicial y el desplazamiento de fluencia de cada planta, partimos de los valores obtenidos en el apartado 5.2.3 de este capítulo, relación entre fuerza cortante de la planta y desplazamiento entre forjados que delimitan dicha planta, puesto que el desplazamiento de fluencia se produce cuando hay un cambio de rigidez.

En un principio, la rigidez permanece constante, hasta que al llegar a un determinado desplazamiento conforme la estructura va plastificando ésta disminuye. Sin embargo en las figuras 5.2.23 y 5.3.29 se observa un aumento de la rigidez debido a un endurecimiento por plastificación.

▪ Pórtico pa2pz2-1

- Planta 1ª (story1)

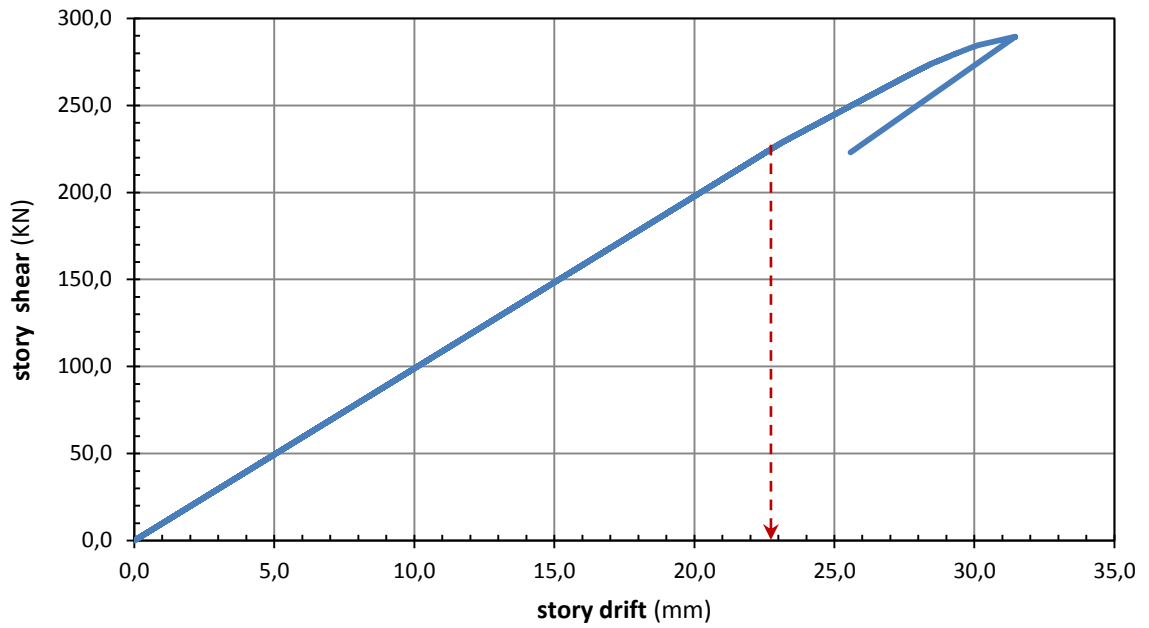


Fig. 5.2.18: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª

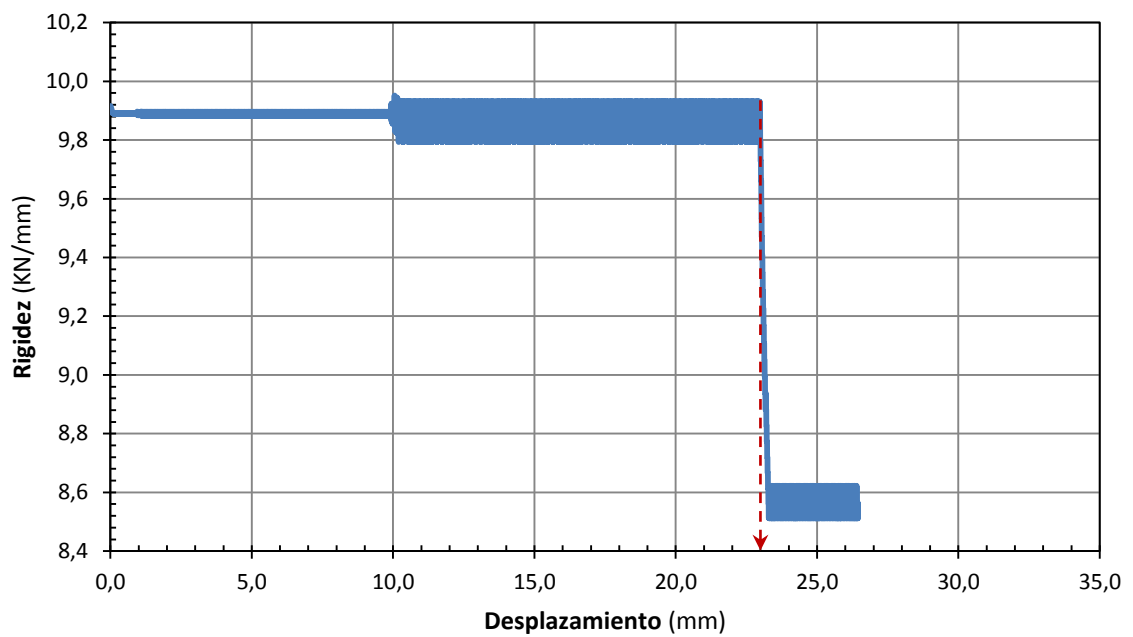


Fig. 5.2.19: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª

Tabla 5.2.6: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa2pz2-1, planta 1ª

Rigidez inicial (KN/mm)	9,9
Desplazamiento de fluencia (mm)	23

- Planta 2ª (story2)

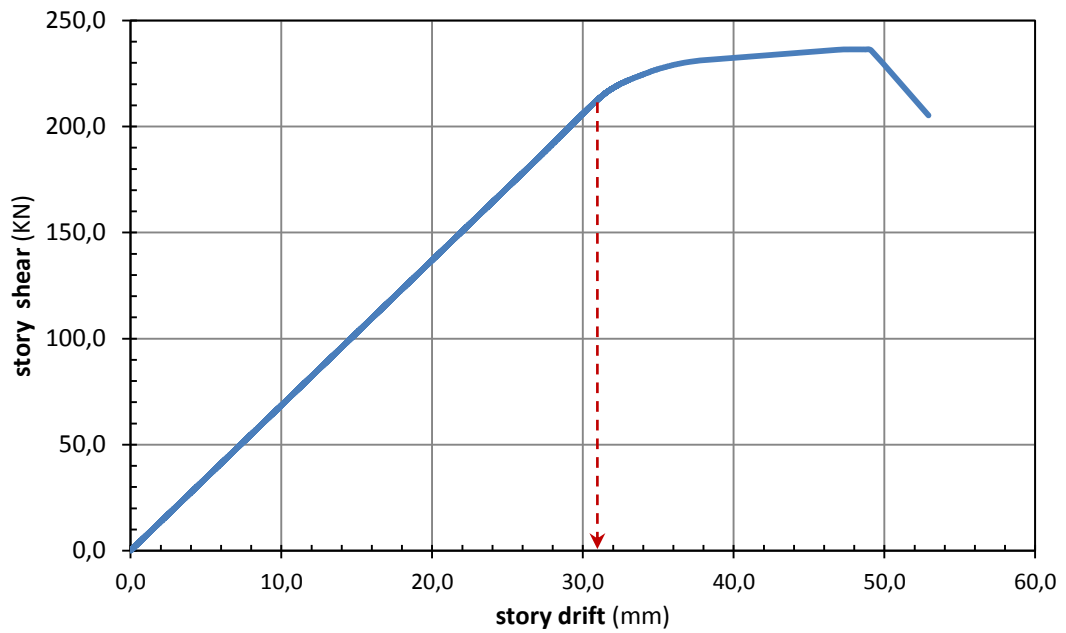


Fig. 5.2.20: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª

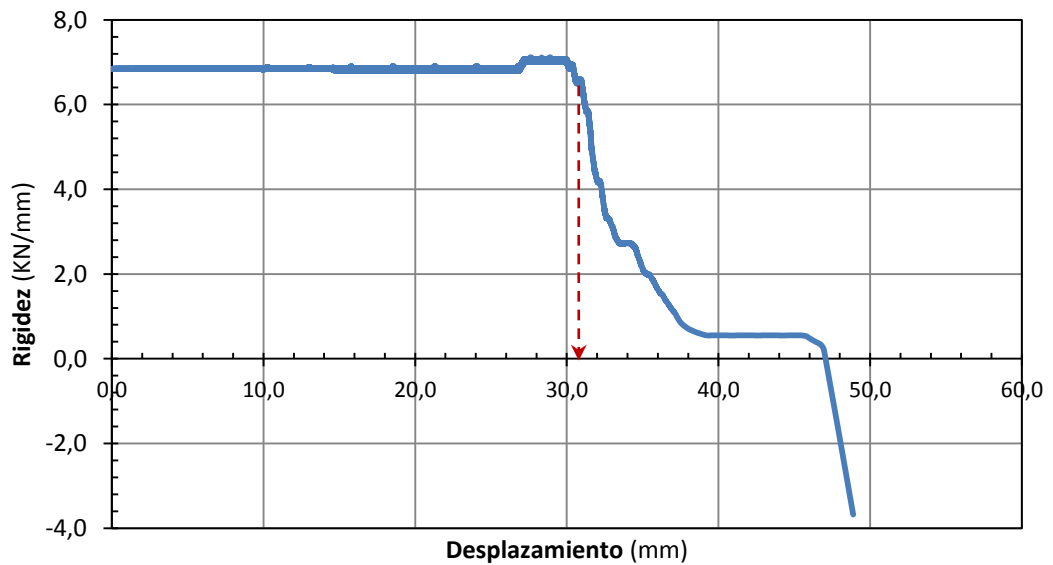


Fig. 5.2.21: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª

Tabla 5.2.7: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa2pz2-1, planta 2ª

Rigidez inicial (kN/mm)	6,8
Desplazamiento de fluencia (mm)	32

- Planta 3ª (story3)

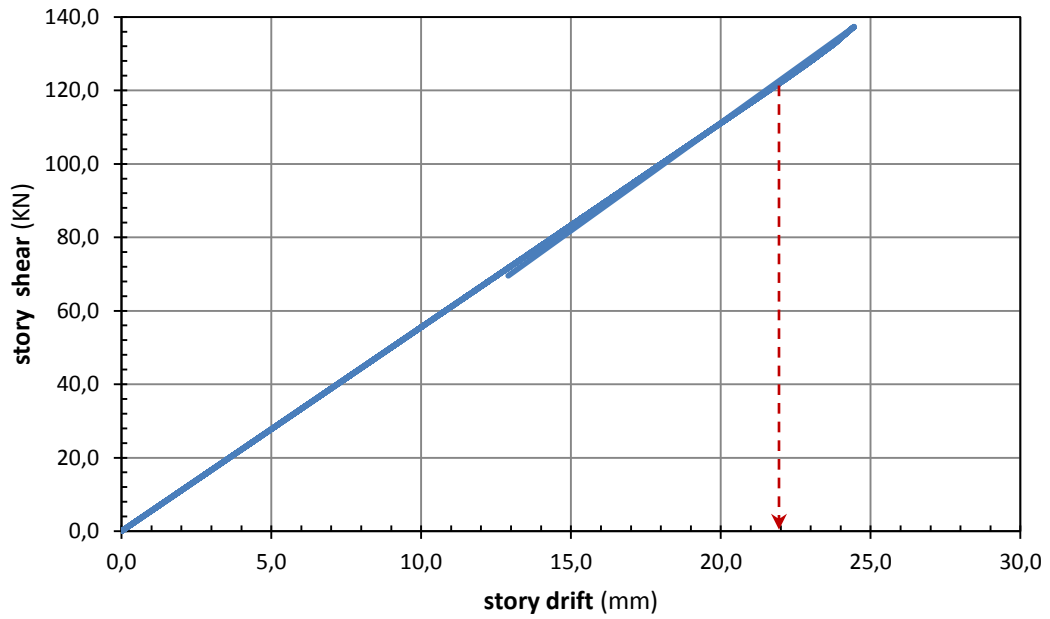


Fig. 5.2.22: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª

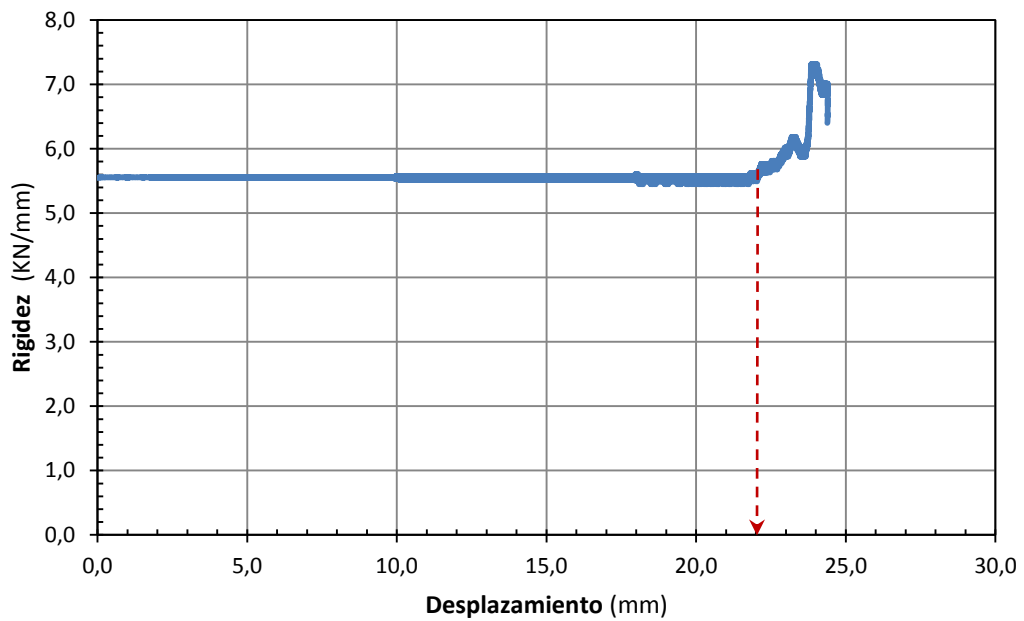


Fig. 5.2.23: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª

Tabla 5.2.8: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa2pz2-1, planta 3ª

Rigidez inicial (KN/mm)	5,5
Desplazamiento de fluencia (mm)	22

▪ Pórtico pa4pz2-1

- Planta 1ª (story1)

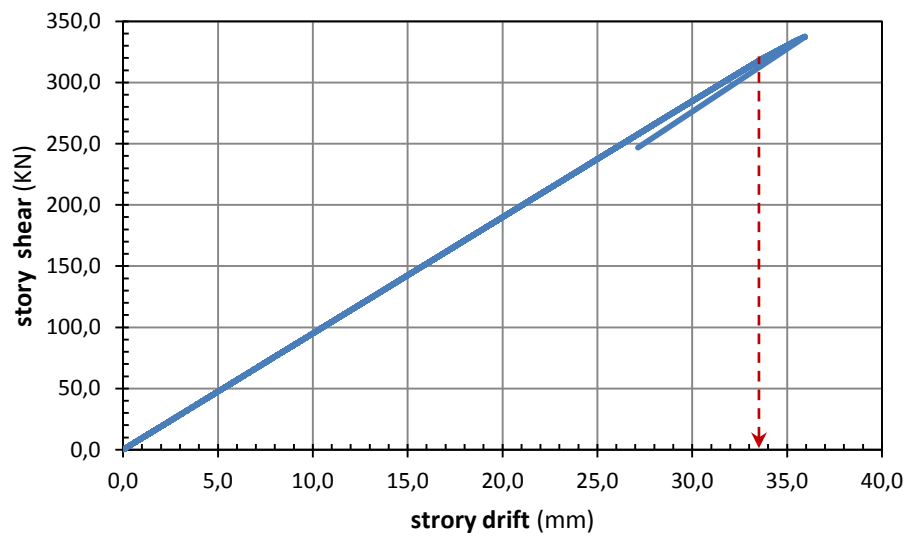


Fig. 5.2.24: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª

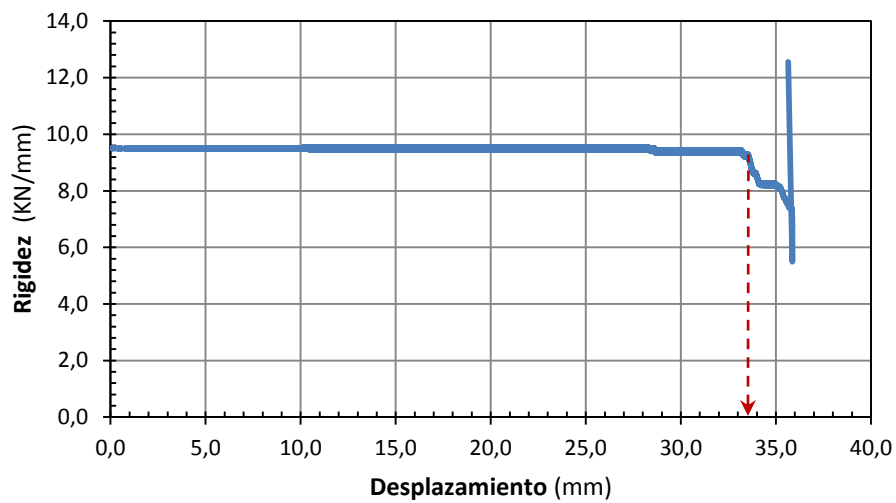


Fig. 5.2.25: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª

Tabla 5.2.9: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa4pz2-1, planta 1ª

Rigidez inicial (kN/mm)	9,5
Desplazamiento de fluencia (mm)	33

- Planta 2ª (story2)

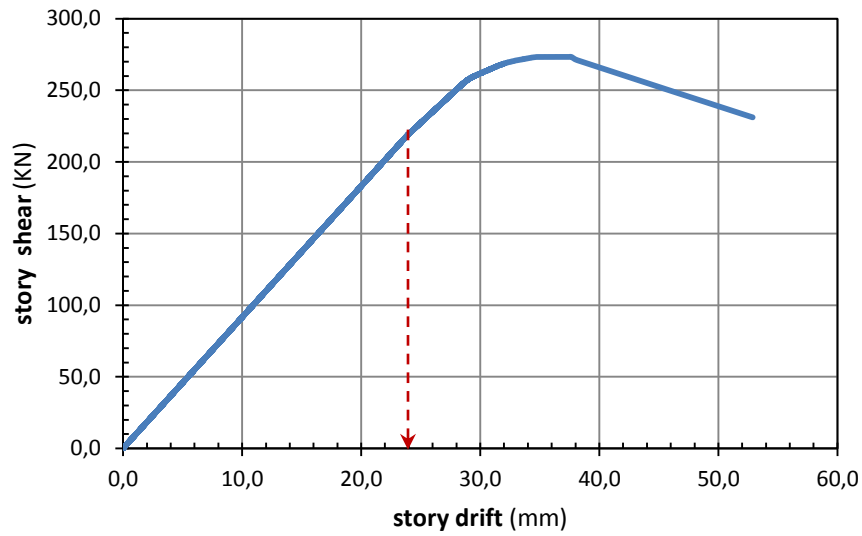


Fig. 5.2.26: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª

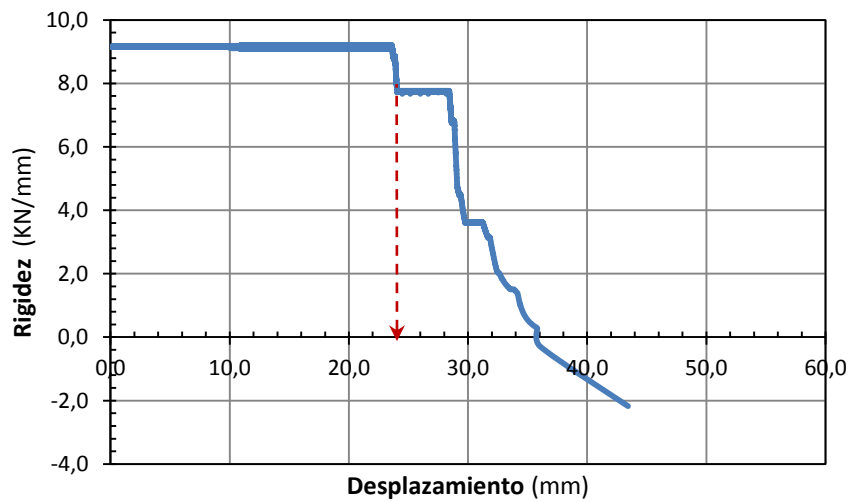


Fig. 5.2.27: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª

Tabla 5.2.10: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa4pz2-1, planta 2ª

Rigidez inicial (KN/mm)	9,1
Desplazamiento de fluencia (mm)	24

- Planta 3ª (story3)

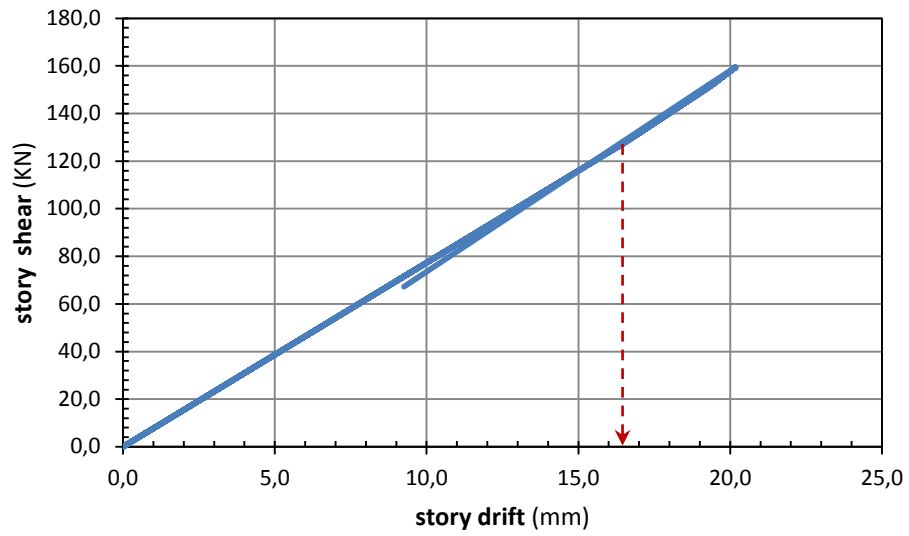


Fig. 5.2.28: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª

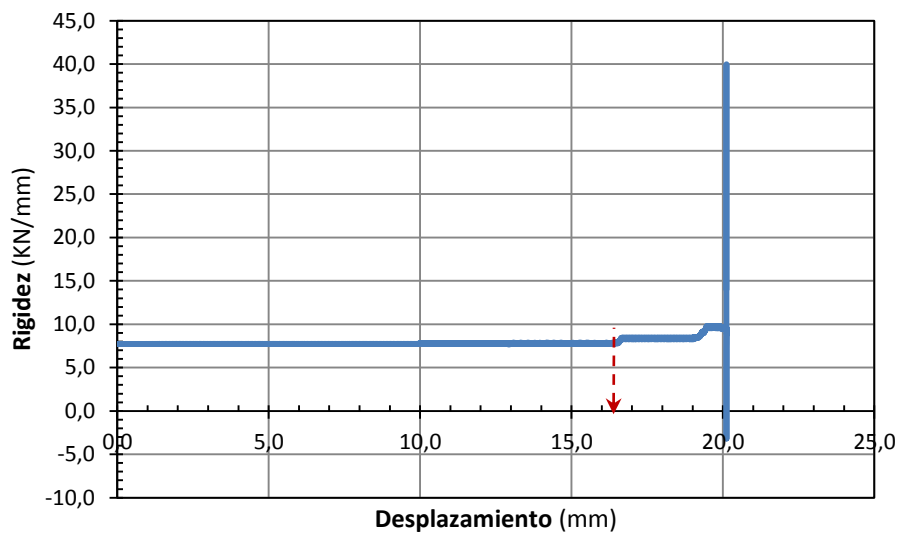


Fig. 5.2.29: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª

Tabla 5.2.11: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa4pz2-1, planta 3ª

Rigidez inicial (kN/mm)	7,7
Desplazamiento de fluencia (mm)	16,5

▪ Pórtico pa6pz2-1

- Planta 1ª (story1)

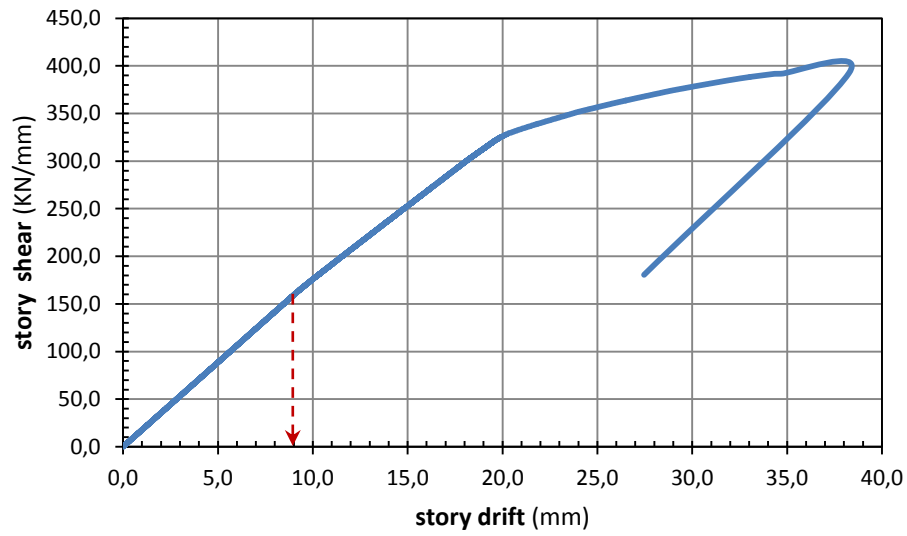


Fig. 5.2.30: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª

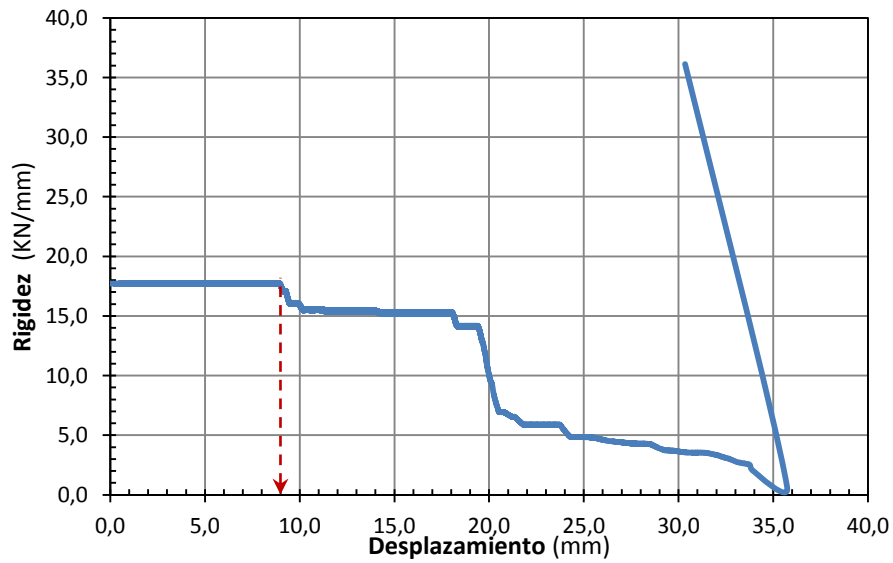


Fig. 5.2.31: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª

Tabla 5.2.12: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 1ª

Rigidez inicial (KN/mm)	17,5
Desplazamiento de fluencia (mm)	9

- Planta 2ª (story2)

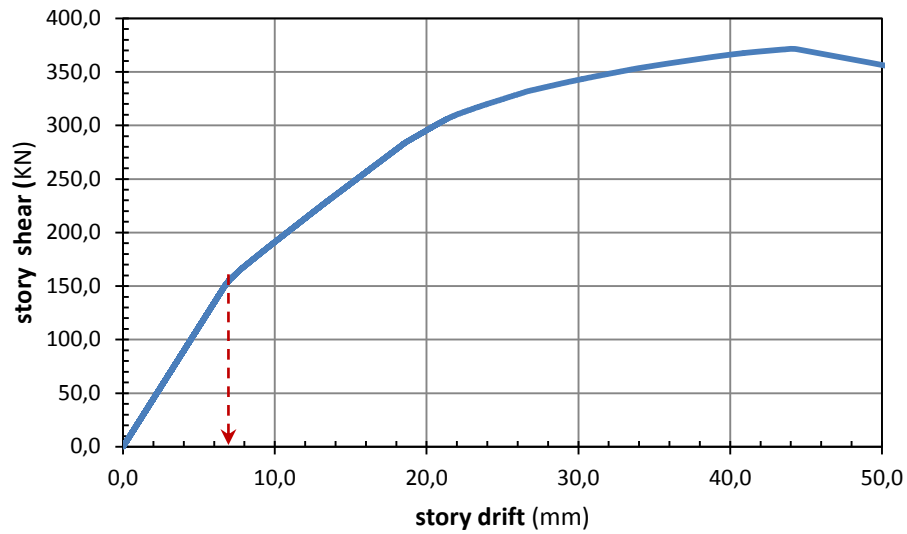


Fig. 5.2.32: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª

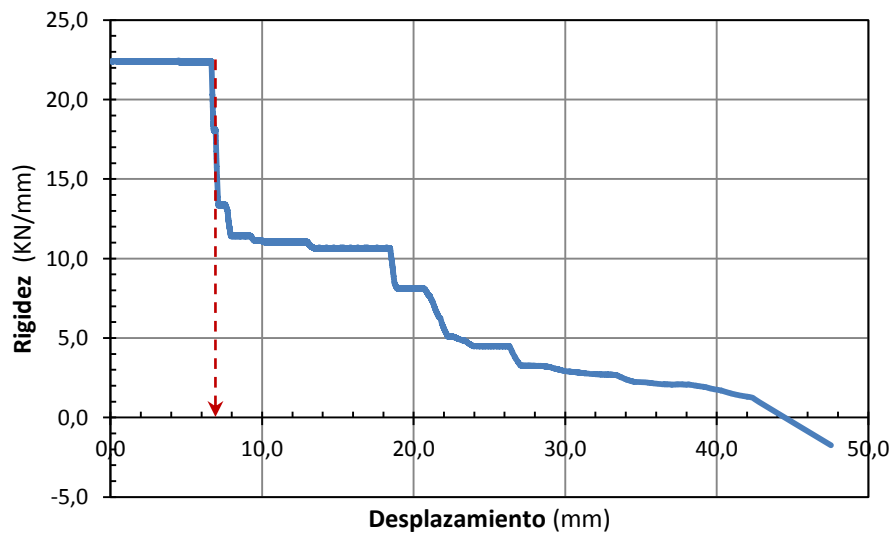


Fig. 5.2.33: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª

Tabla 5.2.13: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 2ª

Rigidez inicial (KN/mm)	22,4
Desplazamiento de fluencia (mm)	7

- Planta 3ª (story3)

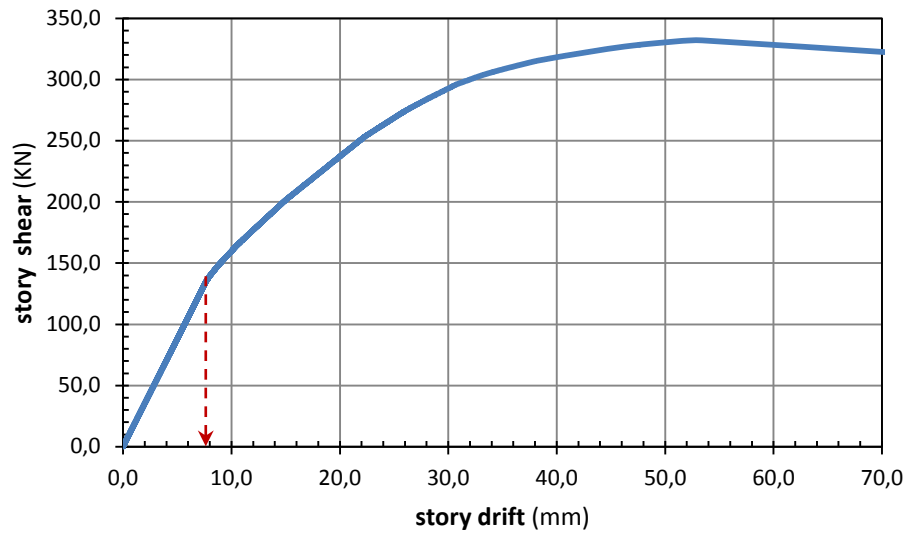


Fig. 5.2.34: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª

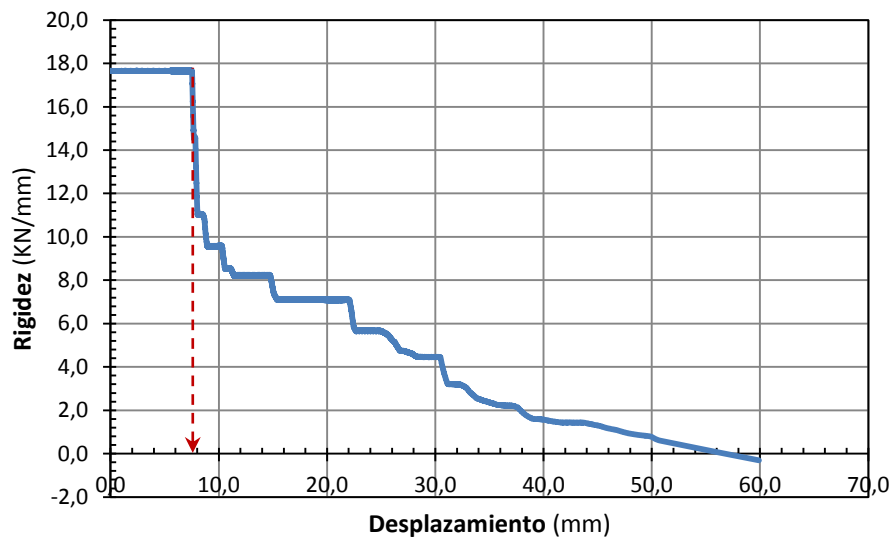


Fig. 5.2.35: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª

Tabla 5.2.14: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 3ª

Rigidez inicial (kN/mm)	17,7
Desplazamiento de fluencia (mm)	8

- Planta 4ª (story4)

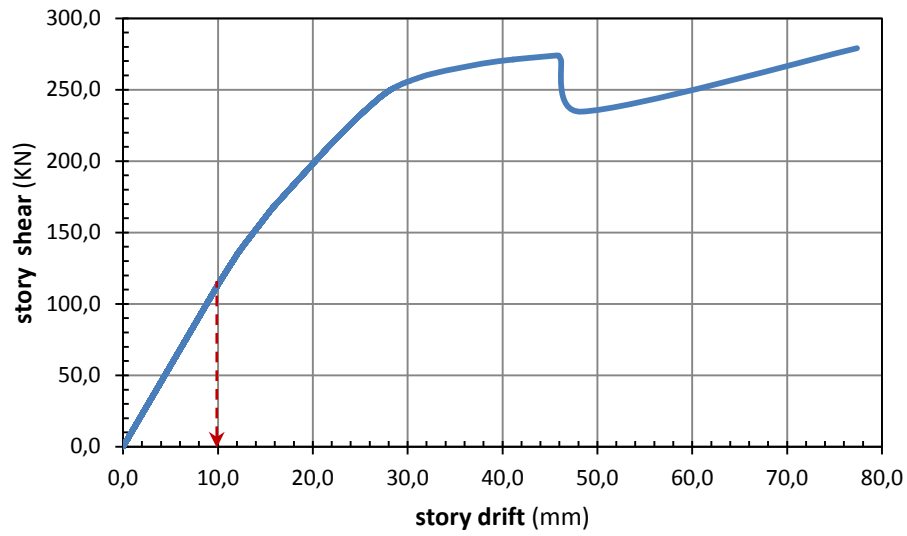


Fig. 5.2.36: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª

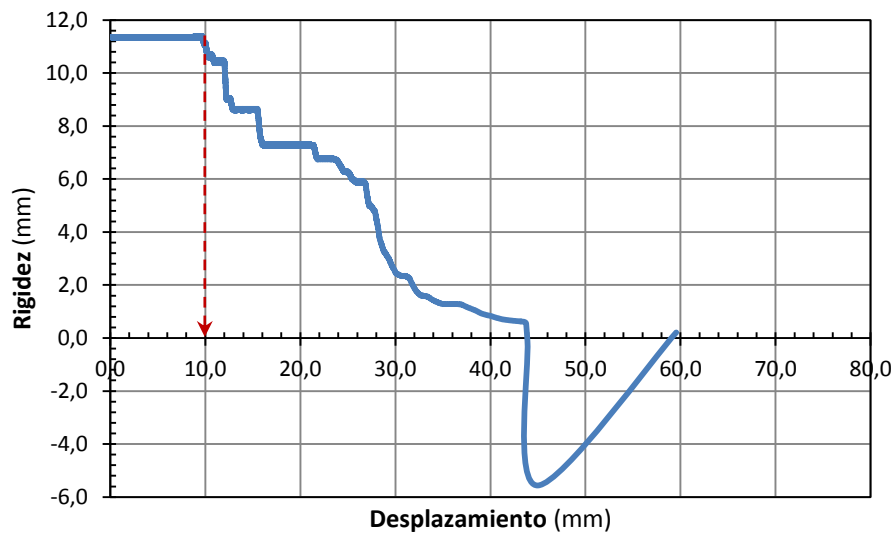


Fig. 5.2.37: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª

Tabla 5.2.15: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 4ª

Rigidez inicial (KN/mm)	11,3
Desplazamiento de fluencia (mm)	10

- Planta 5ª (story5)

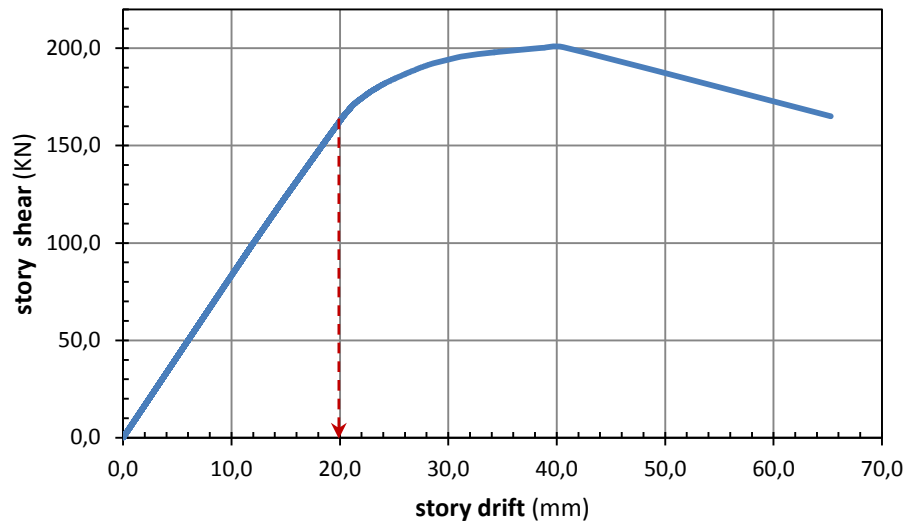


Fig. 5.2.38: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª

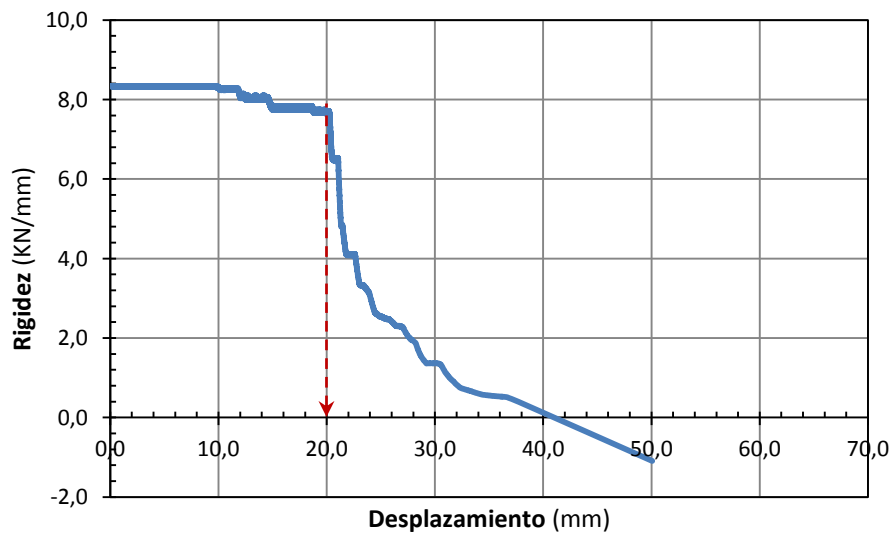


Fig. 5.2.39: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª

Tabla 5.2.16: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 5ª

Rigidez inicial (kN/mm)	8,3
Desplazamiento de fluencia (mm)	20

- Planta 6ª (story6)

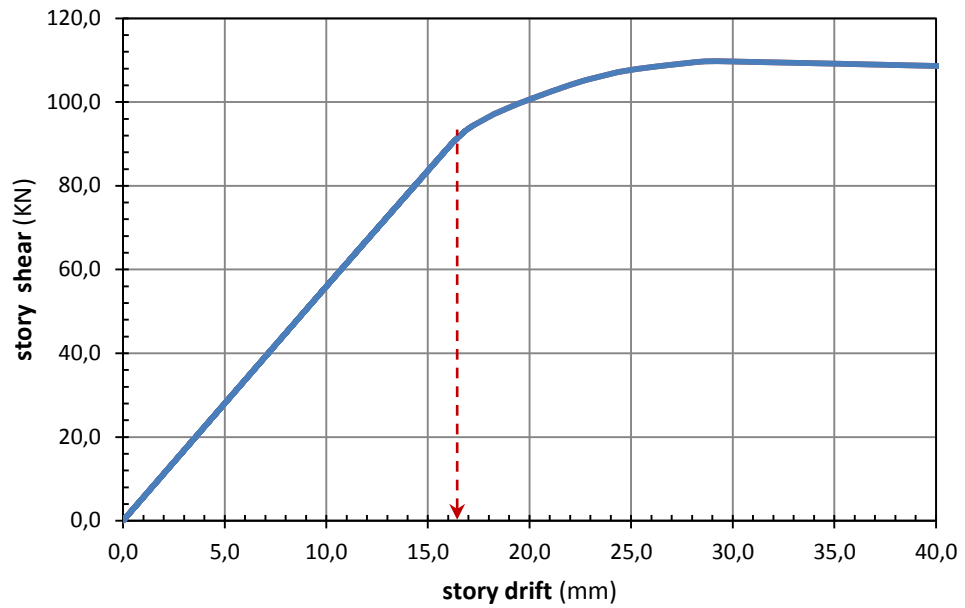


Fig. 5.2.40: Fuerza cortante-Desplazamiento entre forjados, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª

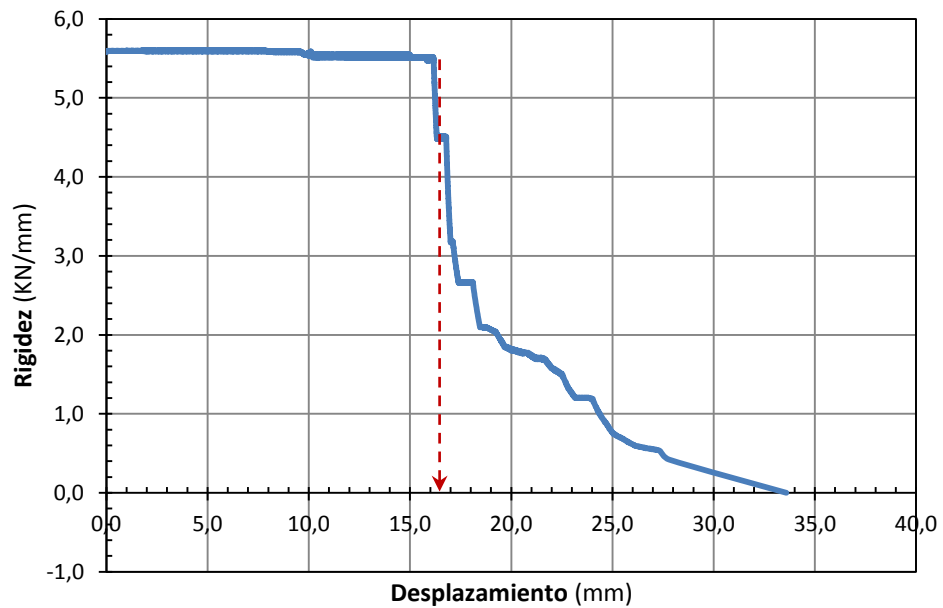


Fig. 5.2.41: Rigidez-Desplazamiento, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª

Tabla 5.2.17: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia, pórtico pa6pz2-1, planta 6ª

Rigidez inicial (KN/mm)	5,6
Desplazamiento de fluencia (mm)	16

5.2.4.1. Tabla resumen Rigidez inicial-Desplazamiento de fluencia para cada uno de los pórticos

Tabla 5.2.18: Rigidez inicial y desplazamiento de fluencia para cada planta de cada uno de los pórticos

	Pórtico pa2pz2-1		Pórtico pa4pz2-1		Pórtico pa6pz2-1	
	Rigidez inicial (KN/mm)	Desplaz. fluencia (mm)	Rigidez inicial (KN/mm)	Desplaz. fluencia (mm)	Rigidez inicial (KN/mm)	Desplaz. fluencia (mm)
Planta 1ª	9,9	23	9,5	33	17,7	9
Planta 2ª	6,8	32	9,1	24	22,4	7
Planta 3ª	5,5	22	7,7	16,5	17,7	8
Planta 4ª	---	---	---	---	11,3	10
Planta 5ª	---	---	---	---	8,3	20
Planta 6ª	---	---	---	---	5,6	16

5.2.5. Periodos de vibración obtenidos con el programa IDARC y con el programa LumpST

La estimación del periodo natural de vibración de una estructura de hormigón armado, es un procedimiento esencial en el diseño sísmico. A partir de esta característica puede obtenerse una buena apreciación de las demandas globales sobre una estructura sometida a una determinada acción sísmica.

Esta propiedad depende de la masa y la rigidez de la estructura, también influyen muchos otros factores, tales como la regularidad de la estructura, el número de plantas y huecos, las dimensiones de las secciones, el nivel de carga axial, las cuantías de refuerzo y del nivel de agrietamiento del hormigón.

El período es el tiempo en que tarda un objeto en cumplir un ciclo cuando vibra, es una característica única del objeto y no se altera a menos que sea forzado a cambiarlo.

La respuesta sísmica de un sistema depende de su periodo de vibración, lo que indica que la respuesta máxima de una estructura ante un temblor varíe principalmente por el periodo de vibración.

Para cambiar el período de vibración se debe variar la masa o la rigidez del edificio. En general, un proyectista tiene poca libertad para modificar la masa del edificio sin embargo sí se puede actuar sobre la rigidez lateral, principalmente dependiendo del sistema estructural que se elija, el cual puede ser relativamente flexible, cuando es a base de pórticos o muy rígido cuando tiene muros estructurales.

Por otra parte, los periodos de vibración de un edificio aumentan con el número de plantas, por lo que se acostumbra a numerarlos en orden decreciente; así el primer período T_1 (llamado periodo fundamental) tiene el mayor valor y el último, T_n , el menor.

La relación entre el periodo fundamental del edificio (T_E) y el periodo dominante del suelo (T_S) influye en la respuesta de una estructura real. Si se someten varios sistemas con diferentes periodos a un movimiento del terreno, cada uno responderá de manera diferente; la amplitud de su respuesta depende esencialmente de la relación entre el periodo de la estructura y el periodo dominante del movimiento del suelo (T_E/T_S). La *resonancia* ocurre cuando esta relación está cerca de la unidad, ya que la amplitud de la respuesta es mayor. Por ello, es conveniente evitar esta situación en los edificios, alejando el valor T_E del T_S , ya que de ser así, estarían sujetos en cada sismo fuerzas grandes. Es recomendable procurar que la relación esté fuera del rango indicado en la Ecuación 5.2.1

$$0,7 \leq \frac{T_E}{T_S} \leq 1,2 \quad (5.2.1)$$

Por lo general cuando el movimiento del terreno es lento, con periodos dominantes largos, son las estructuras altas y flexibles donde se amplifican las vibraciones y generan aceleraciones más elevadas y por ende fuerzas sísmicas mayores. Por el contrario, movimiento de periodo corto afectan más a las estructuras bajas y rígidas.

5.2.5.1. Periodos de vibración sin disipadores obtenidos con el programa IDARC

En la Tabla 5.2.19 se exponen las frecuencias y periodos de vibración obtenidos del análisis modal para cada uno de los modos de vibración.

Tabla 5.2.19: Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con IDARC para cada uno de los pórticos

Modo	Pórtico pa2pz2-1		Pórtico pa4pz2-1		Pórtico pa6pz2-1	
	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	0.73348	1.36336	0.71982	1.38923	0.55290	1.80865
2	2.23037	0.44836	2.19904	0.45474	1.40418	0.71216
3	4.01774	0.24890	3.97820	0.25137	2.45124	0.40796
4	---	---	---	---	3.88800	0.25720
5	---	---	---	---	5.52625	0.18095
6	---	---	---	---	7.48868	0.13353
Periodo fund. fT_1 (s)	1.36336		1.38923		1.80865	

5.2.5.2. Periodos de vibración sin disipadores obtenidos con el programa LumpST

- Pórtico pa2pz2-1

Peso de una planta: $P = [118,75 + (162,5 \times 3) + 118,75]KN = 725KN$

Masa de una planta: $m = \frac{725000N}{981cm/s^2} = 739,04Ns^2/cm$

Rigidez de cada una de las plantas:

Planta 3ª: $f k_3 = 5,5KN/mm = 55000N/cm$

Planta 2ª: $f k_2 = 6,8KN/mm = 68000N/cm$

Planta 1ª: $f k_1 = 9,9KN/mm = 99000N/cm$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,4, 739.04, 0, 99000, 1000., 0.01
 2,1,4, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 3,2,1, 739.04, 0, 68000, 1000., 0.01
 4,2,1, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 5,3,2, 739.04, 0, 55000, 1000., 0.01
 6,3,2, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa2pz2-1 son:

Tabla 5.2.20: Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa2pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.4599D+01
2	.1198D+02
3	.1738D+02

Obtenidas las frecuencias, podemos calcular los periodos de vibración para cada uno de los modos, mediante la siguiente ecuación:

$${}_f f_i = \frac{{}_f w_i}{2\pi} \Rightarrow {}_f T_i = \frac{1}{{}_f f_i} \quad (5.2.2)$$

Siendo:

${}_f f_i$: Frecuencia sin disipador para un determinado modo de vibración expresada en (Hz)

${}_f w_i$: Frecuencia sin disipador para un determinado modo de vibración expresada en (rad/s)

${}_f T_i$: Periodo de vibración sin disipador para un determinado modo de vibración expresado en (s)

- Modo 1:

$${}_f w_1 = 4,599 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_1 = \frac{{}_f w_1}{2\pi} = \frac{4,599}{2\pi} = 0,73195 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_1 = \frac{1}{{}_f f_1} = \frac{1}{0,73195} \Rightarrow {}_f T_1 = 1,36621 \text{ s}$$

- Modo 2:

$${}_f w_2 = 11,98 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_2 = \frac{{}_f w_2}{2\pi} = \frac{11,98}{2\pi} = 1,90668 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_2 = \frac{1}{{}_f f_2} = \frac{1}{1,90668} \Rightarrow {}_f T_2 = 0,52447 \text{ s}$$

- Modo 3:

$${}_f w_3 = 17,38 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_3 = \frac{{}_f w_3}{2\pi} = \frac{17,38}{2\pi} = 2,76611 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_3 = \frac{1}{{}_f f_3} = \frac{1}{2,76611} \Rightarrow {}_f T_3 = 0,36152 \text{ s}$$

Tabla 5.2.21: Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa2pz2-1

Pórtico pa2pz2-1		
Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	0.73185	1.36621
2	1.90668	0.52447
3	2.76610	0.36152
Periodo fund. ${}_f T_1$ (s)	1.36621	

El error cometido para los periodos de vibración obtenidos con los programas IDARC y LumpST es el siguiente:

- Periodo Modo 1:

$$\frac{(1,36621 - 1,36336)}{1,36336} \times 100 = 0,21\%$$

- Periodo Modo 2:

$$\frac{(0,52447 - 0,44836)}{0,44836} \times 100 = 16,97\%$$

- Periodo Modo 3:

$$\frac{(0,36152 - 0,24890)}{0,24890} \times 100 = 45,25\%$$

Vemos que el error cometido para los periodos fundamentales fT_1 , correspondientes al modo 1 de vibración, obtenidos con los programas IDARC y LumpST es pequeño.

- *Pórtico pa4pz2-1*

Peso de una planta: $P = [139,56 + (196,625 \times 3) + 139,56]KN = 868,995KN$

Masa de una planta: $m = \frac{868995N}{981cm/s^2} = 885,82Ns^2/cm$

Rigidez de cada una de las plantas:

Planta 3ª: $f k_3 = 7,7KN/mm = 77000N/cm$

Planta 2ª: $f k_2 = 9,1KN/mm = 91000N/cm$

Planta 1ª: $f k_1 = 9,5KN/mm = 95000N/cm$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,4, 885.82, 0, 95000, 1000., 0.01

2,1,4, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01

3,2,1, 885.82, 0, 91000, 1000., 0.01

4,2,1, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01

5,3,2, 885.82, 0, 77000, 1000., 0.01

6,3,2, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa6pz2-1 son:

Tabla 5.2.22: Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.4517D+01
2	.1213D+02
3	.1786D+02

De igual forma, obtenidas las frecuencias, podemos calcular los periodos de vibración para cada uno de los modos, mediante la ecuación (5.2.2):

- Modo 1:

$${}_f w_1 = 4,517 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_1 = \frac{{}_f w_1}{2\pi} = \frac{4,517}{2\pi} = 0,71890 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_1 = \frac{1}{{}_f f_1} = \frac{1}{0,71890} \Rightarrow {}_f T_1 = 1,39101 \text{ s}$$

- Modo 2:

$${}_f w_2 = 12,13 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_2 = \frac{{}_f w_2}{2\pi} = \frac{12,13}{2\pi} = 1,93055 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_2 = \frac{1}{{}_f f_2} = \frac{1}{1,93055} \Rightarrow {}_f T_2 = 0,51799 \text{ s}$$

- Modo 3:

$${}_f w_3 = 17,86 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_3 = \frac{{}_f w_3}{2\pi} = \frac{17,86}{2\pi} = 2,84251 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_3 = \frac{1}{{}_f f_3} = \frac{1}{2,84251} \Rightarrow {}_f T_3 = 0,35180 \text{ s}$$

Tabla 5.2.23: Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa4pz2-1

Modo	Pórtico pa4pz2-1	
	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	0.71982	1.38923
2	2.19904	0.45474
3	3.97820	0.25137
Periodo fund. ${}_f T_1$ (s)	1.38923	

El error cometido para los periodos de vibración obtenidos con los programas IDARC y LumpST es el siguiente:

- Periodo Modo 1:

$$\frac{(1,39101 - 1,38923)}{1,38923} \times 100 = 0,13\%$$

- Periodo Modo 2:

$$\frac{(0,51799 - 0,45474)}{0,45474} \times 100 = 13,91\%$$

- Periodo Modo 3:

$$\frac{(0,35180 - 0,25137)}{0,25137} \times 100 = 39,95\%$$

También en este caso el error cometido para los periodos fundamentales fT_1 , correspondientes al modo 1 de vibración, obtenidos con los programas IDARC y LumpST es pequeño.

- *Pórtico pa6pz2-1*

Peso de una planta: $P = [118,75 + (162,5 \times 3) + 118,75]KN = 725KN$

Masa de una planta: $m = \frac{725000N}{981cm/s^2} = 739,04Ns^2/cm$

Rigidez de cada una de las plantas:

Planta 6ª: $f k_6 = 5,6KN/mm = 56000N/cm$

Planta 5ª: $f k_5 = 8,3KN/mm = 83000N/cm$

Planta 4ª: $f k_4 = 11,3KN/mm = 113000N/cm$

Planta 3ª: $f k_3 = 17,7KN/mm = 177000N/cm$

Planta 2ª: $f k_2 = 22,4KN/mm = 224000N/cm$

Planta 1ª: $f k_1 = 17,5KN/mm = 175000N/cm$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,7, 739.04, 0, 175000, 1000., 0.01
 2,1,7, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 3,2,1, 739.04, 0, 224000, 1000.,0.01
 4,2,1, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 5,3,2, 739.04, 0, 177000, 1000.,0.01
 6,3,2, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 7,4,3, 739.04, 0, 133000, 1000., 0.01
 8,4,3, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 9,5,4, 739.04, 0, 83000, 1000., 0.01
 10,5,4, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01
 11,6,5, 739.04, 0, 56000, 1000., 0.01
 12,6,5, 0., 0, 0.1, 0.1, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa6pz2-1 son:

Tabla 5.2.24: Frecuencias sin disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa6pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.3520D+01
2	.8445D+01
3	.1350D+02
4	.1794D+02
5	.2354D+02
6	.3027D+02

Calculamos ahora los periodos de vibración para cada uno de los modos, mediante la ecuación (5.2.2):

- Modo 1:

$${}_f w_1 = 3,520 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_1 = \frac{{}_f w_1}{2\pi} = \frac{3,520}{2\pi} = 0,56022 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_1 = \frac{1}{{}_f f_1} = \frac{1}{0,56022} \Rightarrow {}_f T_1 = 1,78499 \text{ s}$$

- Modo 2:

$${}_f w_2 = 8,445 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_2 = \frac{{}_f w_2}{2\pi} = \frac{8,445}{2\pi} = 1,34565 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_2 = \frac{1}{{}_f f_2} = \frac{1}{1,34565} \Rightarrow {}_f T_2 = 0,74313 \text{ s}$$

- Modo 3:

$${}_f w_3 = 13,50 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_3 = \frac{{}_f w_3}{2\pi} = \frac{13,50}{2\pi} = 2,14859 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_3 = \frac{1}{{}_f f_3} = \frac{1}{2,14859} \Rightarrow {}_f T_3 = 0,46542 \text{ s}$$

- Modo 4:

$${}_f w_4 = 17,94 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_4 = \frac{{}_f w_4}{2\pi} = \frac{17,94}{2\pi} = 2,85524 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_4 = \frac{1}{{}_f f_4} = \frac{1}{2,85524} \Rightarrow {}_f T_4 = 0,35023 \text{ s}$$

- Modo 5:

$${}_f w_5 = 23,54 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_5 = \frac{{}_f w_5}{2\pi} = \frac{23,54}{2\pi} = 3,74651 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_5 = \frac{1}{{}_f f_5} = \frac{1}{3,74651} \Rightarrow {}_f T_5 = 0,26691 \text{ s}$$

- Modo 6:

$${}_f w_6 = 30,27 \text{ rad/s}$$

$${}_f f_6 = \frac{{}_f w_6}{2\pi} = \frac{30,27}{2\pi} = 4,81762 \text{ Hz} \Rightarrow {}_f T_6 = \frac{1}{{}_f f_6} = \frac{1}{4,81762} \Rightarrow {}_f T_6 = 0,20757 \text{ s}$$

Tabla 5.2.25: Frecuencias y periodos de vibración sin disipadores obtenidos con LumpST para el pórtico pa6pz2-1

Modo	Pórtico pa4pz2-1	
	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	0.55290	1.80865
2	1.40418	0.71216
3	2.45124	0.40796
4	3.88800	0.25720
5	5.52625	0.18095
6	7.48868	0.13353
Periodo fund. fT_1 (s)	1.80865	

El error cometido para los periodos de vibración obtenidos con los programas IDARC y LumpST es el siguiente:

- Periodo Modo 1:

$$\frac{(1,80865 - 1,78499)}{1,78499} \times 100 = 1,32\%$$

- Periodo Modo 2:

$$\frac{(0,74313 - 0,71216)}{0,71216} \times 100 = 4,35\%$$

- Periodo Modo 3:

$$\frac{(0,46542 - 0,40796)}{0,40796} \times 100 = 14,08\%$$

- Periodo Modo 4:

$$\frac{(0,35023 - 0,25720)}{0,25720} \times 100 = 36,17\%$$

- Periodo Modo 5:

$$\frac{(0,26691 - 0,18095)}{0,18095} \times 100 = 47,50\%$$

- Periodo Modo 6:

$$\frac{(0,20757 - 0,13353)}{0,13353} \times 100 = 55,45\%$$

De igual forma el error cometido para los periodos fundamentales fT_1 , correspondientes al modo 1 de vibración, obtenidos con los programas IDARC y LumpST es pequeño.

5.2.5.3. Tabla resumen periodos de vibración sin disipadores para cada uno de los pórticos

Tabla 5.2.26: Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa2pz2-1

	pórtico pa2pz2-1					
	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump
Periodo (s)	T_1		T_2		T_3	
	1,36336	1,36621	0,44836	0,52447	0,24890	0,36152
Error (%)	0,21		16,97		45,25	

Tabla 5.2.27: Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa4pz2-1

	pórtico pa4pz2-1					
	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump
Periodo (s)	T_1		T_2		T_3	
	1,38923	1,39101	0,45474	0,51799	0,25137	0,35180
Error (%)	0,13		13,91		39,95	

Tabla 5.2.28: Comparación periodos de vibración sin disipadores, obtenidos con IDARC y LumpST, pórtico pa6pz2-1

	pórtico pa6pz2-1											
	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump	IDARC	Lump
Periodo (s)	T_1		T_2		T_3		T_4		T_5		T_6	
	1,80865	1,78499	0,71216	0,74313	0,40796	0,46542	0,25720	0,35023	0,18095	0,26691	0,13353	0,20757
Error (%)	1,32		4,35		14,08		36,17		47,50		55,45	

5.2.5.4. Periodos de vibración con disipadores obtenidos con el programa LumpST

- Pórtico pa2pz2-1

$$\text{Peso de una planta: } P = [118,75 + (162,5 \times 3) + 118,75] \text{KN} = 725 \text{KN}$$

$$\text{Masa de una planta: } m = \frac{725000 \text{N}}{981 \text{cm/s}^2} = 739,04 \text{Ns}^2 / \text{cm}$$

Rigidez de cada una de las plantas:

$$\text{Planta 3ª: } {}_s k_3 = (55000 \text{N/cm}) \times 5 = 275000 \text{N/cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s k_2 = (68000 \text{N/cm}) \times 5 = 340000 \text{N/cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s k_1 = (99000 \text{N/cm}) \times 5 = 495000 \text{N/cm}$$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,4, 739.04, 0, 99000, 2.3, 0.01
 2,1,4, 0., 0, 495000, 0.4883, 0.01
 3,2,1, 739.04, 0, 68000, 3.2, 0.01
 4,2,1, 0., 0, 340000, 0.5937, 0.01
 5,3,2, 739.04, 0, 55000, 2.2, 0.01
 6,3,2, 0., 0, 275000, 0.4454, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa2pz2-1 son:

Tabla 5.2.29: Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa2pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.1126D+02
2	.2936D+02
3	.4257D+02

Obtenidas las frecuencias, podemos calcular los periodos de vibración para cada uno de los modos, mediante la siguiente ecuación:

$${}_s f_i = \frac{{}_s w_i}{2\pi} \Rightarrow {}_s T_i = \frac{1}{{}_s f_i} \quad (5.2.3)$$

Siendo:

${}_s f_i$: Frecuencia con disipador para un determinado modo de vibración expresada en (Hz)

${}_s w_i$: Frecuencia con disipador para un determinado modo de vibración expresada en (rad/s)

${}_s T_i$: Periodo de vibración con disipador para un determinado modo de vibración expresado en(s)

- Modo 1:

$${}_s w_1 = 11,26 \text{rad} / s$$

$${}_s f_1 = \frac{{}_s w_1}{2\pi} = \frac{11,26}{2\pi} = 1,79208 \text{Hz} \Rightarrow {}_s T_1 = \frac{1}{{}_s f_1} = \frac{1}{1,79208} \Rightarrow {}_s T_1 = 0,55801 \text{s}$$

- Modo 2:

$${}_s w_2 = 29,36 \text{rad} / s$$

$${}_s f_2 = \frac{{}_s w_2}{2\pi} = \frac{29,36}{2\pi} = 4,67279 \text{Hz} \Rightarrow {}_s T_2 = \frac{1}{{}_s f_2} = \frac{1}{4,67279} \Rightarrow {}_s T_2 = 0,21400 \text{s}$$

- Modo 3:

$${}_s w_3 = 42,57 \text{rad} / s$$

$${}_s f_3 = \frac{{}_s w_3}{2\pi} = \frac{42,57}{2\pi} = 6,77522 \text{Hz} \Rightarrow {}_s T_3 = \frac{1}{{}_s f_3} = \frac{1}{6,77522} \Rightarrow {}_s T_3 = 0,14760 \text{s}$$

Tabla 5.2.30: Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa2pz2-1

Pórtico pa2pz2-1		
Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	1,79208	0,55801
2	4,67279	0,21400
3	6,77522	0,14760
Periodo fund. ${}_sT_1$ (s)	0.55801	

▪ Pórtico pa4pz2-1

Peso de una planta: $P = [139,56 + (196,625 \times 3) + 139,56]KN = 868,995KN$

Masa de una planta: $m = \frac{868995N}{981cm/s^2} = 885,82Ns^2/cm$

Rigidez de cada una de las plantas:

Planta 3ª: ${}_s k_3 = (77000N/cm) \times 5 = 385000N/cm$

Planta 2ª: ${}_s k_2 = (91000N/cm) \times 5 = 455000N/cm$

Planta 1ª: ${}_s k_1 = (95000N/cm) \times 5 = 475000N/cm$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,4, 885.82, 0, 95000, 3.3., 0.01
 2,1,4, 0., 0, 475000, 0.0001, 0.01
 3,2,1, 885.82, 0, 91000, 2.4, 0.01
 4,2,1, 0., 0, 455000, 0.1502, 0.01
 5,3,2, 885.82, 0, 77000, 1.65, 0.01
 6,3,2, 0., 0, 385000, 0.0001, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa4pz2-1 son:

Tabla 5.2.31: Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa4pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.1106D+02
2	.2971D+02
3	.4375D+02

De igual forma, obtenidas las frecuencias, podemos calcular los periodos de vibración para cada uno de los modos, mediante la ecuación (5.2.3):

- Modo 1:

$${}_s w_1 = 11,06 rad/s$$

$${}_s f_1 = \frac{{}_s w_1}{2\pi} = \frac{11,06}{2\pi} = 1,76025 Hz \Rightarrow {}_s T_1 = \frac{1}{{}_s f_1} = \frac{1}{1,76025} \Rightarrow {}_s T_1 = 0,56810s$$

- Modo 2:

$${}_s w_2 = 29,71 \text{ rad} / s$$

$${}_s f_2 = \frac{{}_s w_2}{2\pi} = \frac{29,71}{2\pi} = 4,72849 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_2 = \frac{1}{{}_s f_2} = \frac{1}{4,72849} \Rightarrow {}_s T_2 = 0,21148 \text{ s}$$

- Modo 3:

$${}_s w_3 = 43,75 \text{ rad} / s$$

$${}_s f_3 = \frac{{}_s w_3}{2\pi} = \frac{43,75}{2\pi} = 6,96303 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_3 = \frac{1}{{}_s f_3} = \frac{1}{6,96303} \Rightarrow {}_s T_3 = 0,14361 \text{ s}$$

Tabla 5.2.32: Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa4pz2-1

Pórtico pa4pz2-1		
Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	1.76025	0.56810
2	4.72849	0.21148
3	6.96303	0.14361
Periodo fund. ${}_f T_1$ (s)	0.56810	

▪ **Pórtico pa6pz2-1**

Peso de una planta: $P = [118,75 + (162,5 \times 3) + 118,75] \text{ KN} = 725 \text{ KN}$

Masa de una planta: $m = \frac{725000 \text{ N}}{981 \text{ cm} / \text{s}^2} = 739,04 \text{ N s}^2 / \text{ cm}$

Rigidez de cada una de las plantas:

Planta 6ª: ${}_s k_6 = (56000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 280000 \text{ N} / \text{ cm}$

Planta 5ª: ${}_s k_5 = (83000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 415000 \text{ N} / \text{ cm}$

Planta 4ª: ${}_s k_4 = (113000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 565000 \text{ N} / \text{ cm}$

Planta 3ª: ${}_s k_3 = (177000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 885000 \text{ N} / \text{ cm}$

Planta 2ª: ${}_s k_2 = (224000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 1120000 \text{ N} / \text{ cm}$

Planta 1ª: ${}_s k_1 = (175000 \text{ N} / \text{ cm}) \times 5 = 875000 \text{ N} / \text{ cm}$

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,7, 739.04, 0, 175000, 0.9, 0.01
 2,1,7, 0., 0, 875000, 0.400, 0.01
 3,2,1, 739.04, 0, 224000, 0.7, 0.01
 4,2,1, 0., 0, 1120000, 0.240, 0.01
 5,3,2, 739.04, 0, 177000, 0.8, 0.01
 6,3,2, 0., 0, 885000, 0.240, 0.01
 7,4,3, 739.04, 0, 113000, 1.0, 0.01

8,4,3, 0., 0, 565000, 0.365, 0.01
 9,5,4, 739.04, 0, 83000, 2.0, 0.01
 10,5,4, 0., 0, 415000, 0.280, 0.01
 11,6,5, 739.04, 0, 56000, 1.6, 0.01
 12,6,5, 0., 0, 280000, 0.260, 0.01

Las frecuencias para cada modo de vibración expresadas en (rad/s) para el pórtico pa6pz2-1 son:

Tabla 5.2.33: Frecuencias con disipadores expresadas en (rad/s) obtenidas con LumpST para el pórtico pa6pz2-1

Modo	Frecuencia (rad/s)
1	.8494D+01
2	.2063D+02
3	.3236D+02
4	.4377D+02
5	.5570D+02
6	.7390D+02

Los periodos de vibración para cada uno de los modos, los obtenemos mediante la ecuación (5.2.3):

- Modo 1:

$${}_s w_1 = 8,494 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_1 = \frac{{}_s w_1}{2\pi} = \frac{8,494}{2\pi} = 1,35186 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_1 = \frac{1}{{}_s f_1} = \frac{1}{1,35186} \Rightarrow {}_s T_1 = 0,73972 \text{ s}$$

- Modo 2:

$${}_s w_2 = 20,63 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_2 = \frac{{}_s w_2}{2\pi} = \frac{20,63}{2\pi} = 3,28337 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_2 = \frac{1}{{}_s f_2} = \frac{1}{3,28337} \Rightarrow {}_s T_2 = 0,30456 \text{ s}$$

- Modo 3:

$${}_s w_3 = 32,36 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_3 = \frac{{}_s w_3}{2\pi} = \frac{32,36}{2\pi} = 5,15025 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_3 = \frac{1}{{}_s f_3} = \frac{1}{5,15025} \Rightarrow {}_s T_3 = 0,19416 \text{ s}$$

- Modo 4:

$${}_s w_4 = 43,77 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_4 = \frac{{}_s w_4}{2\pi} = \frac{43,77}{2\pi} = 6,96621 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_4 = \frac{1}{{}_s f_4} = \frac{1}{6,96621} \Rightarrow {}_s T_4 = 0,14355 \text{ s}$$

- Modo 5:

$${}_s w_5 = 55,70 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_5 = \frac{{}_s w_5}{2\pi} = \frac{55,70}{2\pi} = 8,86493 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_5 = \frac{1}{{}_s f_5} = \frac{1}{8,86493} \Rightarrow {}_s T_5 = 0,11280 \text{ s}$$

- Modo 6:

$${}_s w_6 = 73,90 \text{ rad/s}$$

$${}_s f_6 = \frac{{}_s w_6}{2\pi} = \frac{73,90}{2\pi} = 11,76155 \text{ Hz} \Rightarrow {}_s T_6 = \frac{1}{{}_s f_6} = \frac{1}{11,76155} \Rightarrow {}_s T_6 = 0,08502 \text{ s}$$

Tabla 5.2.34: Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para el pórtico pa6pz2-1

Pórtico pa4pz2-1		
Modo	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	1,35186	0,73972
2	3,28337	0,30456
3	5,15025	0,19416
4	6,96621	0,14355
5	8,86493	0,11280
6	11,76155	0,08502
Periodo fund. ${}_f T_1$ (s)	0,73972	

5.2.5.5. *Tabla resumen frecuencias y periodos de vibración con disipadores para cada uno de los pórticos*

Tabla 5.2.35: Frecuencias y periodos de vibración con disipadores para cada uno de los pórticos

Modo	Pórtico pa2pz2-1		Pórtico pa4pz2-1		Pórtico pa6pz2-1	
	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)	Frecuencia (Hz)	Periodo (s)
1	1,79208	0,55801	1.76025	0.56810	1,35186	0,73972
2	4,67279	0,21400	4.72849	0.21148	3,28337	0,30456
3	6,77522	0,14760	6.96303	0.14361	5,15025	0,19416
4	---	---	---	---	6,96621	0,14355
5	---	---	---	---	8,86493	0,11280
6	---	---	---	---	11,76155	0,08502
Periodo fund. ${}_s T_1$ (s)	0,55801		0,56810		0,73972	

5.2.5.6 *Tabla resumen de los periodos fundamentales de vibración.*

Tabla 5.2.36: Periodos fundamentales de vibración

Periodos fundamentales	Pórtico pa2pz2-1 (3 plantas)	Pórtico pa4pz2-1 (3 plantas)	Pórtico pa6pz2-1 (6 plantas)
Sin disipador ${}_f T_1$ (s)	1,366 ≈ 1,4	1,391 ≈ 1,4	1,785 ≈ 1,8
Con disipador T_1 (s)	0,558 ≈ 0,5	0,568 ≈ 0,5	0,740 ≈ 0,7

5.3. AUTOMATIZACIÓN DEL PROGRAMA LumpST CON MATLAB

Debido al gran número de iteraciones que hay que realizar, para obtener los desplazamientos máximos absolutos entre plantas de los pórticos analizados y con ellos ajustar los desplazamientos de fluencia de los disipadores, obtenidos en el apartado 5.4 de este capítulo, se ha decidido automatizar el programa LumpST mediante la aplicación del módulo de optimización de Matlab, para agilizar el cálculo.

Para ello, se han considerado dos métodos, cuyo esquema de funcionamiento se expone en la Fig. 5.3.1 y a los que denominaremos, problema directo y problema inverso.

En el problema directo, partimos de los datos de entrada del edificio y los desplazamientos de fluencia de los disipadores de cada una de las plantas. Con este método, el usuario elige el número de iteraciones que quiere obtener, así como el intervalo de las mismas.

El inverso, es un método de optimización numérica (pattern search) que se puede utilizar en funciones que no son continuas o diferenciables. Tales métodos de optimización también se conocen como métodos de búsqueda.

Se parte de la solución deseada, es decir, del desplazamiento objetivo de cada una de las plantas, y se obtienen los desplazamientos de fluencia de los disipadores. Consiste en un algoritmo de minimización, en el que la función objetivo f , dada por la ecuación (5.3.1), que tendiendo a cero busca la solución más óptima.

$$f = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_{plantas}} \left(DESP_{LumpST_i} - DESP_{DESEADOS_i} \right)^2 \quad (5.3.1)$$

Siendo:

f : Función objetivo

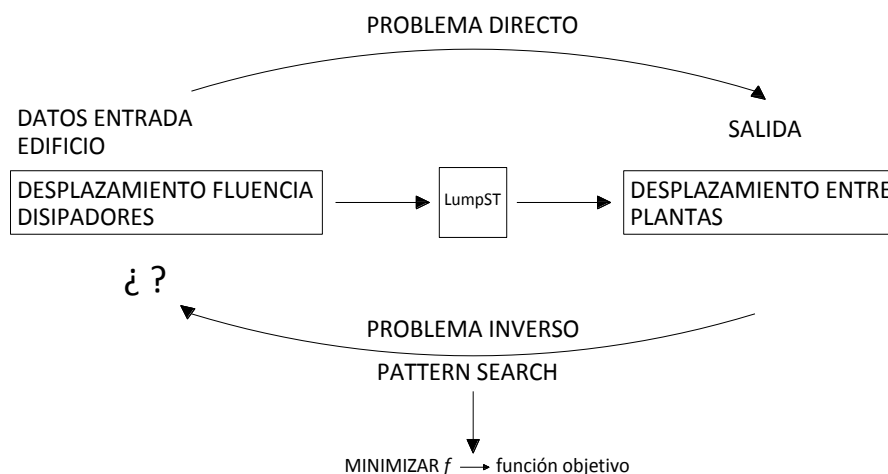


Fig. 5.3.1: Esquema de funcionamiento del problema directo e inverso

PATTERN SEARCH (OPTIMIZACIÓN) [11]

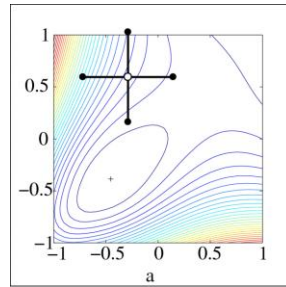


Fig. 5.3.2: Ejemplo de la convergencia de un método de búsqueda directa en la función Broyden

El patrón de búsqueda *Pattern search (PS)* es una familia de métodos de optimización numérica que no requieren el gradiente del problema a optimizar, es decir, es un método que para hallar el máximo o mínimo, no necesita calcular la derivada. Por lo tanto PS se pueden utilizar en funciones que no son continuas o diferenciables. Tales métodos de optimización también se conocen como métodos de búsqueda, derivada libre o caja negra.

El nombre, *pattern search*, fue dado por Hooke y Jeeves. Una variante de PS sencilla se atribuye a Fermi y Metropolis, cuando trabajaban en el Laboratorio Nacional Los Álamos como se describe por Davidon que resume el algoritmo de la siguiente manera:

“Variaban un parámetro teórico paso a paso, variando la magnitud, y cuando no se conseguía el objetivo, aumentaban o disminuían uno de los parámetros mejorando el ajuste a los datos experimentales, a la mitad del tamaño del paso y repetían el proceso hasta que el intervalo de pasos tienda hacia un infinitesimal”.

5.3.1. Secuencia de comandos en el problema directo para un pórtico de tres plantas

```
clear all;
```

Se abre el fichero de salida: 'SalidaDesp.txt'

```
fichsal=fopen('SalidaDesp.txt','w');
```

Imprime la siguiente línea en el fichero de salida: “Desp. P1 Desp. P2 Desp. P3 Planta DMax Dmin”

```
fprintf(fichsal,'Desp. P1 Desp. P2 Desp. P3 Planta DMax Dmin\n');
```

Se introducen los datos correspondientes a la altura de cada planta en cm.

```
%Datos3
H(1)=300; %Altura Planta 3
H(2)=300; %Altura Planta 2
H(3)=450; %Altura Planta 1
```

II, JJ, KK son los contenedores de los desplazamientos de fluencia de cada una de las plantas.

- I = 0.3:0.001:0.9 → Desplazamiento de fluencia de los disipadores de la 1ª planta.
Desde 0.3 hasta 0.9 cada 0.001
- J = 0.3:0.001:0.9 → Desplazamiento de fluencia de los disipadores de la 2ª planta.
Desde 0.3 hasta 0.9 cada 0.001
- K = 0.3:0.001:0.9 → Desplazamiento de fluencia de los disipadores de la 3ª planta.
Desde 0.3 hasta 0.9 cada 0.001

Hemos diseñado una subrutina en la se ejecuta un bucle de cálculo, que variando diferentes parámetros conseguimos el fin perseguido.

```

II=0;
for I = 0.3:0.001:0.9
    II=II+1;
    JJ=0;
    for J = 0.3:0.001:0.9
        KK=0;
        JJ=JJ+1;
        for K = 0.3:0.001:0.9
            KK=KK+1;

```

Se crea un fichero MODEL.dat con los datos introducidos para cada una de las plantas, estos son: el número de planta; número de masa superior; número de masa inferior; la masa expresada en (Ns^2/cm); la rigidez expresada en (N/cm); desplazamiento de fluencia del pórtico expresado en (cm); y la rigidez en la zona poselástica.

Además, escribe en el fichero un número de tipo real flotante %f correspondiente al desplazamiento de fluencia del disipador expresado en (cm), que es el que irá variando en cada iteración.

```

fich1=fopen('MODEL.dat','w');

fprintf(fich1,'1,1,4,739.04,0, 99000,2.3 0.01 \n');
fprintf(fich1,'2,1,4, 0., 0,495000, %f,0.01 \n',I);
fprintf(fich1,'3,2,1,739.04,0, 68000,3.2,0.01 \n');
fprintf(fich1,'4,2,1, 0., 0,340000, %f,0.01 \n',J);
fprintf(fich1,'5,3,2,739.04,0, 55000,2.2,0.01 \n');
fprintf(fich1,'6,3,2, 0., 0,275000, %f,0.01 \n',K);

```

Se cierra el fichero (fich1)

```
fclose(fich1);
```

El comando dos ejecuta LumpST.exe, éste pide los siguientes datos por teclado: amortiguamiento para el modo n; amortiguamiento para el modo m; nombre del acelerograma a utilizar; factor de escala para la aceleración del suelo. Para ello, se hace un redireccionamiento de la entrada mediante el fichero de texto redir.txt que incluye los datos que nos pide el programa LumpST: 0.05 0.05 '158xa(2).dat' 0.2245 EOF!

```
dos('LumpST.exe < redir.txt')
```

De todos los ficheros que se generan, sólo abriremos el fichero 'RESUMEN1.DAT', que es el fichero donde se encuentran los datos que estamos buscando, es decir, D_{max} , el desplazamiento máximo entre plantas y D_{min} , desplazamiento mínimo entre plantas.

```
fich1=fopen('RESUMEN1.DAT','r');
```

El programa lee la primera línea como basura.

```

fscanf(fich1,['      STORY      Dmax      Tdmax      Dmin      Tdmin
Amx      n+pEND1      n-mEND1      Wi/Wp1      n-rem1      n-tot1      u-avEND1
n-avEND1      n/uEND1      n-avDFM1      n/uDFM1      Qmax1      Qmin1      Qmaxx1
ALFAmx1      n+pEND2      n-mEND2      Wi/Wp2      n-rem2      n-tot2      u-avEND2
n-avEND2      n/uEND2      n-avDFM2      n/uDFM2      Qmax2      Qmin2      Qmaxx2
ALFAmx2      Einput      ALFAy1      deltay1      ALFAy2      deltay2      KsKf
ALFAmtot'])

```

Una vez que el programa lee la primera línea como basura, presenta los resultados de las tres primeras líneas, estando los de cada planta en una sola línea.

```
for MM=1:3
```

A partir de aquí, la variable auxiliar (`aux`) lee los primeros 4 datos que son los que nos interesan y los guarda: `STORY Dmax Tdmax Dmin`

```
aux(MM,1:4)=fscanf(fich1,'%lg',4);
```

En este punto del flujo, escanea el fichero (`fich1`) y lo lee. Como ya se ha comentado, de los 41 datos, los 37 últimos son basura y sólo nos quedamos con los cuatro primeros: `STORY Dmax Tdmax Dmin`

```
fscanf(fich1,'%lg',37);
```

Los resultados se presentan de la forma:

```
resultado(II, JJ, KK, MM, 1:4)=aux(MM, 1:4);
```

Leída esta línea, la comprueba. Utilizando como criterio de comprobación el de dimensionamiento de los disipadores, que obligamos a que el desplazamiento máximo entre plantas, sea el 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas, y con una tolerancia de $\pm 10\%$.

```
if(abs(aux(MM,2))<1.1*0.005*H(MM) && abs(aux(MM,4))<1.1*0.005*H(MM) &&
abs(aux(MM,2))>0.9*0.005*H(MM) && abs(aux(MM,4))>0.9*0.005*H(MM))
    cad='SI';
else
    cad='NO';
end
```

Por último imprime el fichero de salida, cuyo formato es el siguiente: Desplazamientos de fluencia; número de planta; desplazamientos relativos máximos y mínimos. Imprime SI o NO, según hallamos o no obtenido el resultado deseado. Y acaba el programa.

```
fprintf(fichsal,'%f %f %f Planta %f %f %f %s
\n', I, J, K, aux(MM,1), aux(MM,2), aux(MM,4), cad);
end %MM
fprintf(fichsal,'----- \n');
end %K
end %J
end %I
```

5.3.2. Secuencia de comandos en el problema inverso para un pórtico de tres plantas

Consta de dos ficheros Matlab:

1) run

```
clear;
```

Valor de la función objetivo.

```
global FUNCEVAL;
```

Número de iteraciones que se han hecho.

```
global II;
```

Solución.

```
global Sol;
```

Desplazamiento de fluencia.

```
global dflu;
```

Primera iteración.

```

II=1;

x0=[0.0001 0.0001 0.0001];
Sol=[1 1 1];
dflu=[1 1 1];
FUNCEVAL=1;
A = [1 0 0; 0 1 0; 0 0 1];
b = [1.5; 1.5; 1.5];
lb = [0.0; 0.0; 0.0];
[x fval] =patternsearch(@lump,x0,A,b,[],[],lb);      [17]
save('dflu', 'Sol', 'FUNCEVAL', 'II')

```

Siendo x_0 los valores iniciales de desplazamiento de fluencia del disipador, en este caso hemos considerado, 0.0001cm en las tres plantas.

A es una matriz unidad de 3x3 y b los valores finales de desplazamiento de fluencia del disipador, 1.5cm en las tres plantas.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} df_{P3} \\ df_{P2} \\ df_{P1} \end{bmatrix} < \begin{bmatrix} 1,5 \\ 1,5 \\ 1,5 \end{bmatrix}$$

Donde df es el desplazamiento de fluencia del disipador para cada una de las plantas.

lb es la frontera mínima del desplazamiento de fluencia de los disipadores, 0.0cm en las tres plantas.

`patternsearch` como se ha comentado, es la función de optimización, busca los desplazamientos de fluencia de los disipadores.

2) lump

Función que dados los desplazamientos de fluencia, obtiene los valores de la función objetivo [f]

```
function [f] = lump(despf)
```

Valor de la función objetivo.

```
global FUNCEVAL;
```

Número de iteraciones que se han hecho.

```
global II;
```

Solución.

```
global Sol;
```

Desplazamiento de fluencia.

```
global dflu;
```

Se abre el fichero de salida: 'SalidaDesp.txt'

```
fichsal=fopen('SalidaDesp.txt','w');
```

Imprime la siguiente línea en el fichero de salida: "Desp. P1 Desp. P2 Desp. P3 Planta DMax Dmin"

```
fprintf(fichsal,'Desp. P1 Desp. P2 Desp. P3 Planta DMax Dmin\n');
```

Se introducen los datos correspondientes a la altura de cada planta en cm.

```
%Datos
```

```
H(1)=300; %Altura Planta 3
H(2)=300; %Altura Planta 2
H(3)=450; %Altura Planta 1
```

Se crea un fichero MODEL.dat con los datos introducidos para cada una de las plantas, estos son: el número de planta; número de masa superior; número de masa inferior; la masa expresada en (Ns^2/cm); la rigidez expresada en (N/cm); desplazamiento de fluencia del pórtico expresado en (cm); y la rigidez en la zona poselástica.

Además, escribe en el fichero un número de tipo real flotante %f correspondiente al desplazamiento de fluencia del disipador expresado en (cm), que es el que irá variando en cada iteración.

```
fich1=fopen('MODEL.dat','w');

fprintf(fich1,'1,1,4,739.04,0, 99000,2.3, 0.01 \n');
fprintf(fich1,'2,1,4, 0., 0,495000, %f, 0.01 \n',abs(despf(1)));
fprintf(fich1,'3,2,1,739.04,0, 68000,3.2, 0.01 \n');
fprintf(fich1,'4,2,1, 0., 0,340000, %f, 0.01 \n',abs(despf(2)));
fprintf(fich1,'5,3,2,739.04,0, 55000,2.2, 0.01 \n');
fprintf(fich1,'6,3,2, 0., 0,275000, %f, 0.01 \n',abs(despf(3)));
```

Se cierra el fichero (fich1)

```
fclose(fich1);
```

El comando dos ejecuta LumpST.exe, éste pide los siguientes datos por teclado: amortiguamiento para el modo n; amortiguamiento para el modo m; nombre del acelerograma a utilizar; factor de escala para la aceleración del suelo. Para ello, se hace un redireccionamiento de la entrada mediante el fichero de texto redir.txt que incluye los datos que nos pide el programa LumpST: 0.05 0.05 '158xa(2).dat' 0.2245 EOF!

```
dos('LumpST.exe < redir.txt')
```

De todos los ficheros que se generan, sólo abriremos el fichero 'RESUMEN1.DAT', que es el fichero donde se encuentran los datos que estamos buscando, es decir, D_{max} , el desplazamiento máximo entre plantas y D_{min} , desplazamiento mínimo entre plantas.

```
fich1=fopen('RESUMEN1.DAT','r');
```

El programa lee la primera línea como basura.

```
fscanf(fich1,[' STORY Dmax Tdmax Dmin Tdmin
Amax n+pEND1 n-mEND1 Wi/Wp1 n-rem1 n-tot1 u-avEND1
n-avEND1 n/uEND1 n-avDFM1 n/uDFM1 Qmax1 Qmin1 Qmaxx1
ALFAmax1 n+pEND2 n-mEND2 Wi/Wp2 n-rem2 n-tot2 u-avEND2
n-avEND2 n/uEND2 n-avDFM2 n/uDFM2 Qmax2 Qmin2 Qmaxx2
ALFAmax2 Einput ALFAy1 deltay1 ALFAy2 deltay2 KsKf
ALFAmtot'])
```

La variable auxiliar aux(1:3,1:4) es una matriz de 3filas x 4columnas, con todos sus elementos igual a 0, desde la fila 1 a la 3, y desde la columna 1 a la 4.

```
aux(1:3,1:4)=0;
```

Una vez que el programa lee la primera línea como basura, presenta los resultados de las tres primeras líneas, estando los de cada planta en una sola línea.

```
for MM=1:3
```

A partir de aquí, la variable auxiliar (aux) lee los primeros 4 datos que son los que nos interesan y los guarda: STORY Dmax Tdmax Dmin

```
aux(MM,1:4)=fscanf(fich1,'%lg',4);
```

En este punto del flujo, escanea el fichero (`fich1`) y lo lee. Como ya se ha comentado, de los 41 datos, los 37 últimos son basura y sólo nos quedamos con los cuatro primeros: STORY Dmax Tdmax Dmin

```
fscanf(fich1, '%lg', 37);
```

A continuación, busca el resultado considerando el criterio de dimensionamiento de los disipadores, y el valor máximo absoluto.

```
despmax(MM)=max(abs(aux(MM,2)),abs(aux(MM,4)));
if(despmax(MM)<0.005*H(MM)*1.1 && despmax(MM)>0.005*H(MM)*0.9)
    cad='SI';
else
    cad='NO';
end
```

Por último imprime el fichero de salida, obteniendo así los resultados.

```
fprintf(fichsal, '%f %f %f Planta %f %f %f %s
\n', desp(1), desp(2), desp(3), aux(MM,1), aux(MM,2), aux(MM,4), cad);
end %MM
fprintf(fichsal, '----- \n');
```

Se cierra el fichero (`fich1`)

```
fclose(fich1);
dos('del S1RESULT.dat');
dos('del V1RESULT.dat');
dos('del MODES1.dat');
dos('del RESUMEN1.dat');
dos('del MODEL.dat');
dos('del A1RESULT.dat');
dos('del E-RESULT.dat');
dos('del FD SPRINGS.dat');
```

```
f = .5*((despmax(1)-1.5*1.1)^2+(despmax(2)-1.5*1.1)^2+(despmax(3)-
2.25*1.1)^2+(despmax(1)-1.5*0.9)^2+(despmax(2)-1.5*0.9)^2+(despmax(3)-
2.25*0.9)^2);
```

```
FUNCEVAL(II)=f;
```

```
dflu(II,1:3)=desp(1:3);
```

```
Sol(II,1:3)=despmax(1:3);
```

```
despf
```

```
'Desp rel maximos'
aux(1:3,2)
```

```
'Desp rel minimos'
aux(1:3,4)
```

```
'Maximo de los dos'
despmax(1:3)
```

```
f
```

```
save('dflu', 'Sol', 'FUNCEVAL', 'II')
```

```
II=II+1;
```

f es la función objetivo que hay que minimizar. Cuando los desplazamientos relativos entre plantas se acercan a los deseados, los valores de entrada son los correctos. Si el desplazamiento relativo de la primera planta es 2,25cm, el desplazamiento relativo de la segunda planta 1,5cm y el desplazamiento relativo de la tercera planta 1,5cm, f es mínimo.

$\text{FUNCEVAL}(II) = f$; guarda en esta variable (vector) para cada iteración el valor de la función.

5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISIPADORES

En la Fig. 5.4.1 a) se muestra una estructura formada por tres forjados y 4 pilares por pórtico. La estructura porticada con disipadores se puede descomponer en suma de una parte flexible que es el propio pórtico sin disipadores, y una rígida compuesta que son los disipadores de energía.

Los pilares los supondremos axialmente indeformables y el forjado infinitamente rígido en su plano (hipótesis de diafragma rígido). Para modelizar la estructura supondremos que la masa de cada forjado está concentrada en un punto situado en su centro de masas, tal y como se muestra en la Fig. 5.4.1 b). En estas condiciones, los grados de libertad de cada forjado serán los de un sólido rígido en su plano.

Cuanto mayor sea el número de grados de libertad adoptados, mayor será el grado de aproximación a la respuesta real que obtengamos, pero también se incrementará la complejidad. En general, para simplificar, conviene elegir únicamente aquellos grados de libertad en los cuales esperamos que se produzca la respuesta principal de la estructura. Por tanto consideraremos cada masa con un grado de libertad, siendo éste el desplazamiento horizontal del punto másico.

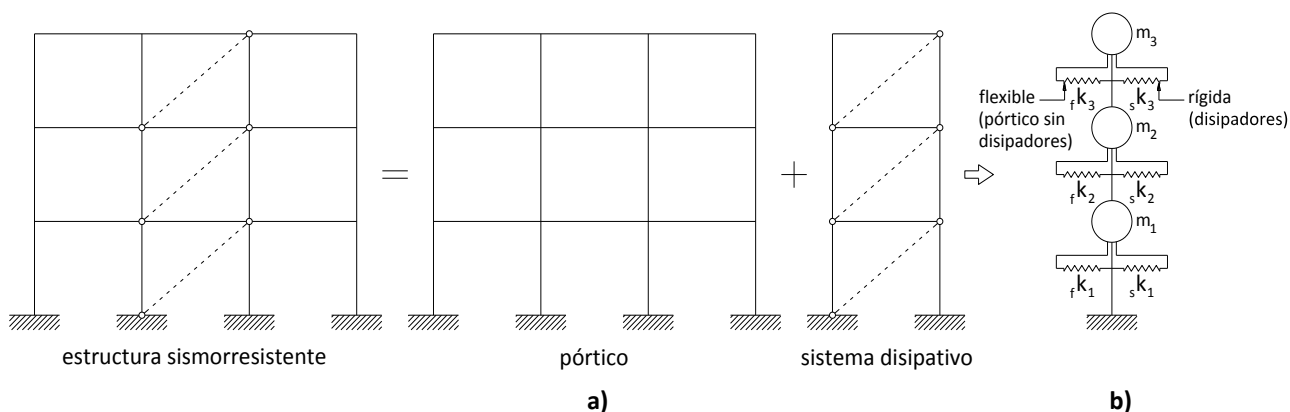


Fig. 5.4.1: Subsistemas estructurales de una estructura sismorresistente con disipadores de energía

5.4.1. Criterio para establecer la rigidez lateral de los disipadores

El criterio para establecer la rigidez lateral de los disipadores, es el siguiente:

$${}_s k_i = 5 \times {}_f k_i \quad (5.4.1)$$

Siendo:

${}_s k_i$: Rigidez del disipador por planta.

${}_f k_i$: Rigidez sin disipador.

El valor de 5 empleado en la ecuación (5.4.1) es un valor mínimo recomendado en la literatura para que plastifique antes el disipador que el pórtico principal [4].

5.4.2. Criterio para fijar la resistencia lateral de los disipadores

El criterio que emplearemos para fijar la resistencia lateral de los disipadores de energía es que el desplazamiento máximo entre plantas, sea igual al 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas.

Se adopta este valor (con una tolerancia de $\pm 10\%$) para garantizar que el pórtico principal se mantiene en régimen básicamente elástico (sin daños).

Para conseguir el objetivo, tendremos que ir variando de forma iterativa la resistencia de fluencia de los disipadores, ${}_s Q_{yi}$. Con el programa LumpST empleado en este estudio, esto se hace actuando sobre el desplazamiento de fluencia ${}_s \delta_{yi}$. Para realizar estas iteraciones aplicaremos un programa de optimización con Matlab, ampliamente detallado en el apartado 5.3 de este capítulo.

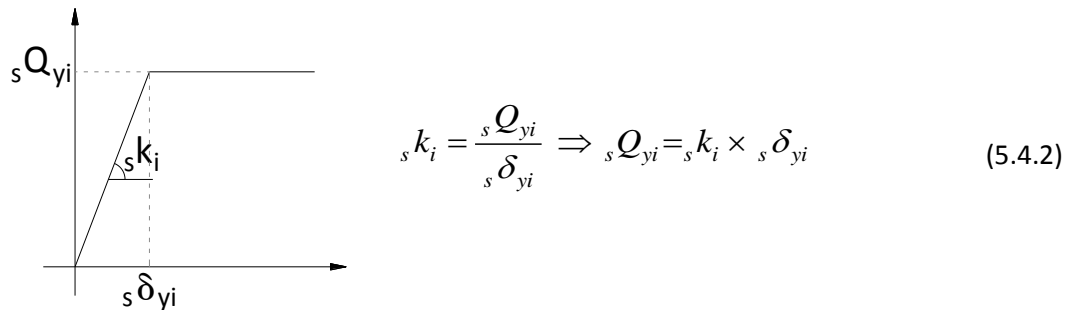


Fig. 5.4.2: Curva Desplazamiento de fluencia – Resistencia lateral del disipador

Siendo:

${}_s Q_{yi}$: Resistencia de fluencia del disipador por planta.

${}_s k_i$: Rigidez del disipador por planta.

${}_s \delta_{yi}$: Desplazamiento de fluencia del disipador por planta.

5.4.3. Obtención de los desplazamientos de fluencia de los disipadores y desplazamientos máximos absolutos entre plantas

Para la obtención de los desplazamientos de fluencia de los disipadores y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, consideraremos únicamente aquellos acelerogramas cuyo espectro de energía introducida expresado en forma de pseudovelocidad equivalente, de un valor elevado. En los cálculos dinámicos se emplea un amortiguamiento del 5%.

En los subapartados siguientes, detallamos la obtención de estos parámetros para cada uno de los pórticos analizados.

5.4.3.1. Pórtico pa2pz2-1 (3 plantas)

- Rigidez disipador:

$$\text{Planta 3ª: } {}_s k_3 = (55000N/cm) \times 5 = 275000N/cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s k_2 = (68000N/cm) \times 5 = 340000N/cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s k_1 = (99000N/cm) \times 5 = 495000N/cm$$

- Desplazamientos de fluencia del pórtico:

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \delta_3 = 2,2cm$$

$$\text{Planta 2ª: } f \delta_2 = 3,2\text{cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } f \delta_1 = 2,3\text{cm}$$

- Desplazamientos objetivo entre plantas:

Para que el desplazamiento máximo entre plantas, sea el 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas.

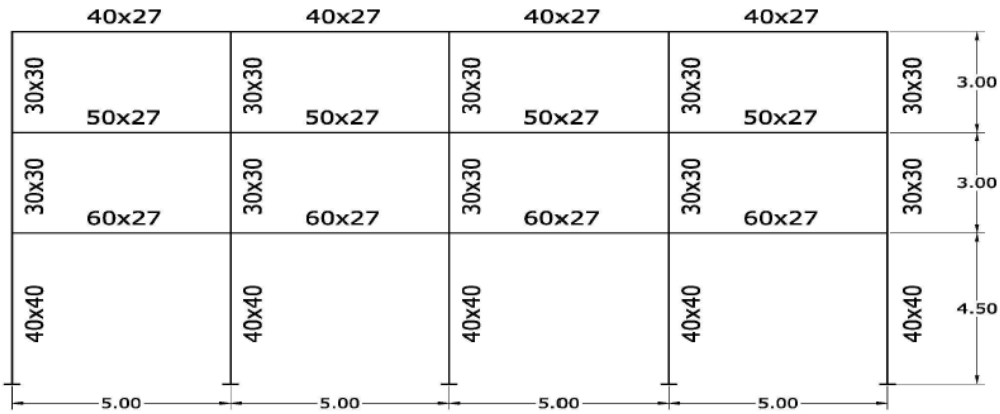


Fig. 5.4.3: Pórtico pa2pz2-1

$$\text{Altura Planta 3ª: } 3,0\text{m} = 300\text{cm} \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50\text{cm}}$$

$$\text{Altura Planta 2ª: } 3,0\text{m} = 300\text{cm} \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50\text{cm}}$$

$$\text{Altura Planta 1ª: } 4,5\text{m} = 450\text{cm} \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 450 = \mathbf{2,25\text{cm}}$$

Tolerancia: 10%

$$\text{Planta 3ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 2ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 1ª: } \frac{10}{100} \times 2,25 = 0,225 \Rightarrow \begin{cases} 2,25 + 0,225 = 2,475\text{cm} \\ 2,25 - 0,225 = 2,025\text{cm} \end{cases}$$

- Obtención desplazamiento de fluencia del disipador y desplazamientos máximos y mínimos entre plantas:

Fichero model.dat programa LumpST:

1,1,4, 739.04,0, 99000, 2.3, 0.01

2,1,4, 0., 0, 495000, desp. flu. disp., 0.01

3,2,1, 739.04,0, 68000, 3.2, 0.01
 4,2,1, 0., 0, 340000, desp. flu. disp., 0.01
 5,3,2, 739.04,0, 55000, 2.2, 0.01
 6,3,2, 0., 0, 275000, desp. flu. disp., 0.01

5.4.3.1.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$ (Factor de escala: 0.5717)**

Tabla 5.4.1: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°1, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=20,94\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0030	0.982	-1.712	1.712	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0478	0.956	-1.570	1.570	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.00008	1.150	-0.985	1.150	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$ (Factor de escala: 0.9102)**

Tabla 5.4.2: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°4, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=34,95\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0003	1.922	-1.869	1.922	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.2384	0.757	-1.001	1.001	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0880	1.109	-1.181	1.181	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$ (Factor de escala: 0.9431)**

Tabla 5.4.3: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°5, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=39,04\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0226	2.340	-1.083	2.340	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0402	1.532	-1.013	1.532	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	0.491	-1.117	1.117	1.350 ÷ 1.650

Las Fig. 5.4.4, 5.4.5 y 5.4.6 muestran los desplazamientos máximos en valor absoluto experimentados por cada planta, para cada uno de los terremotos analizados en el suelo tipo I, tipo II y tipo III respectivamente del pórtico pa2pz2-1.

También se representa el desplazamiento objetivo igual al 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas con una tolerancia de $\pm 10\%$. Los desplazamientos máximos en valor absoluto que quedan dentro de ésta franja de desplazamientos objetivo, son los que cumplen el criterio anteriormente definido en el apartado 5.4.2.

En las Fig. 5.4.8, 5.4.9 y 5.4.10 representaremos estos desplazamientos para suelo tipo I, suelo tipo II y tipo III respectivamente y para el pórtico pa4pz2-1.

Y por último, en las Fig. 5.4.12, 5.4.13 y 5.4.14, los desplazamientos máximos en valor absoluto para el pórtico pa6pz2-1 y para cada tipo de suelo.

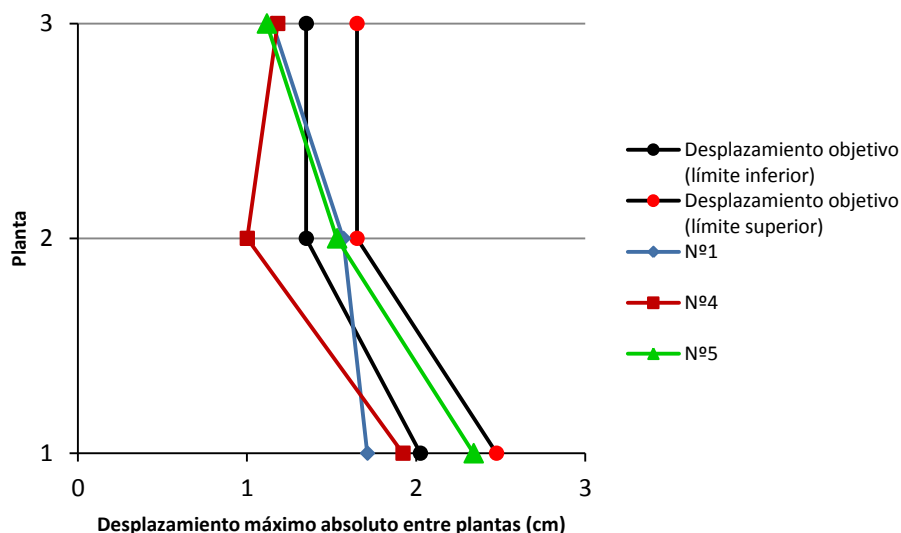


Fig. 5.4.4: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I (muy duro)

5.4.3.1.2 Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

- **Acelerograma N°1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$** (Factor de escala: 1.2554)

Tabla 5.4.4: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°1, suelo tipo II, campo cercano

Planta	Input de energía: $V_E=28,93\text{cm/s}$				
	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0008	0.886	-1.495	1.495	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0356	0.552	-1.317	1.317	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	1.104	-1.606	1.606	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 1.9662)

Tabla 5.4.5: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°14, suelo tipo II, campo cercano

Input de energía: $V_E=116,08\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.4883	2.535	-1.697	2.535	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.5937	1.965	-1.350	1.965	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.4454	1.648	-0.918	1.648	1.350 ÷ 1.650

5.4.3.1.3 Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$** (Factor de escala: 1.7929)

Tabla 5.4.6: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°2, suelo tipo II, campo lejano

Input de energía: $V_E=30,80\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0180	0.864	-1.780	1.780	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1270	0.411	-1.209	1.209	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0420	1.393	-1.411	1.411	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1610)

Tabla 5.4.7: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°12, suelo tipo II, campo lejano

Input de energía: $V_E=55,34\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.9473	2.072	-1.799	2.072	2.025 ÷ 2.475
2ª	1.5000	1.472	-1.353	1.472	1.350 ÷ 1.650
3ª	2.0000	1.591	-1.205	1.591	1.350 ÷ 1.650

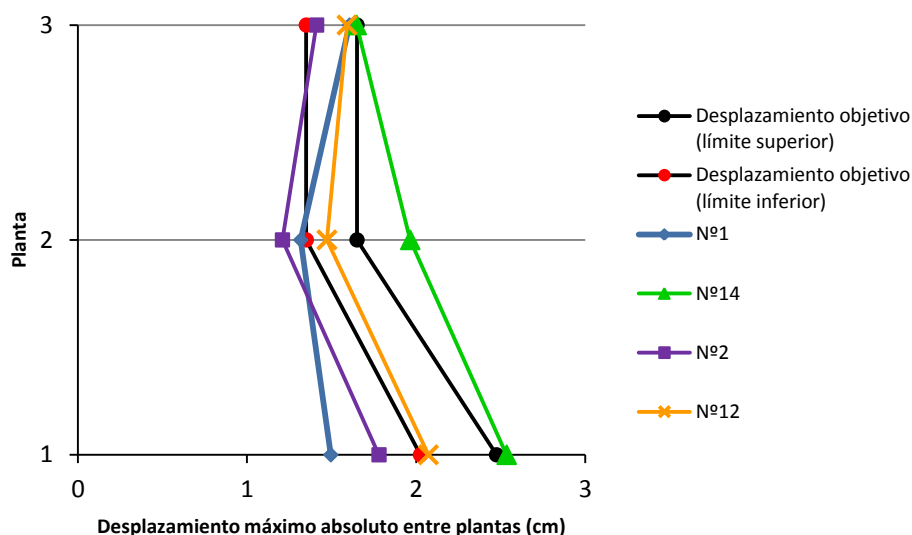


Fig. 5.4.5: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II (duro)

5.4.3.1.4 Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

- Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$ (Factor de escala: 1.1564)

Tabla 5.4.8: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°2, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=72,56\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.7227	2.468	-1.856	2.468	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.9375	1.625	-1.419	1.625	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.6250	1.606	-1.483	1.606	1.350 ÷ 1.650

- Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$ (Factor de escala: 1.1098)

Tabla 5.4.9: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°6, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=31,37\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0001	1.298	-2.319	2.319	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1824	0.325	-1.541	1.541	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0450	1.004	-1.517	1.517	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 0.7067)

Tabla 5.4.10: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°12, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=91,96\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.1914	2.400	-2.400	2.400	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.4150	1.599	-1.184	1.599	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.2158	1.553	-1.165	1.553	1.350 ÷ 1.650

5.4.3.1.5 Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$** (Factor de escala: 0.9077)

Tabla 5.4.11: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°3, suelo tipo III, campo lejano

Input de energía: $V_E=37,80\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0001	2.138	-1.684	2.138	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1167	1.571	-1.306	1.571	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	1.421	-1.387	1.421	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°14 (Año Liosia) $\Delta=14\text{Km}$** (Factor de escala: 0.8168)

Tabla 5.4.12: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, acelerograma n°14, suelo tipo III, campo lejano

Input de energía: $V_E=21,99\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0001	0.692	-1.853	1.853	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0357	0.998	-1.563	1.563	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	1.475	-0.975	1.475	1.350 ÷ 1.650

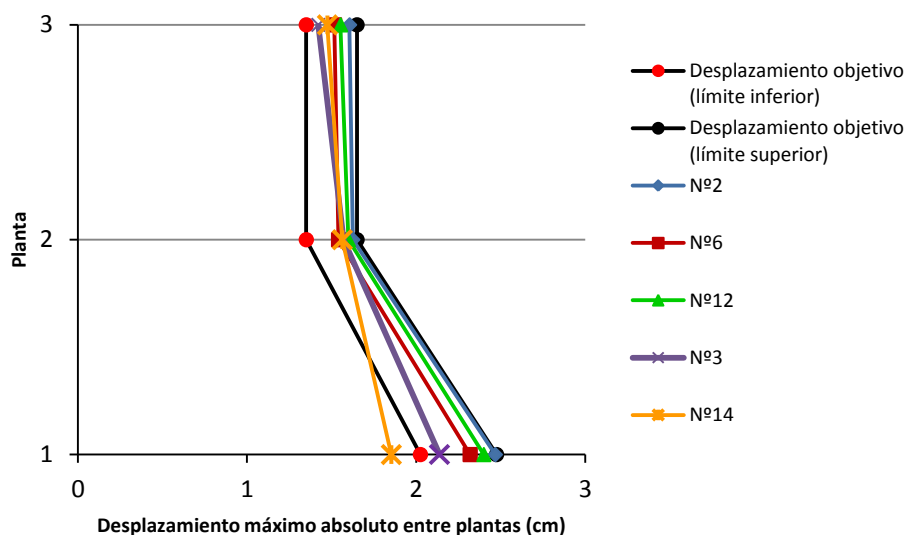


Fig. 5.4.6: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III (medio)

5.4.3.2. Pórtico pa4pz2-1 (3 plantas)

- Rigidez disipador:

$$\text{Planta 3ª: } {}_s k_3 = (77000N/cm) \times 5 = 385000N/cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s k_2 = (91000N/cm) \times 5 = 455000N/cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s k_1 = (95000N/cm) \times 5 = 475000N/cm$$

- Desplazamientos de fluencia del pórtico:

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \delta_3 = 1,65cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \delta_2 = 2,4cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \delta_1 = 3,3cm$$

- Desplazamientos objetivo entre plantas:

Para que el desplazamiento máximo entre plantas, sea el 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas.

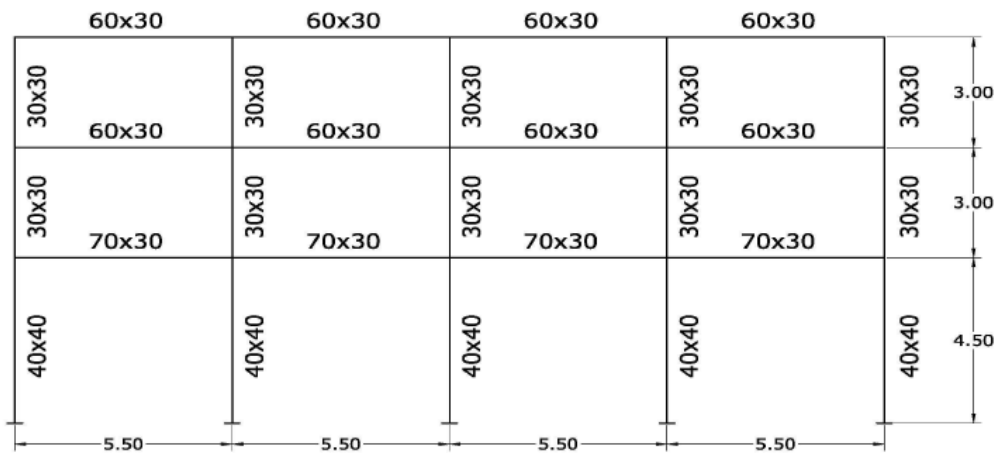


Fig. 5.4.7: Pórtico pa4pz2-1

$$\text{Altura Planta 3ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 2ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 1ª: } 4,5m = 450cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 450 = \mathbf{2,25cm}$$

Tolerancia: 10%

$$\text{Planta 3ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650cm \\ 1,50 - 0,150 = 1,350cm \end{cases}$$

$$\text{Planta 2ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650cm \\ 1,50 - 0,150 = 1,350cm \end{cases}$$

$$\text{Planta 1ª: } \frac{10}{100} \times 2,25 = 0,225 \Rightarrow \begin{cases} 2,25 + 0,225 = 2,475cm \\ 2,25 - 0,225 = 2,025cm \end{cases}$$

- Obtención desplazamiento de fluencia del disipador y desplazamientos máximos y mínimos entre plantas:

Fichero model.dat programa LumpST:

```
1,1,4, 885.82,0, 95000, 3.3, 0.01
2,1,4, 0., 0, 475000, desp. flu. disp., 0.01
3,2,1, 885.82,0, 91000, 2.4, 0.01
4,2,1, 0., 0, 455000, desp. flu. disp., 0.01
5,3,2, 885.82,0, 77000, 1.65, 0.01
6,3,2, 0., 0, 385000, desp. flu. disp., 0.01
```

5.4.3.2.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$ (Factor de escala: 0.5717)**

Tabla 5.4.13: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°1, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=18,73\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.1305* 1.0e-003	1.178	-2.084	2.084	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1000* 1.0e-003	1.044	-1.663	1.663	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0981* 1.0e-003	0.905	-1.026	1.026	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$ (Factor de escala: 0.9102)**

Tabla 5.4.14: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°4, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=63,42\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	1.0625	1.872	-1.268	1.872	2.025 ÷ 2.475
2ª	1.2500	1.177	-1.064	1.177	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.6504	1.437	-0.922	1.437	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$ (Factor de escala: 0.9431)**

Tabla 5.4.15: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°5, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=41,76\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.8267* 1.0e-003	2.248	-1.464	2.248	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1019* 1.0e-003	0.811	-1.314	1.314	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.1000* 1.0e-003	0.442	-1.149	1.149	1.350 ÷ 1.650

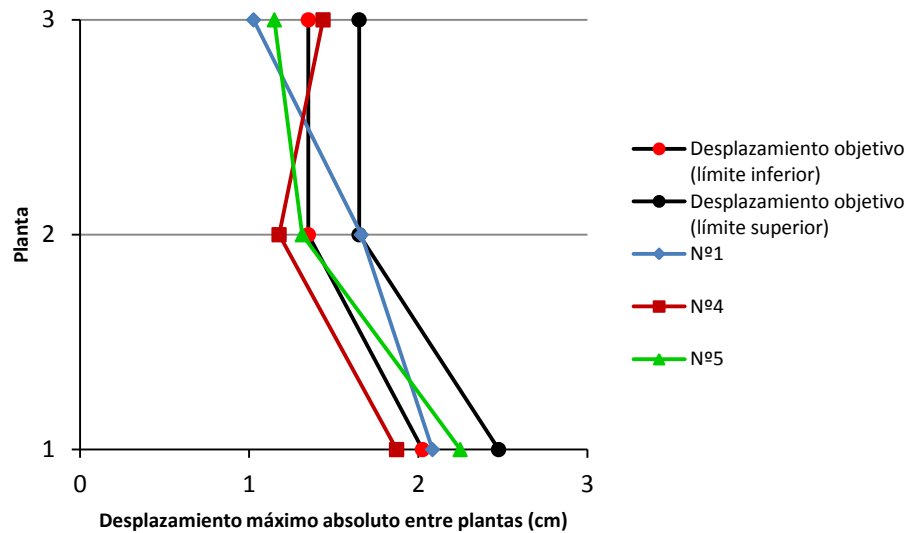


Fig. 5.4.8: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I (muy duro)

5.4.3.2.2 Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

- **Acelerograma N°1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$** (Factor de escala: 1.2554)

Tabla 5.4.16: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°1, suelo tipo II, campo cercano

Input de energía: $V_E=26,53\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0011	1.399	-1.529	1.529	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0060	1.033	-1.241	1.241	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0011	1.220	-1.454	1.454	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 1.9662)

Tabla 5.4.17: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°14, suelo tipo II, campo cercano

Input de energía: $V_E=32,89\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0001	1.382	-2.234	2.235	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1502	0.293	-1.487	1.487	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	1.016	-1.504	1.504	1.350 ÷ 1.650

5.4.3.2.3 Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$** (Factor de escala: 1.7929)

Tabla 5.4.18: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°2, suelo tipo II, campo lejano

Input de energía: $V_E=49,04\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	1.1719	2.145	-1.079	2.145	2.025 ÷ 2.475
2ª	1.3750	1.276	-0.959	1.276	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.6606	1.437	-0.709	1.437	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1610)

Tabla 5.4.19: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°12, suelo tipo II, campo lejano

Input de energía: $V_E=56,30\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	1.3125	2.251	-2.051	2.251	2.025 ÷ 2.475
2ª	1.3604	1.501	-1.267	1.501	1.350 ÷ 1.650
3ª	1.0703	1.500	-0.973	1.500	1.350 ÷ 1.650

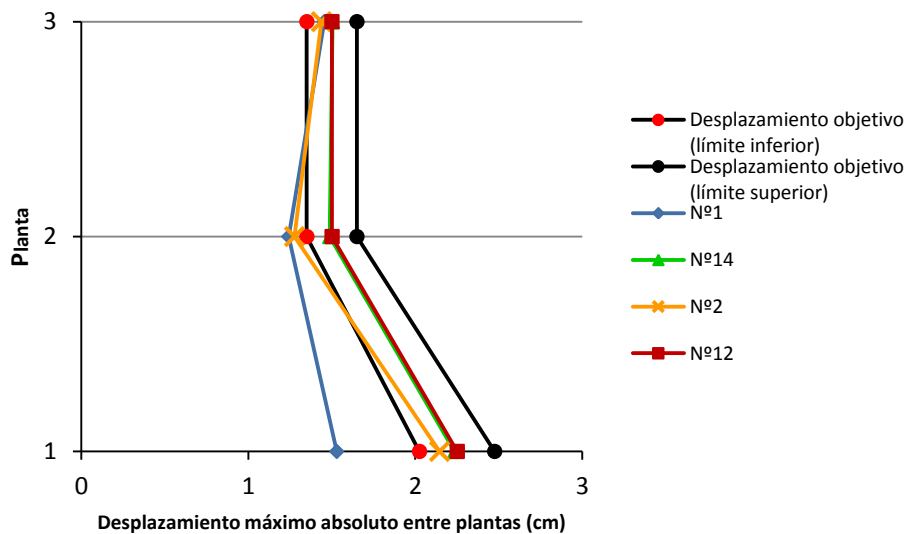


Fig. 5.4.9: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II (duro)

5.4.3.2.4 Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

- **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1564)

Tabla 5.4.20: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°2, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=74,02\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.9121	2.443	-2.158	2.443	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.7659	1.689	-1.470	1.689	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.4571	1.591	-1.402	1.591	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1098)

Tabla 5.4.21: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°6, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=42,61\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0802	1.822	-2.247	2.247	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.1319	1.508	-1.374	1.508	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0879	1.504	-0.938	1.504	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 0.7067)

Tabla 5.4.22: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°12, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=93,84\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.3633	2.333	-1.780	2.333	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.3633	1.642	-0.869	1.642	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.1640	1.544	-1.334	1.544	1.350 ÷ 1.650

5.4.3.2.5 Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$** (Factor de escala: 0.9077)

Tabla 5.4.23: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°3, suelo tipo III, campo lejano

Input de energía: $V_E=121,70\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.4526	2.517	-2.223	2.517	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.3970	1.903	-1.669	1.903	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.1934	1.448	-1.653	1.653	1.350 ÷ 1.650

▪ **Acelerograma N°14 (Ano Liosia) $\Delta=14\text{Km}$ (Factor de escala: 0.8168)**

Tabla 5.4.24: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, acelerograma n°14, suelo tipo III, campo lejano

Input de energía: $V_E=23,02\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0123	1.752	-2.223	2.223	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0001	1.121	-1.564	1.564	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0001	1.390	-0.996	1.390	1.350 ÷ 1.650

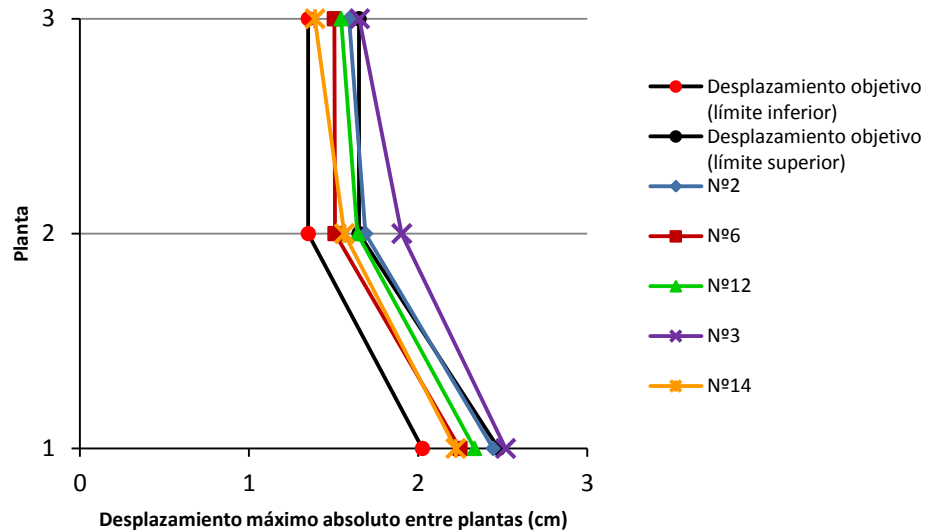


Fig. 5.4.10: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III (medio)

5.4.3.3. Pórtico pa6pz2-1 (6 plantas)

- Rigidez disipador:

Planta 6ª: ${}_s k_6 = (56000N/cm) \times 5 = 280000N/cm$

Planta 5ª: ${}_s k_5 = (83000N/cm) \times 5 = 415000N/cm$

Planta 4ª: ${}_s k_4 = (113000N/cm) \times 5 = 565000N/cm$

Planta 3ª: ${}_s k_3 = (177000N/cm) \times 5 = 885000N/cm$

Planta 2ª: ${}_s k_2 = (224000N/cm) \times 5 = 1120000N/cm$

Planta 1ª: ${}_s k_1 = (175000N/cm) \times 5 = 875000N/cm$

- Desplazamientos de fluencia del pórtico:

Planta 6ª: ${}_f \delta_6 = 1,6\text{cm}$

Planta 5ª: ${}_f \delta_5 = 2,0\text{cm}$

Planta 4ª: ${}_f \delta_4 = 1,0\text{cm}$

Planta 3ª: ${}_f \delta_3 = 0,8\text{cm}$

Planta 2ª: ${}_f \delta_2 = 0,7cm$

Planta 1ª: ${}_f \delta_1 = 0,9cm$

- Desplazamientos objetivo entre plantas:

Para que el desplazamiento máximo entre plantas, sea el 0,5% en valor absoluto de la altura entre plantas.

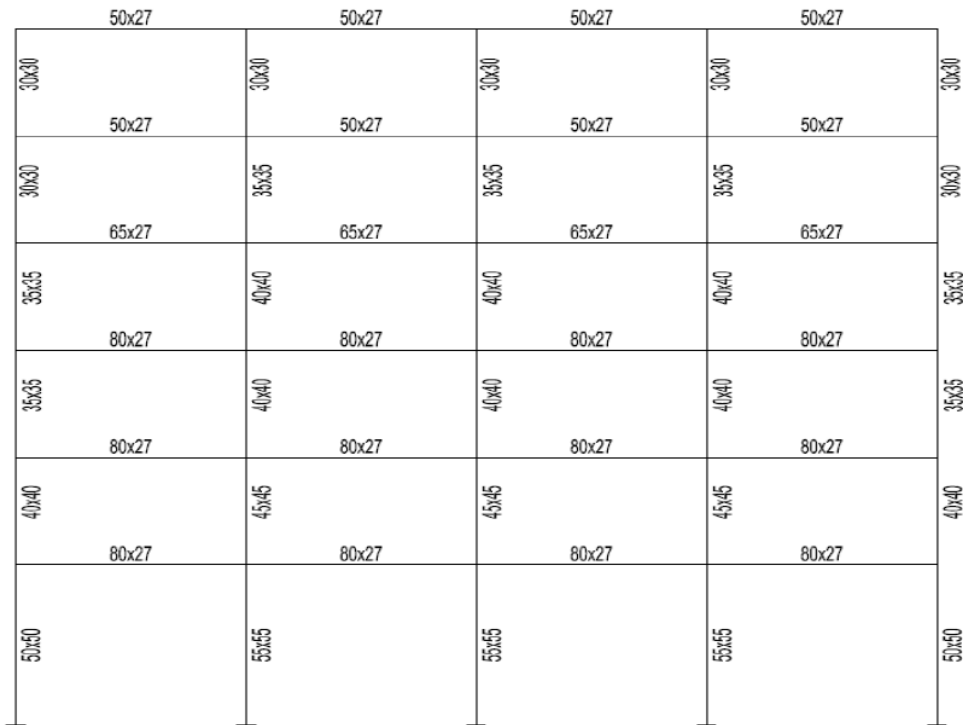


Fig. 5.4.11: Pórtico pa6pz2-1

$$\text{Altura Planta 6ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 5ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 4ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 3ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 2ª: } 3,0m = 300cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 300 = \mathbf{1,50cm}$$

$$\text{Altura Planta 1ª: } 4,5m = 450cm \Rightarrow \frac{0,5}{100} \times 450 = \mathbf{2,25cm}$$

Tolerancia: 10%:

$$\text{Planta 6ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 5ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 4ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 3ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 2ª: } \frac{10}{100} \times 1,50 = 0,150 \Rightarrow \begin{cases} 1,50 + 0,150 = 1,650\text{cm} \\ 1,50 - 0,150 = 1,350\text{cm} \end{cases}$$

$$\text{Planta 1ª: } \frac{10}{100} \times 2,25 = 0,225 \Rightarrow \begin{cases} 2,25 + 0,225 = 2,475\text{cm} \\ 2,25 - 0,225 = 2,025\text{cm} \end{cases}$$

- Obtención desplazamiento de fluencia del disipador y desplazamientos máximos y mínimos entre plantas:

Fichero model.dat programa LumpST:

```

1,1,7, 739.04,0, 175000, 0.9,          0.01
2,1,7,  0.,  0, 875000, desp. flu. disip., 0.01
3,2,1, 739.04,0, 224000, 0.7,          0.01
4,2,1,  0.,  0,1120000, desp. flu. disip.,0.01
5,3,2, 739.04,0, 177000, 0.8,          0.01
6,3,2,  0.,  0, 885000, desp. flu. disip.,0.01
7,4,3, 739.04,0, 113000, 1.0,          0.01
8,4,3,  0.,  0, 565000, desp. flu. disip.,0.01
9,5,4, 739.04, 0,  83000, 2.0,          0.01
10,5,4,  0.,  0, 415000, desp. flu. disip.,0.01
11,6,5,739.04,0,  56000, 1.6,          0.01
12,6,5,  0.,  0, 280000, desp. flu. disip.,0.01

```

5.4.3.3.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$** (Factor de escala: 0.9102)

Tabla 5.4.25: Desplazamientos de fluencia del dissipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°4, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=59,80\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia dissipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.610	1.856	-1.040	1.856	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.470	0.803	-0.500	0.803	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.570	0.645	-0.554	0.645	1.350 ÷ 1.650
4ª	0.720	1.020	-1.269	1.269	1.350 ÷ 1.650
5ª	1.200	1.115	-1.005	1.115	1.350 ÷ 1.650
6ª	1.100	0.959	-1.472	1.472	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$** (Factor de escala: 0.9431)

Tabla 5.4.26: Desplazamientos de fluencia del dissipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°5, suelo tipo I, campo lejano

Input de energía: $V_E=32,89\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia dissipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.0250	2.467	-0.977	2.467	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0100	1.023	-0.714	1.023	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0100	0.914	-0.792	0.914	1.350 ÷ 1.650
4ª	0.0100	1.340	-1.009	1.340	1.350 ÷ 1.650
5ª	0.0160	0.998	-1.014	1.014	1.350 ÷ 1.650
6ª	0.00009	0.460	-1.219	1.219	1.350 ÷ 1.650

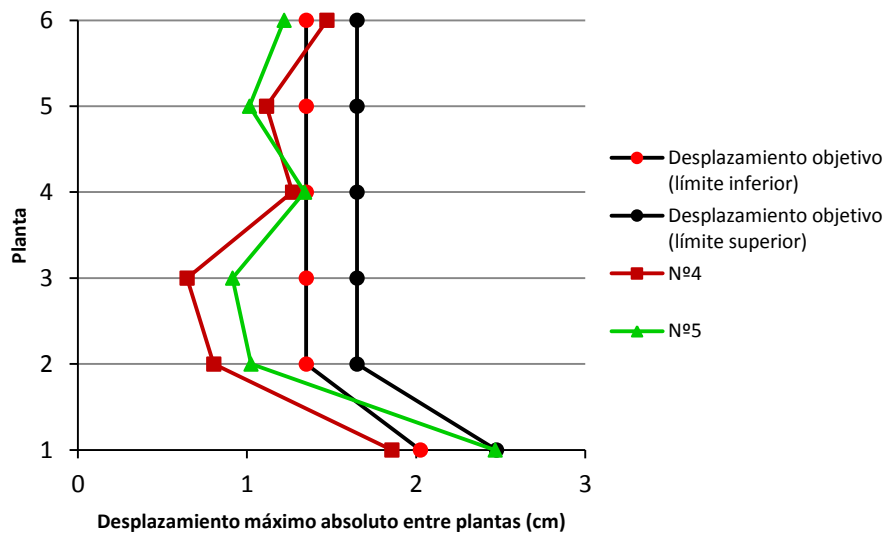


Fig. 5.4.12: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I (muy duro)

5.4.3.3.2 Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

- **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 1.9662)

Tabla 5.4.27: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°14, suelo tipo II, campo lejano

Input de energía: $V_E=98,48\text{cm/s}$					
Nº	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.400	0.544	-2.295	2.295	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.240	0.456	-1.552	1.552	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.240	0.861	-1.352	1.352	1.350 ÷ 1.650
4ª	0.365	1.637	-1.038	1.637	1.350 ÷ 1.650
5ª	0.280	1.645	-1.410	1.645	1.350 ÷ 1.650
6ª	0.260	1.570	-1.219	1.570	1.350 ÷ 1.650

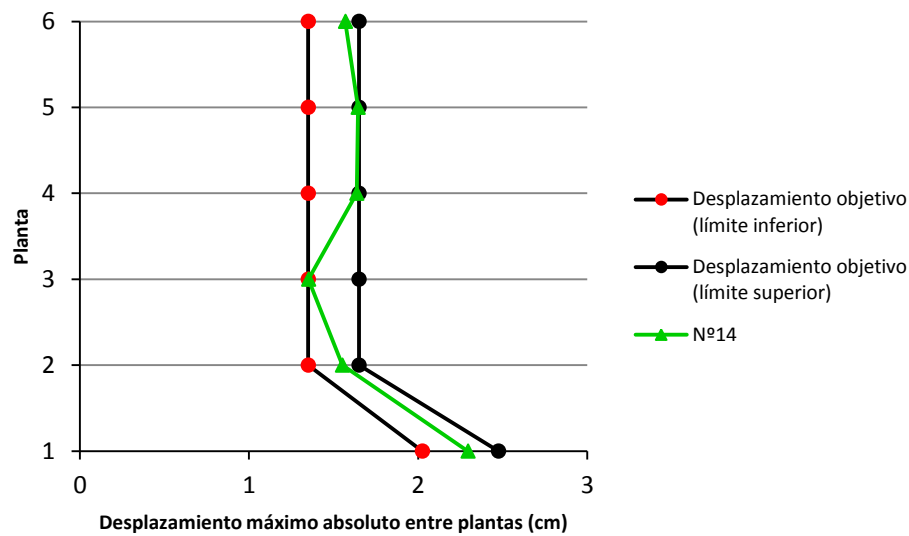


Fig. 5.4.13: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II (duro)

5.4.3.3.3 Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

- **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1564)

Tabla 5.4.28: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°2, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=40,26\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.02700	1.013	-2.033	2.033	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.00390	0.722	-1.213	1.213	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.00004	0.782	-1.135	1.135	1.350 ÷ 1.650
4ª	0.04300	0.796	-1.554	1.554	1.350 ÷ 1.650
5ª	0.06900	1.521	-1.572	1.572	1.350 ÷ 1.650
6ª	0.11000	1.407	-1.137	1.407	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$** (Factor de escala: 1.1098)

Tabla 5.4.29: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°6, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=65,35\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.776	0.474	-2.108	2.108	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.496	0.769	-1.335	1.335	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.706	1.333	-0.584	1.333	1.350 ÷ 1.650
4ª	1.490	1.410	-0.809	1.410	1.350 ÷ 1.650
5ª	1.615	1.633	-0.871	1.633	1.350 ÷ 1.650
6ª	1.900	1.934	-0.944	1.934	1.350 ÷ 1.650

- **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$** (Factor de escala: 0.7067)

Tabla 5.4.30: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°12, suelo tipo III, campo cercano

Input de energía: $V_E=81,21\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.1810	0.785	-2.649	2.649	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.0940	0.613	-1.671	1.671	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.0721	0.748	-1.991	1.991	1.350 ÷ 1.650
4ª	0.0900	1.214	-1.350	1.350	1.350 ÷ 1.650
5ª	0.1100	1.334	-1.261	1.334	1.350 ÷ 1.650
6ª	0.0900	1.547	-1.266	1.547	1.350 ÷ 1.650

5.4.3.3.4 Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

- **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$** (Factor de escala: 0.9077)

Tabla 5.4.31: Desplazamientos de fluencia del disipador y desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, acelerograma n°3, suelo tipo III, campo lejano

Input de energía: $V_E=94,10\text{cm/s}$					
Planta	Desplaz. fluencia disipador (cm)	Desplaz. Máximo entre plantas (cm)	Desplaz. Mínimo entre plantas (cm)	Desplaz. Máximo absoluto (cm)	Desplaz. objetivo (cm)
1ª	0.980	2.335	-0.736	2.335	2.025 ÷ 2.475
2ª	0.690	1.571	-0.465	1.571	1.350 ÷ 1.650
3ª	0.780	1.573	-0.663	1.573	1.350 ÷ 1.650
4ª	1.110	1.221	-1.622	1.622	1.350 ÷ 1.650
5ª	1.300	1.300	-1.645	1.645	1.350 ÷ 1.650
6ª	1.700	1.216	-1.706	1.706	1.350 ÷ 1.650

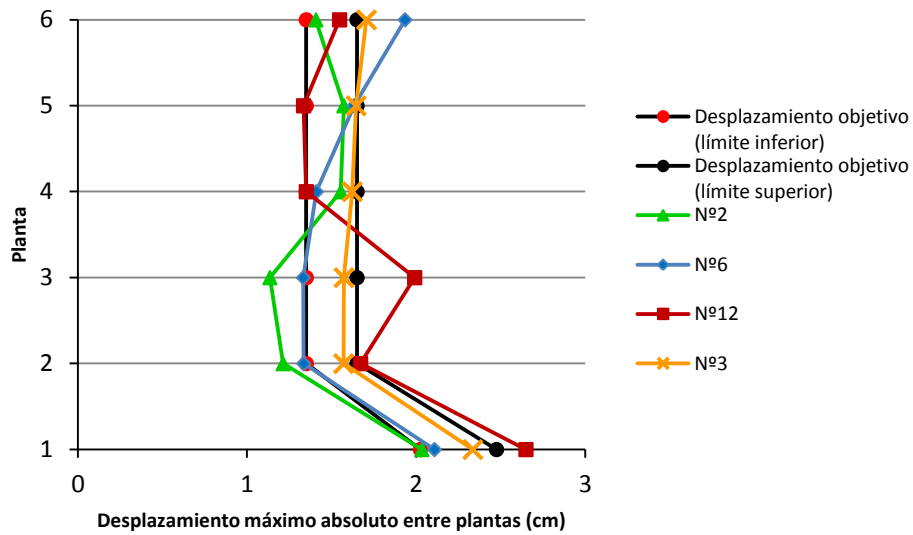


Fig. 5.4.14: Desplazamientos máximos absolutos entre plantas, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III (medio)

Tabla 5.4.32: Desplazamientos de fluencia del dissipador, desplazamiento máximo absoluto entre plantas, input de energía expresado en forma de pseudovelocidad equivalente para cada acelerograma

Pórtico	Tipo de suelo	Acelerograma	Planta	Desplaz. fluencia dissipador δ_i (cm)	Desplaz. máximo absoluto entre plantas (cm)	Input de energía V_E (cm/s)	
pa2pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	0.0030	1.712	20,94	
			2ª	0.0478	1.570		
			3ª	0.00008	1.150		
		Nº4 (Montenegro)	1ª	0.0003	1.922		34,95
			2ª	0.2384	1.001		
			3ª	0.0880	1.181		
	Nº5 (Campano Lucano)	1ª	0.0226	2.340	39,04		
		2ª	0.0402	1.532			
		3ª	0.0001	1.117			
	II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	0.0008		1.495	28,93
			2ª	0.0356		1.317	
			3ª	0.0001		1.606	
Nº14 (Montenegro aftershock)		1ª	0.4883	2.535	116,08		
	2ª	0.5937	1.965				
3ª	0.4454	1.648					
II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	0.0180	1.780		30,80	
		2ª	0.1270	1.209			
		3ª	0.0420	1.411			
	Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	0.9473	2.072	55,34		
2ª		1.5000	1.472				
3ª		2.0000	1.591				
III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	0.7227	2.468		72,56	
		2ª	0.9375	1.625			
		3ª	0.6250	1.606			
	Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	0.0001	2.319	31,37		
2ª		0.1824	1.541				
3ª		0.0450	1.517				

	III Campo lejano	Nº12 (Duzce 1)	1ª	0.1914	2.400	91,96
			2ª	0.4150	1.599	
			3ª	0.2158	1.553	
		Nº3 (Montenegro)	1ª	0.0001	2.138	37,80
			2ª	0.1167	1.571	
			3ª	0.0001	1.421	
Nº14 (Ano Liosia)	1ª	0.0001	1.853	21,99		
	2ª	0.0357	1.563			
	3ª	0.0001	1.475			
pa4pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	0.1305* 1.0e-003	2.084	18,73
			2ª	0.1000* 1.0e-003	1.663	
			3ª	0.0981* 1.0e-003	1.026	
		Nº4 (Montenegro)	1ª	1.0625	1.872	63,42
			2ª	1.2500	1.177	
			3ª	0.6504	1.437	
	Nº5 (Campano Lucano)	1ª	0.8267* 1.0e-003	2.248	41,76	
		2ª	0.1019* 1.0e-003	1.314		
		3ª	0.1000* 1.0e-003	1.149		
	II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	0.0011	1.529	26,53
			2ª	0.0060	1.241	
			3ª	0.0011	1.454	
	Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	0.0001	2.2350	32,89	
		2ª	0.1502	1.4870		
		3ª	0.0001	1.5040		
	II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	1.1719	2.145	49,04
			2ª	1.3750	1.276	
		Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	1.3125	2.251	56,30
			2ª	1.3604	1.501	
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	0.9121	2.443	74,02
			2ª	0.7659	1.689	
			3ª	0.4571	1.591	
		Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	0.0802	2.247	42,61
			2ª	0.1319	1.508	
3ª			0.0879	1.504		
Nº12 (Duzce 1)	1ª	0.3633	2.333	93,84		
	2ª	0.3633	1.642			
	3ª	0.1640	1.544			
III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	0.4526	2.517	121,70	
		2ª	0.3970	1.903		
		3ª	0.1934	1.653		
	Nº14 (Ano Liosia)	1ª	0.0123	2.223	23,02	
2ª		0.0001	1.564			
pa6pz2-1	I Campo lejano	Nº4 (Montenegro)	1ª	0.610	1.856	59,80
			2ª	0.470	0.803	
			3ª	0.570	0.645	
			4ª	0.720	1.269	
			5ª	1.200	1.115	
			6ª	1.100	1.472	
		Nº5 (Campano Lucano)	1ª	0.0250	2.467	32,89
			2ª	0.0100	1.023	
			3ª	0.0100	0.914	
			4ª	0.0100	1.340	

pa6pz2-1			5ª	0.0160	1.014	
			6ª	0.00009	1.219	
	II Campo cercano	Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	0.400	2.295	98,48
			2ª	0.240	1.552	
			3ª	0.240	1.352	
			4ª	0.365	1.637	
			5ª	0.280	1.645	
			6ª	0.260	1.570	
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	0.02700	2.033	40,26
			2ª	0.00390	1.213	
			3ª	0.00004	1.135	
			4ª	0.04300	1.554	
			5ª	0.06900	1.572	
			6ª	0.11000	1.407	
		Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	0.776	2.108	65,35
			2ª	0.496	1.335	
			3ª	0.706	1.333	
			4ª	1.490	1.410	
			5ª	1.615	1.633	
			6ª	1.900	1.934	
	Nº12 (Duzce 1)	1ª	0.1810	2.649	81,21	
		2ª	0.0940	1.671		
		3ª	0.0721	1.991		
		4ª	0.0900	1.350		
5ª		0.1100	1.334			
6ª		0.0900	1.547			
III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	0.980	2.335	94,10	
		2ª	0.690	1.571		
		3ª	0.780	1.573		
		4ª	1.110	1.622		
		5ª	1.300	1.645		
		6ª	1.700	1.706		

En algunos casos, es difícil ajustar los desplazamientos dentro del intervalo considerado anteriormente. Estos problemas claramente no lineales son muy complejos. La distribución de la energía que se introduce entre plantas es muy sensible a la distribución de resistencia, y esa sensibilidad es más acusada en unos sismos que en otros.

También influye el hecho de que se han considerado leyes histeréticas del tipo elástico-perfectamente plástico.

Se observa en las figuras anteriormente representadas de los desplazamientos máximos absolutos entre plantas para cada pórtico y tipo de suelo, que para el suelo tipo III se obtiene mejores resultados que para el suelo tipo I y tipo II.

5.5. RESISTENCIA LATERAL Y COEFICIENTES DE FUERZA CORTANTE

5.5.1. Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada

Se expone a continuación la obtención de la resistencia de los disipadores de cada una de las plantas de los modelos estructurales, como el producto de la rigidez del disipador por el desplazamiento de fluencia de cada planta.

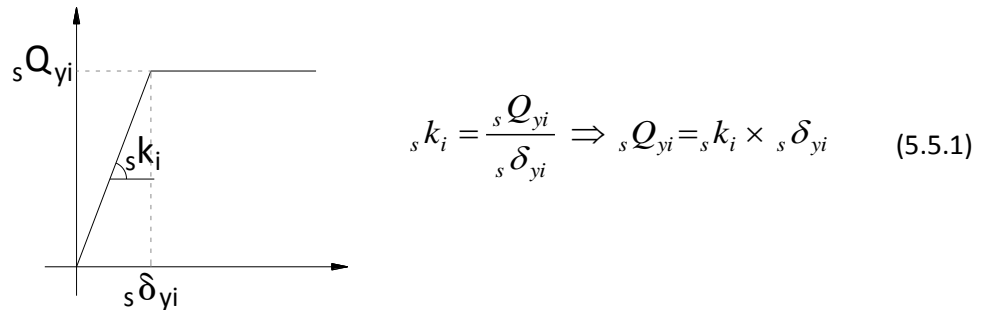


Fig. 5.5.1: Curva Desplazamiento de fluencia – Resistencia lateral del disipador

Siendo:

- ${}_s Q_{yi}$: Resistencia lateral aportada por los disipadores de una determinada planta i.
- ${}_s k_i$: Rigidez lateral aportada por los disipadores de una determinada planta i.
- ${}_s \delta_{yi}$: Desplazamiento de fluencia de los disipadores de una determinada planta i.

5.5.2. Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada

El coeficiente cortante de fluencia de los disipadores de una planta i se define como sigue:

$${}_s \alpha_i = \frac{{}_s Q_{yi}}{\sum_{j=i}^{j=N} m_j g} \quad (5.5.2)$$

Siendo:

- ${}_s \alpha_i$: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una determinada planta i.
- $\sum_{j=i}^{j=N} m_j g$: Peso de todas las plantas por encima de la planta i considerara.

5.5.3. Resistencia lateral aportada por la parte flexible(pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

La resistencia lateral en parte flexible (pórtico), cuando la estructura se mueve lateralmente un desplazamiento ${}_s \delta_{yi}$, se obtiene simplemente como sigue:

$${}_f Q_{máxi} = {}_f k_i \times {}_s \delta_{yi} \quad (5.5.3)$$

Siendo:

- ${}_f Q_{máxi}$: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastifica.
- ${}_f k_i$: Rigidez por planta sin disipador.

δ_{yi} : Desplazamiento de fluencia del disipador por planta.

5.5.4. Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

El coeficiente cortante en el pórtico cuando los disipadores empiezan a plastificar se obtiene mediante la ecuación:

$${}_f \alpha_i = \frac{{}_f Q_{máxi}}{\sum_{j=1}^{j=N} m_j g} \quad (5.5.4)$$

Siendo:

${}_f \alpha_i$: Coeficiente de fluencia cortante sin disipador de una determinada planta.

5.5.5. Coeficiente de fuerza cortante total de planta

El coeficiente de fuerza cortante total se obtiene sumando el coeficiente de fluencia cortante del disipador y el coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar.

$$\alpha_i = {}_s \alpha_i + {}_f \alpha_i \quad (5.5.5)$$

Siendo:

α_i : Coeficiente de fuerza cortante total de una determinada planta.

5.5.6. Obtención de los parámetros definidos en los apartados 5.5.1 a 5.5.5 para cada uno de los pórticos

5.5.6.1. Pórtico pa2pz2-1 (3 plantas)

Masas por planta m_i

La estructura se puede idealizar con un modelo de tres masas concentradas (situadas en el centro de masas del forjado), tal como indica la Figura 5.5.2.

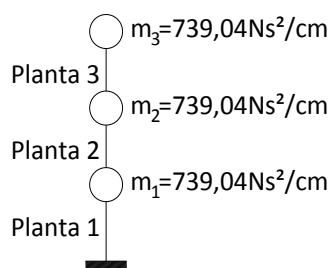


Fig. 5.5.2: Idealización de un modelo de masas del pórtico pa2pz2-1

Rigidez del disipador

Rigidez disipador = 5 x Rigidez sin disipador

$$\text{Planta 3ª: } {}_s k_3 = (55000N/cm) \times 5 = 275000N/cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s k_2 = (68000N/cm) \times 5 = 340000N/cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s k_1 = (99000N/cm) \times 5 = 495000N/cm$$

5.5.6.1.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

▪ **Acelerograma Nº1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,00008\text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,04780\text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,00300\text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000N/cm \times 0,00008\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 22N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000N/cm \times 0,04780\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 16252N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000N/cm \times 0,00300\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 1485N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{22}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 3,034e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{16252}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,011}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1485}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 6,828e^{-04}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000N/cm \times 0,00008\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 4,4N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000N/cm \times 0,04780\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 3250,4N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000N/cm \times 0,00300\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 297N}$$

Coficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar
 ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{4,4}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 6,069e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{3250,4}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 2,242e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{297}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 1,365e^{-04}}$$

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 3,034e^{-05} + 6,069e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 3,641e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,011 + 2,242e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,013}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 6,828e^{-04} + 1,365e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 8,193e^{-04}}$$

▪ **Acelerograma Nª4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0880 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,2384 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0003 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000N/cm \times 0,0880 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 24200N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000N/cm \times 0,2384 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 81056N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000N/cm \times 0,0003 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 148,5N}$$

Coficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{24200}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,033}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2(N)}{(m_2 + m_3)\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{81056}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,056}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1(N)}{(m_1 + m_2 + m_3)\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{148,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 6,828e^{-05}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{\text{máxi}}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{\text{máx3}} = {}_fk_3 \times {}_s\delta_3 = 55000N/cm \times 0,0880\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx3}} = 4840N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{\text{máx2}} = {}_fk_2 \times {}_s\delta_2 = 68000N/cm \times 0,2384\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx2}} = 16211,2N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{\text{máx1}} = {}_fk_1 \times {}_s\delta_1 = 99000N/cm \times 0,0003\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx1}} = 29,7N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{\text{máx3}}(N)}{m_3\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{4840}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_3 = 6,676e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{\text{máx2}}(N)}{(m_2 + m_3)\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{16211,2}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_2 = 0,011}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{\text{máx1}}(N)}{(m_1 + m_2 + m_3)\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{29,7}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_1 = 1,365e^{-05}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 0,033 + 6,676e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,040}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 0,056 + 0,011 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,067}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 6,828e^{-05} + 1,365e^{-05} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 8,193e^{-05}}$$

▪ **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,0001\text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,0402\text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } \delta_1 = 0,0226 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada Q_i

$$\text{Planta 3ª: } Q_3 = k_3 \times \delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow Q_3 = 27,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_2 = k_2 \times \delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 0,0402 \text{ cm} \Rightarrow Q_2 = 13668 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_1 = k_1 \times \delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,0226 \text{ cm} \Rightarrow Q_1 = 11187 \text{ N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \frac{Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{27,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \alpha_3 = 3,793e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \frac{Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{13668}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \alpha_2 = 9,426e^{-03}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \frac{Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{11187}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \alpha_1 = 5,143e^{-03}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar $Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } Q_{máx3} = k_3 \times \delta_3 = 55000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow Q_{máx3} = 5,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_{máx2} = k_2 \times \delta_2 = 68000 \text{ N/cm} \times 0,0402 \text{ cm} \Rightarrow Q_{máx2} = 2733,6 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_{máx1} = k_1 \times \delta_1 = 99000 \text{ N/cm} \times 0,0226 \text{ cm} \Rightarrow Q_{máx1} = 2237,4 \text{ N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \frac{Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \alpha_3 = 7,586e^{-06}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \frac{Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2733,6}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \alpha_2 = 1,885e^{-03}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \frac{Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2237,4}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \alpha_1 = 1,029e^{-03}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_{3s} \alpha_3 + \alpha_{3f} \alpha_3 = 3,793e^{-05} + 7,586e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 4,552e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_{2s} \alpha_2 + \alpha_{2f} \alpha_2 = 9,426e^{-03} + 1,885e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,011}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_{1s} \alpha_1 + \alpha_{1f} \alpha_1 = 5,143e^{-03} + 1,029e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 6,172 e^{-03}}$$

Representación gráfica

El resultado de estos cálculos queda representado en las figuras definidas a continuación. La resistencia lateral de los disipadores; el coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores; La resistencia lateral aportada por la parte flexible cuando los disipadores empiezan a plastificar; el coeficiente cortante en la parte flexible cuando los disipadores empiezan a plastificar; y el coeficiente de fuerza cortante total, de cada planta y para cada uno de los pórticos analizados y tipo de suelo.

Por lo general, aquellos terremotos que presenten un mayor input de energía expresado en forma de velocidad equivalente V_E necesitarán más cortante.

En las figuras 5.5.3 a 5.5.7, el terremoto de Montenegro es el que presenta mayor resistencia lateral en la segunda planta puesto que es el que tiene mayor desplazamiento de fluencia en dicha planta.

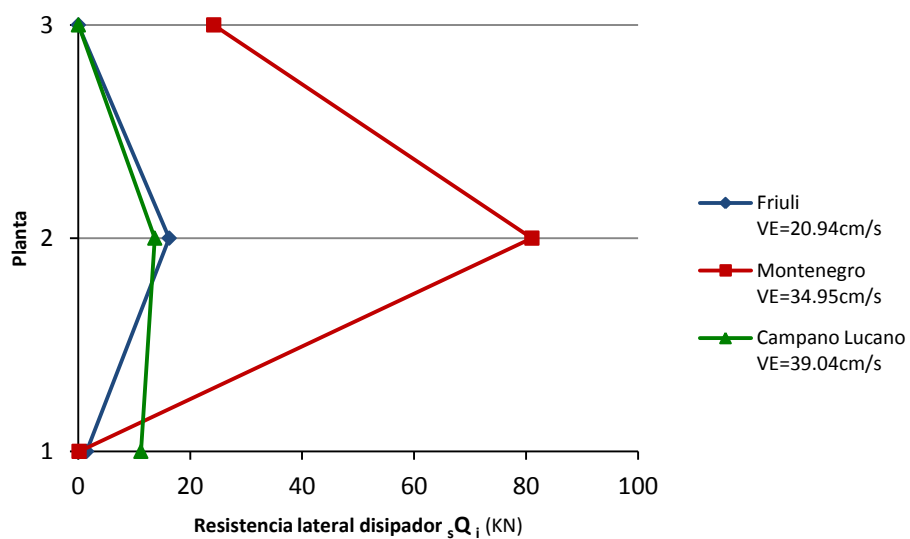


Fig. 5.5.3: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

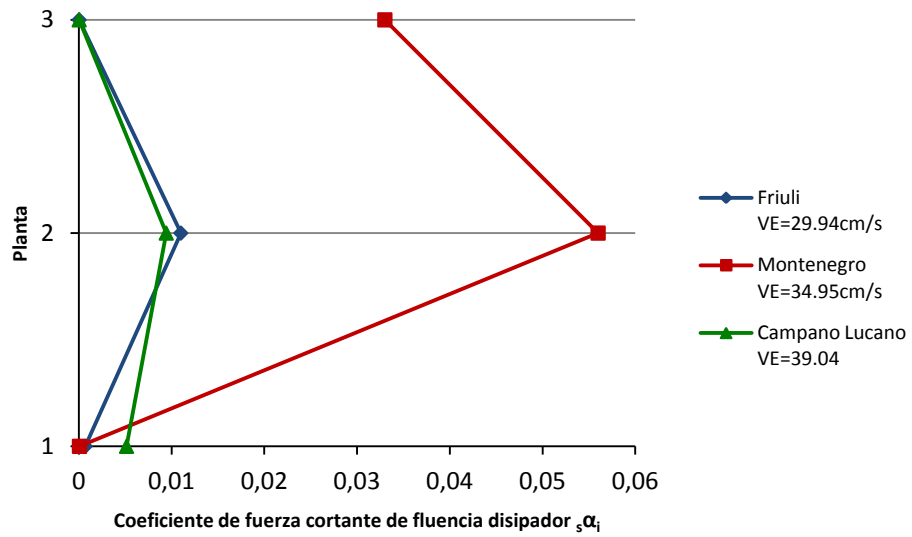


Fig. 5.5.4: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

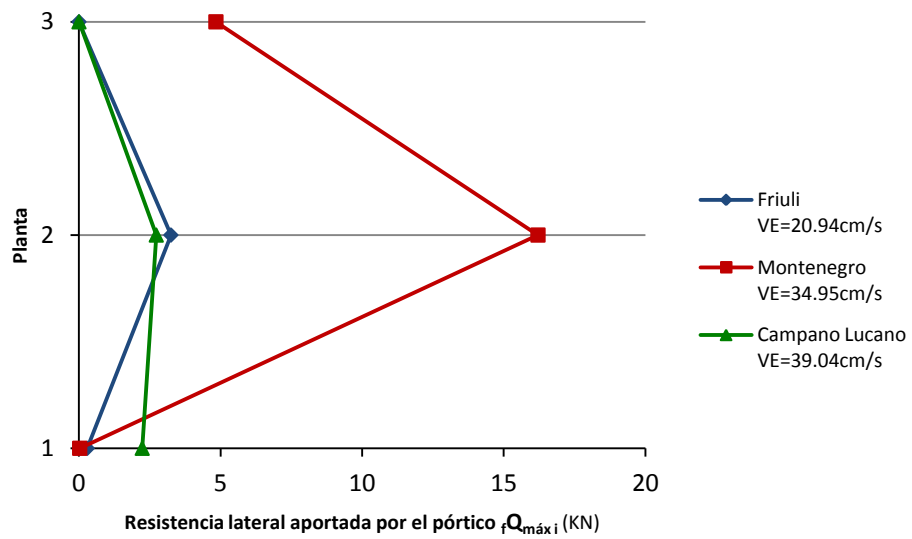


Fig. 5.5.5: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

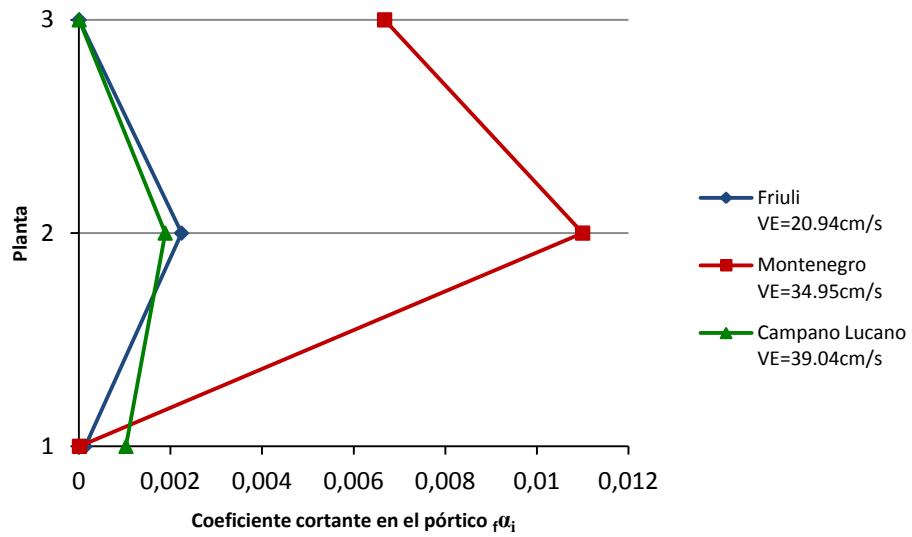


Fig. 5.5.6: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

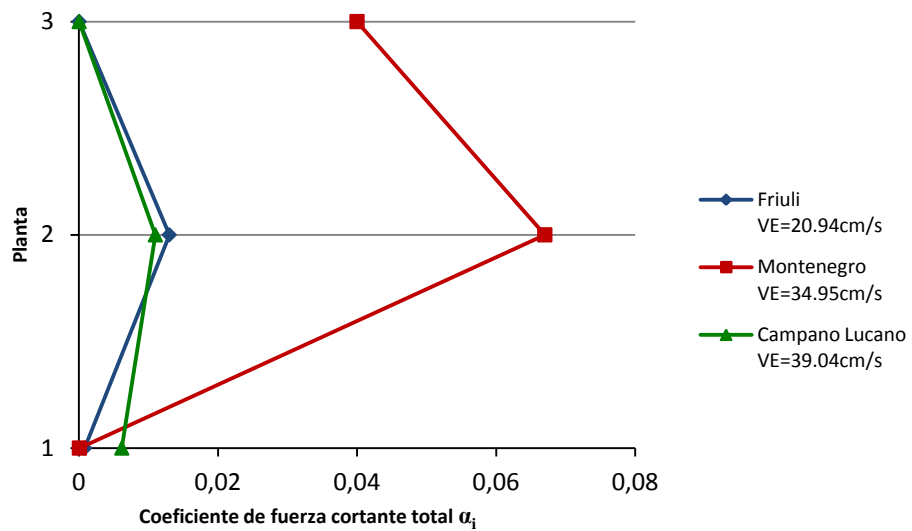


Fig. 5.5.7: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.5.6.1.2. Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

▪ Acelerograma Nº1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

Planta 3ª: ${}_s\delta_3 = 0,0001 \text{ cm}$

Planta 2ª: ${}_s\delta_2 = 0,0356 \text{ cm}$

Planta 1ª: ${}_s\delta_1 = 0,0008 \text{ cm}$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 27,5N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000N/cm \times 0,0356 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 12104N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000N/cm \times 0,0008 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 396N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{27,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 3,793e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12104}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 8,348e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{396}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 1,821e^{-04}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 5,5N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000N/cm \times 0,0356 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 2420,8N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000N/cm \times 0,0008 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 79,2N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 7,586e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2420,8}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 1,669e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{79,2}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 3,641e^{-05}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \alpha_3 + \alpha_3 = 3,793e^{-05} + 7,586e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 4,552e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \alpha_2 + \alpha_2 = 8,348e^{-03} + 1,669e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,010}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \alpha_1 + \alpha_1 = 1,821e^{-04} + 3,641e^{-05} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,185e^{-04}}$$

▪ **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador δ_i

$$\text{Planta 3ª: } \delta_3 = 0,4454 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } \delta_2 = 0,5937 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } \delta_1 = 0,4883 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada Q_i

$$\text{Planta 3ª: } Q_3 = k_3 \times \delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 0,4454 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_3 = 122485 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_2 = k_2 \times \delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 0,5937 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_2 = 201858 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_1 = k_1 \times \delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,4883 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_1 = 241708,5 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \frac{Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{122485}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,169}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \frac{Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{201858}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,139}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \frac{Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{241708,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,111}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar $Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } Q_{máx3} = k_3 \times \delta_3 = 55000 \text{ N/cm} \times 0,4454 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx3} = 24497 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_{máx2} = k_2 \times \delta_2 = 68000 \text{ N/cm} \times 0,5937 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx2} = 40371,6 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_{máx1} = k_1 \times \delta_1 = 99000 \text{ N/cm} \times 0,4883 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx1} = 48341,7 \text{ N}}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{\text{máx}3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{24497}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_3 = 0,034}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{\text{máx}2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{40371,6}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_2 = 0,028}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{\text{máx}1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{48341,7}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_1 = 0,022}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_{3=s} \alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 0,169 + 0,034 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,203}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_{2=s} \alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 0,139 + 0,028 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,167}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_{1=s} \alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 0,111 + 0,022 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,133}$$

Representación gráfica

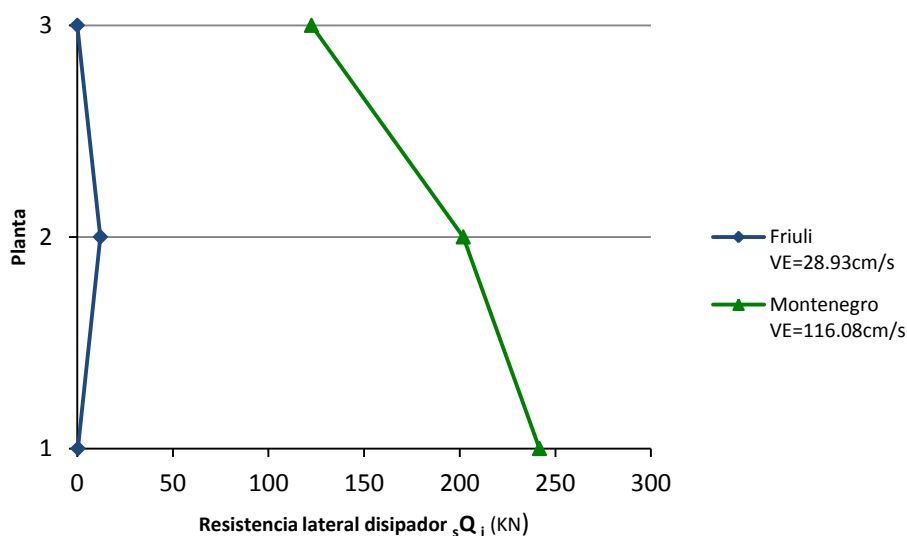


Fig. 5.5.8: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

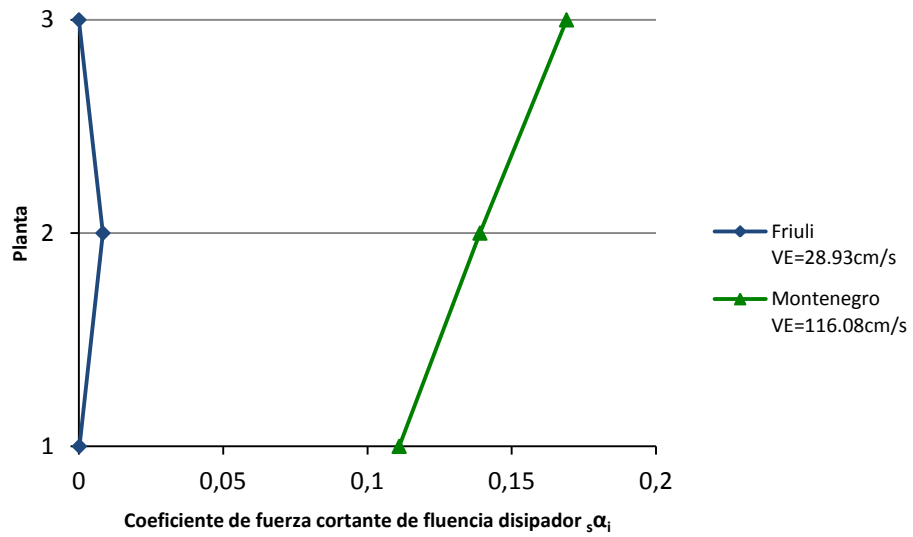


Fig. 5.5.9: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

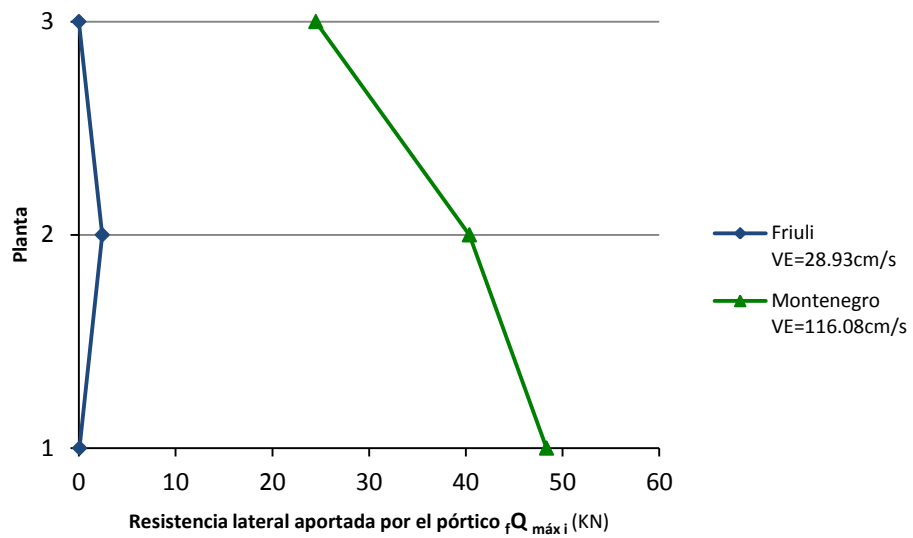


Fig. 5.5.10: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

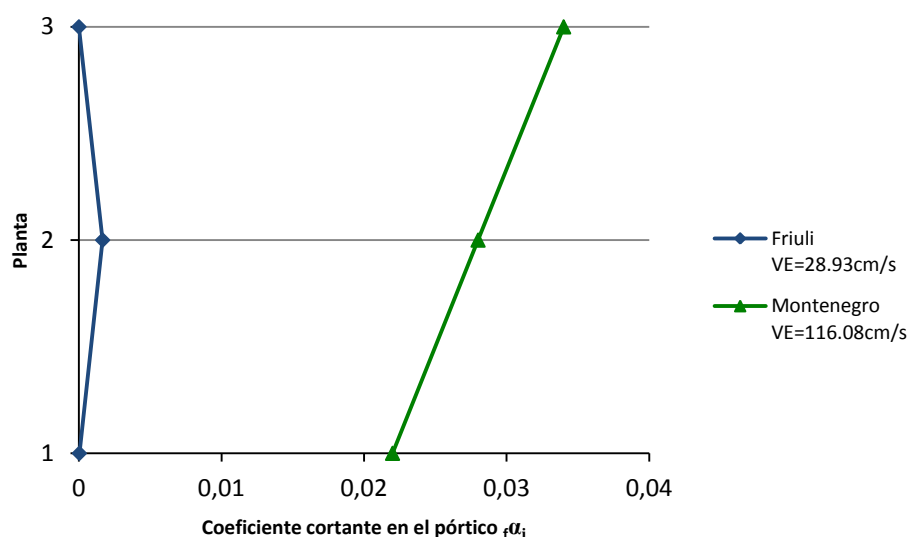


Fig. 5.5.11: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

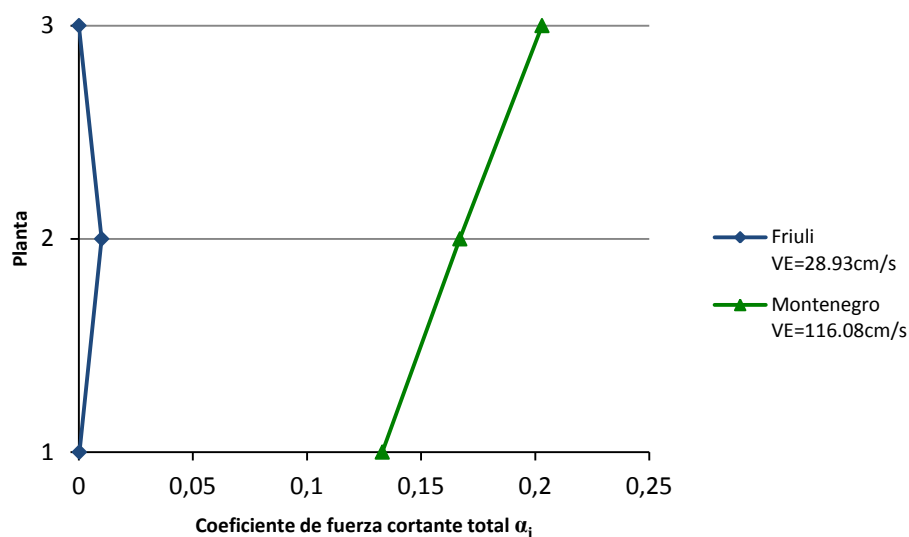


Fig. 5.5.12: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.5.6.1.3. Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,0420 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,1270 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,0180 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000N/cm \times 0,0420\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 11550N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000N/cm \times 0,1270\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 43180N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000N/cm \times 0,0180\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 8910N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{11550}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,016}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{43180}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,030}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{8910}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 4,096e^{-03}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\text{máxi}}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\text{máx3}} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000N/cm \times 0,0420\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx3}} = 2310N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\text{máx2}} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000N/cm \times 0,1270\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx2}} = 8636N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\text{máx1}} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000N/cm \times 0,0180\text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx1}} = 1782N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2310}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 3,186e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{8636}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 5,956e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1782}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 8,193e^{-04}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \alpha_3 + \alpha_3 = 0,016 + 3,186e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,019}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \alpha_2 + \alpha_2 = 0,030 + 5,956e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,036}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \alpha_1 + \alpha_1 = 4,096e^{-03} + 8,193e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 4,915e^{-03}}$$

▪ **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador δ_i

$$\text{Planta 3ª: } \delta_3 = 2,0000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } \delta_2 = 1,5000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } \delta_1 = 0,9473 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada Q_i

$$\text{Planta 3ª: } Q_3 = k_3 \times \delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 2,0000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_3 = 550000 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_2 = k_2 \times \delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 1,5000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_2 = 510000 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_1 = k_1 \times \delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,9473 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_1 = 468913,5 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \frac{Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{550000}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,759}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \frac{Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{510000}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,352}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \frac{Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{468913,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,215}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar $Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } Q_{máx3} = k_3 \times \delta_3 = 55000 \text{ N/cm} \times 2,0000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx3} = 110000 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } Q_{máx2} = k_2 \times \delta_2 = 68000 \text{ N/cm} \times 1,5000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx2} = 102000 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } Q_{máx1} = k_1 \times \delta_1 = 99000 \text{ N/cm} \times 0,9473 \text{ cm} \Rightarrow \underline{Q_{máx1} = 93782,7 \text{ N}}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{110000}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,152}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{102000}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,070}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{93782,7}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,043}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_{3=s} \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,759 + 0,152 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,911}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_{2=s} \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,352 + 0,070 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,422}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_{1=s} \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,215 + 0,043 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,258}$$

Representación gráfica

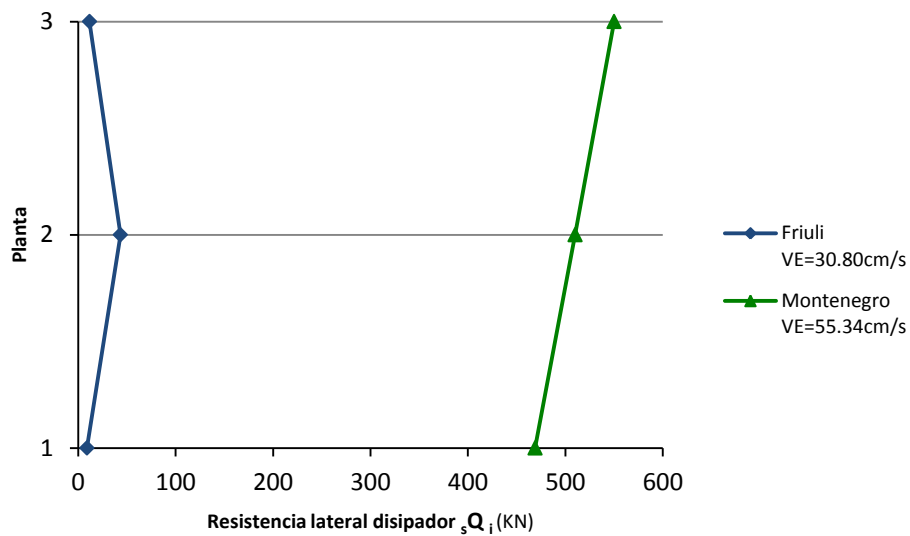


Fig. 5.5.13: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico, pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

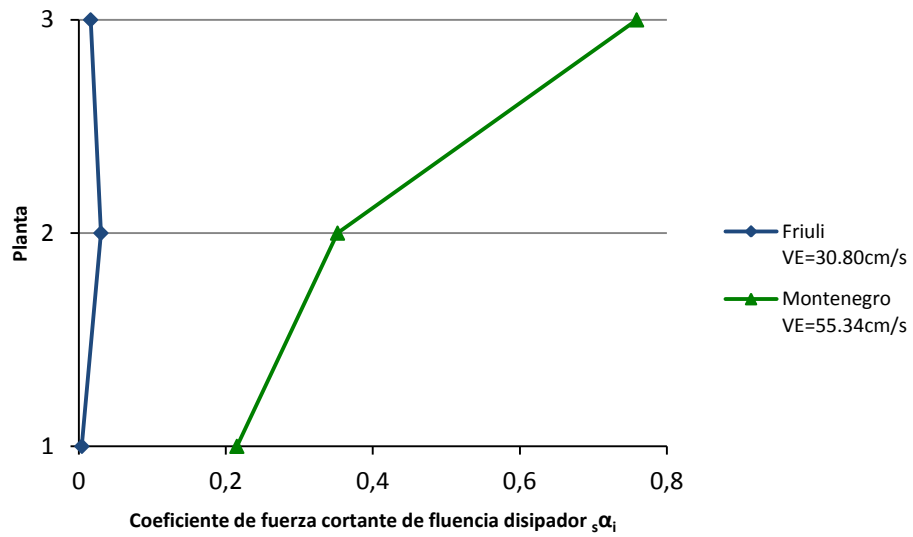


Fig. 5.5.14: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

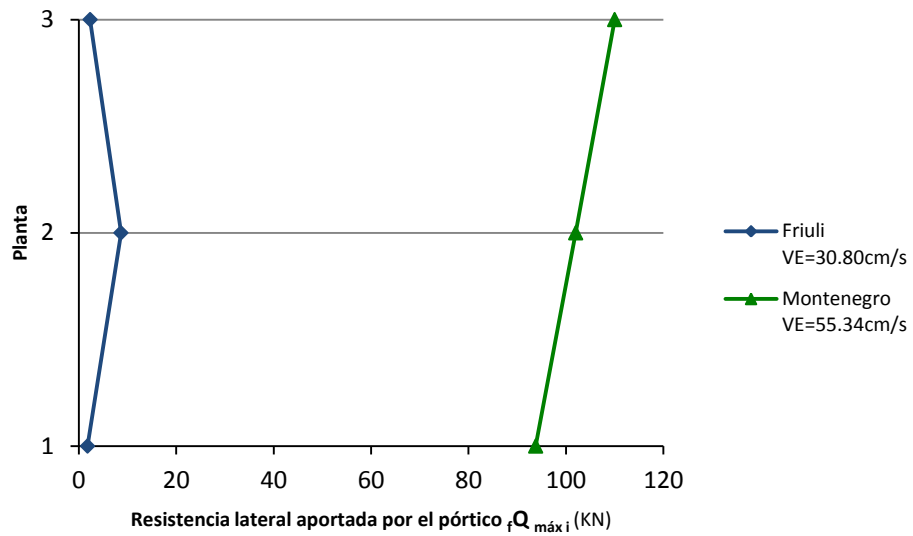


Fig. 5.5.15: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

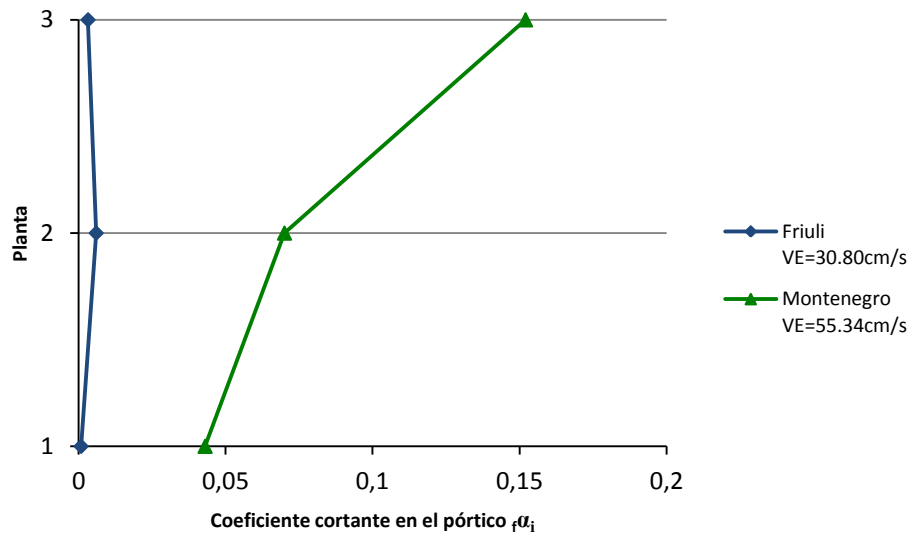


Fig. 5.5.16: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

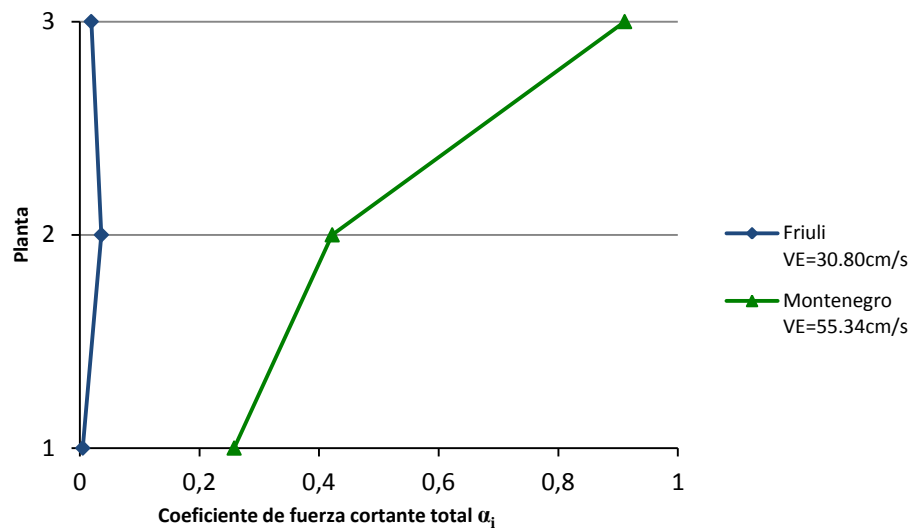


Fig. 5.5.17: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

5.5.6.1.4. Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

- Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

Planta 3ª: ${}_s\delta_3 = 0,6250 \text{ cm}$

Planta 2ª: ${}_s\delta_2 = 0,9375 \text{ cm}$

Planta 1ª: ${}_s\delta_1 = 0,7227 \text{ cm}$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000 N/cm \times 0,6250 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 171875 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000 N/cm \times 0,9375 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 318750 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000 N/cm \times 0,7227 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 357736,5 N}$$

Coficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{171875}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,237}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{318750}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,220}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{357736,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 0,164}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\text{máxi}}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\text{máx3}} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000 N/cm \times 0,6250 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx3}} = 34375 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\text{máx2}} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000 N/cm \times 0,9375 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx2}} = 63750 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\text{máx1}} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000 N/cm \times 0,7227 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx1}} = 71547,3 N}$$

Coficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{34375}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,047}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{63750}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,044}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{71547,3}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,033}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \alpha_3 +_f \alpha_3 = 0,237 + 0,047 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,284}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \alpha_2 +_f \alpha_2 = 0,220 + 0,044 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,264}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \alpha_1 +_f \alpha_1 = 0,164 + 0,033 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,197}$$

▪ **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0450 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,1824 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0001 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 0,0450 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 12375 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 0,1824 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 62016 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 49,5 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{12375}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,017}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{62016}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,043}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{49,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 2,276e^{-05}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\text{máx}i}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\text{máx}3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000 \text{ N/cm} \times 0,0450 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}3} = 2475 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\text{máx}2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000 \text{ N/cm} \times 0,1824 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}2} = 12403,2 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\text{máx}1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}1} = 9,9 \text{ N}}$$

Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar
 ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2475}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 3,414e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12403,2}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 8,554e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx}1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,9}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 4,552e^{-06}}$$

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,017 + 3,414e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,020}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,043 + 8,554e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,051}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 2,276e^{-05} + 4,552e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,731e^{-05}}$$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,2158 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,4150 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,1914 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 0,2158 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 59345 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 0,4150 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 141100 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,1914 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 94743 \text{ N}}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{59345}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,082}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{141100}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,097}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{94743}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,043}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 55000N/cm \times 0,2158cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 11869N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 68000N/cm \times 0,4150cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 28220N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 99000N/cm \times 0,1914cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 18948,6N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{11869}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_3 = 0,016}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{28220}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_2 = 0,019}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{18948,6}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_1 = 8,712e^{-03}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 0,082 + 0,016 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,098}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 0,097 + 0,019 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,116}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 0,043 + 8,712e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,052}$$

Representación gráfica

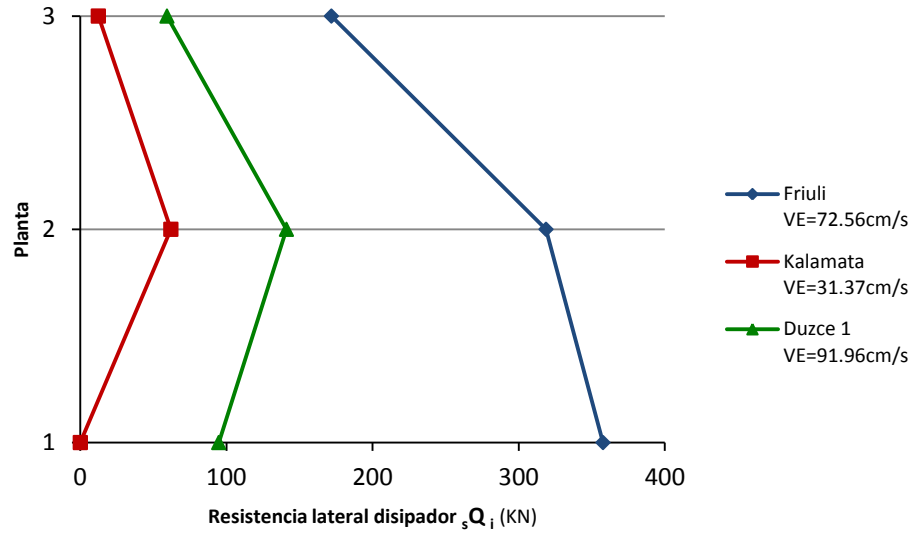


Fig. 5.5.18: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

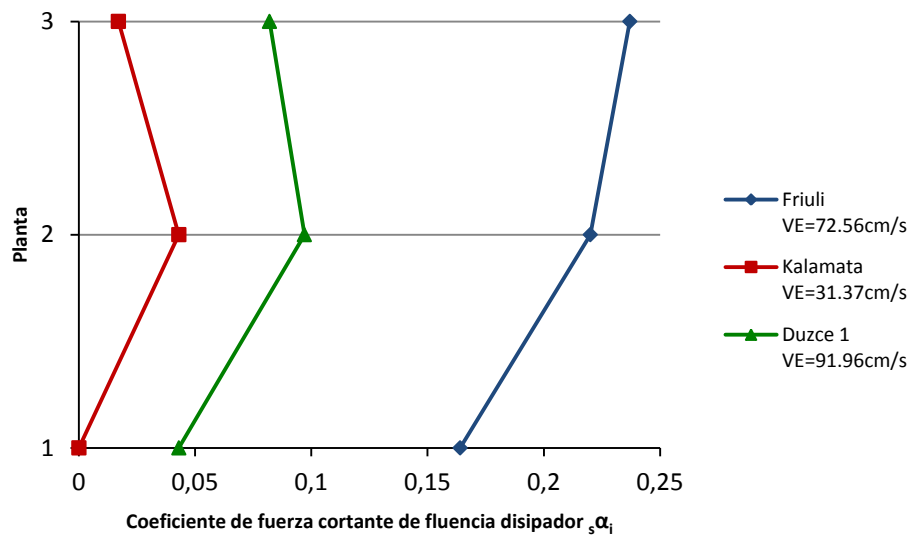


Fig. 5.5.19: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

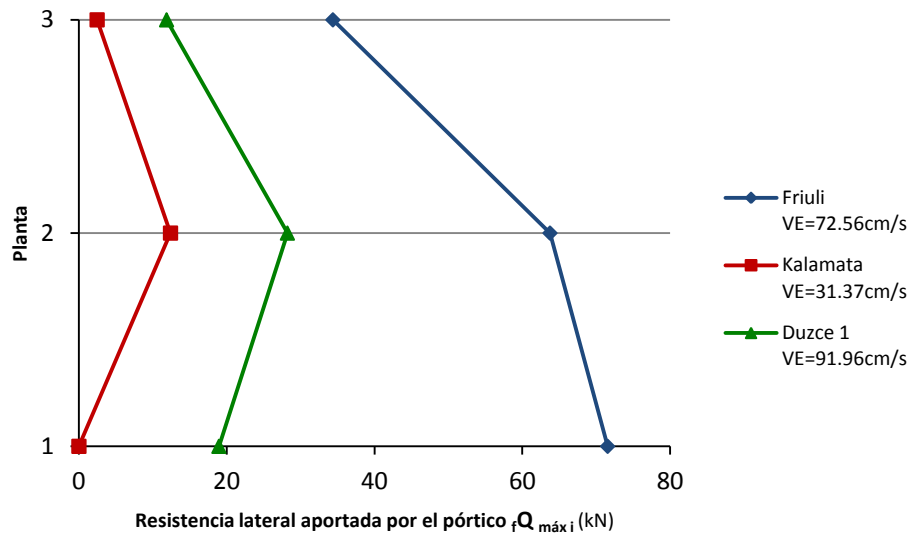


Fig. 5.5.20: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

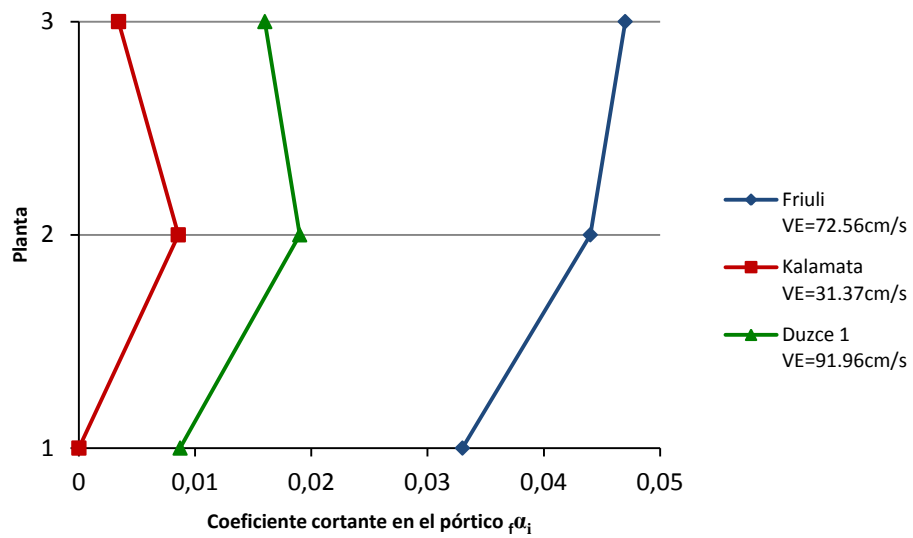


Fig. 5.5.21: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

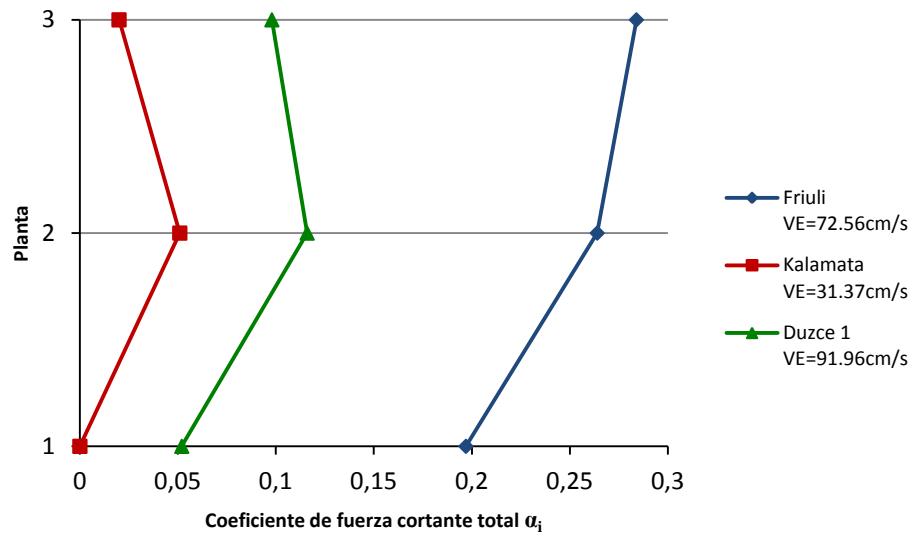


Fig. 5.5.22: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.5.6.1.5. Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,0001 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,1167 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,0001 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 275000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_3 = 27,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 340000 \text{ N/cm} \times 0,1167 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_2 = 39678 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 495000 \text{ N/cm} \times 0,0001 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_1 = 49,5 \text{ N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{27,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_3 = 3,793e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{39678}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_2 = 0,027$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{49,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_1 = 2,276e^{-05}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 5,5 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000 N/cm \times 0,1167 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 7935,6 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 9,9 N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 7,586e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7935,6}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 5,473e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,9}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 4,552e^{-06}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 3,793e^{-05} + 7,586e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 4,552e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,027 + 5,473e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,032}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 2,276e^{-05} + 4,552e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,731e^{-05}}$$

▪ **Acelerograma N°14 (Año Liosia) $\Delta=14Km$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0001 cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,0357 cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0001 cm$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 275000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 27,5 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 340000 N/cm \times 0,0357 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 12138 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 495000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 49,5 N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{27,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 3,793e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12138}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 8,371e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{49,5}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 2,276e^{-05}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\max i}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\max 3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 55000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 3} = 5,5 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\max 2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 68000 N/cm \times 0,0357 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 2} = 2427,6 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\max 1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 99000 N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 1} = 9,9 N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\max 3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5,5}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 7,586e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\max 2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2427,6}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 1,674e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\max 1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,9}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 4,552e^{-06}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 3,793e^{-05} + 7,586e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 4,552e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 8,371e^{-03} + 1,674e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,010}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 2,276e^{-05} + 4,552e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,731e^{-05}}$$

Representación gráfica

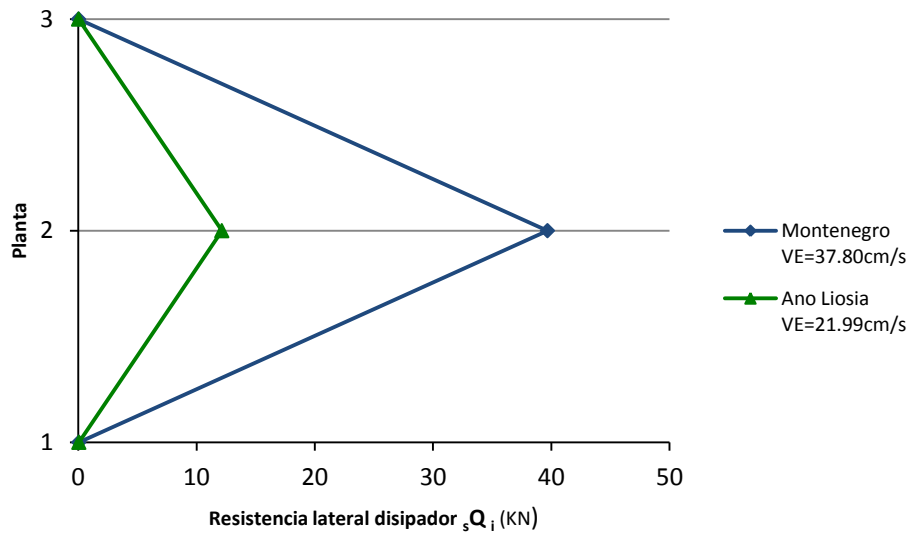


Fig. 5.5.23: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

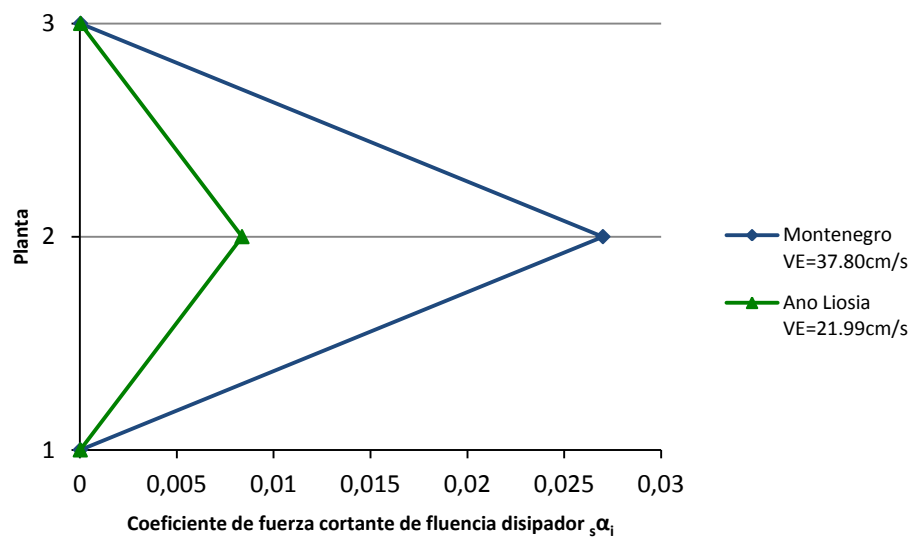


Fig. 5.5.24: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

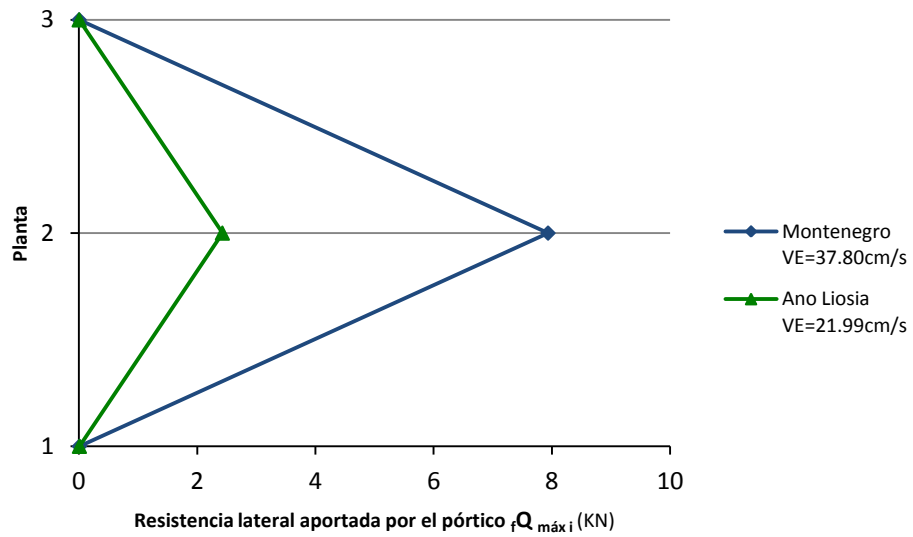


Fig. 5.5.25: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

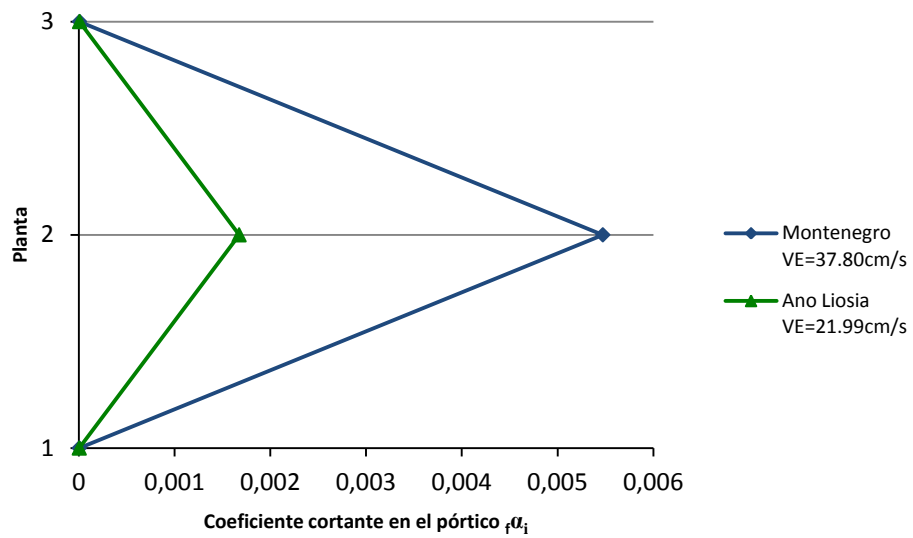


Fig. 5.5.26: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

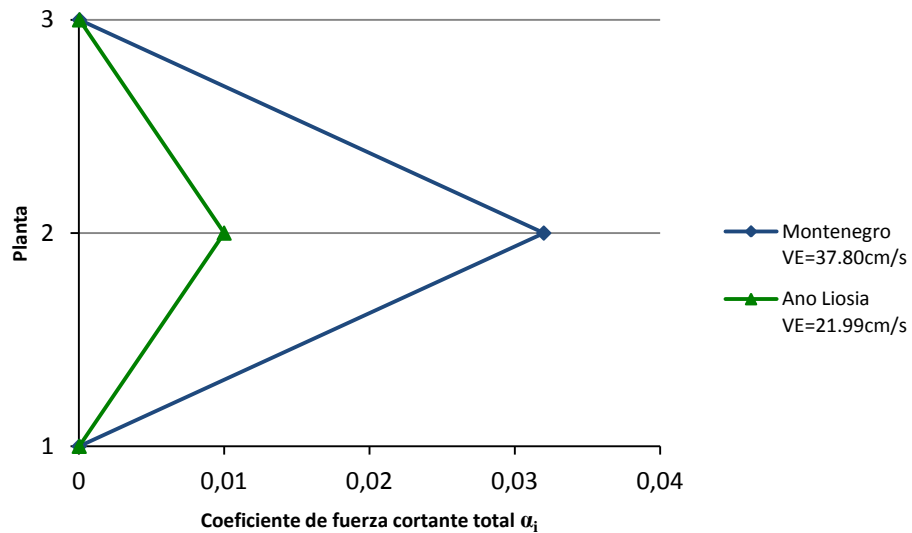


Fig. 5.9.27: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

5.5.6.2. Pórtico pa4pz2-1 (3 plantas)

Masas por planta m_i

La estructura se puede idealizar con un modelo de tres masas concentradas (situadas en el centro de masas del forjado), tal como indica la Figura 5.5.28.

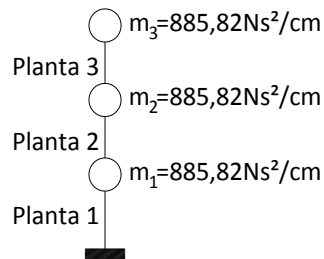


Fig. 5.5.28: Idealización de un modelo de masas del pórtico pa4pz2-1

Rigidez del disipador

Rigidez disipador = 5 x Rigidez sin disipador

Planta 3ª: ${}_s k_3 = (77000N/cm) \times 5 = 385000N/cm$

Planta 2ª: ${}_s k_2 = (91000N/cm) \times 5 = 455000N/cm$

Planta 1ª: ${}_s k_1 = (95000N/cm) \times 5 = 475000N/cm$

5.5.6.2.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

- Acelerograma N°1 (Friuli) $\Delta=27Km$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

Planta 3ª: ${}_s \delta_3 = 0,0981 \times 1.0e - 003 cm = 0,0000981 cm$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,1000 \times 1.0e - 003 \text{ cm} = 0,0001000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,1305 \times 1.0e - 003 \text{ cm} = 0,0001305 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,0000981 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_3 = 37,77 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,0001000 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_2 = 45,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,0001305 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_1 = 61,99 \text{ N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{37,77}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_3 = 4,346e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{44,5}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_2 = 2,560e^{-05}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{61,99}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_1 = 2,378e^{-05}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 77000 \text{ N/cm} \times 0,0000981 \text{ cm} \Rightarrow {}_fQ_{máx3} = 7,55 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 91000 \text{ N/cm} \times 0,0001000 \text{ cm} \Rightarrow {}_fQ_{máx2} = 9,10 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 95000 \text{ N/cm} \times 0,0001305 \text{ cm} \Rightarrow {}_fQ_{máx1} = 12,40 \text{ N}$$

Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{máx3} \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{7,55}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_f\alpha_3 = 8,688e^{-06}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{máx2} \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{9,1}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_f\alpha_2 = 5,236e^{-06}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{máx1} \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{12,40}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_f\alpha_1 = 4,756e^{-06}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 4,346e^{-05} + 8,688e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 5,215e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 2,560e^{-05} + 5,236e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 3,084e^{-05}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 2,378e^{-05} + 4,756e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,854e^{-05}}$$

▪ **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,6504 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 1,2500 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 1,0625 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,6504 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 250404 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 1,2500 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 568750 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 1,0625 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 504687,5 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{250404}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,288}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{568750}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,327}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{504687,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,193}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 77000 \text{ N/cm} \times 0,6504 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 50080,8 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 91000 \text{ N/cm} \times 1,2500 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 113750 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 95000 \text{ N/cm} \times 1,0625 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 100937,5 \text{ N}}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{50080,8}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,058}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{113750}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,065}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{100937,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,039}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,288 + 0,058 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,346}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,327 + 0,065 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,392}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,193 + 0,039 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,232}$$

▪ **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0001000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,0001019 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0008267 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,0001000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 38,50 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,0001019 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 46,36 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,0008267 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 395,68 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{38,50}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 4,430e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{46,36}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 2,215e^{-05}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{395,68}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 1,518e^{-04}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 77000 N/cm \times 0,0001000 cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 7,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 91000 N/cm \times 0,0001019 cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 9,92N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 95000 N/cm \times 0,0008267 cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 78,54N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7,7}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_3 = 8,861e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,92}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_2 = 5,708e^{-06}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{78,54}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_1 = 3,013e^{-05}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 4,430e^{-05} + 8,861e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 5,316e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 2,215e^{-05} + 5,708e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 2,786e^{-05}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 1,518e^{-04} + 3,013e^{-05} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 1,819e^{-04}}$$

Representación gráfica

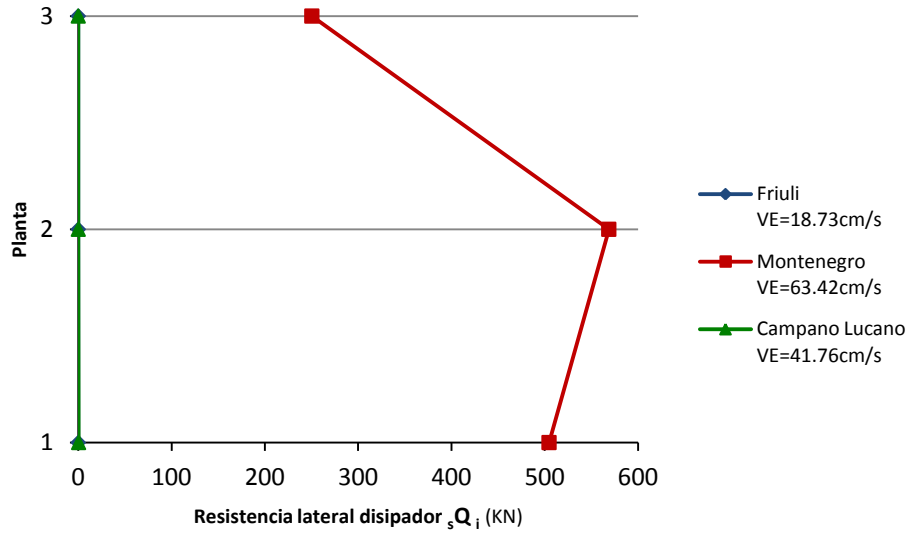


Fig. 5.5.29: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

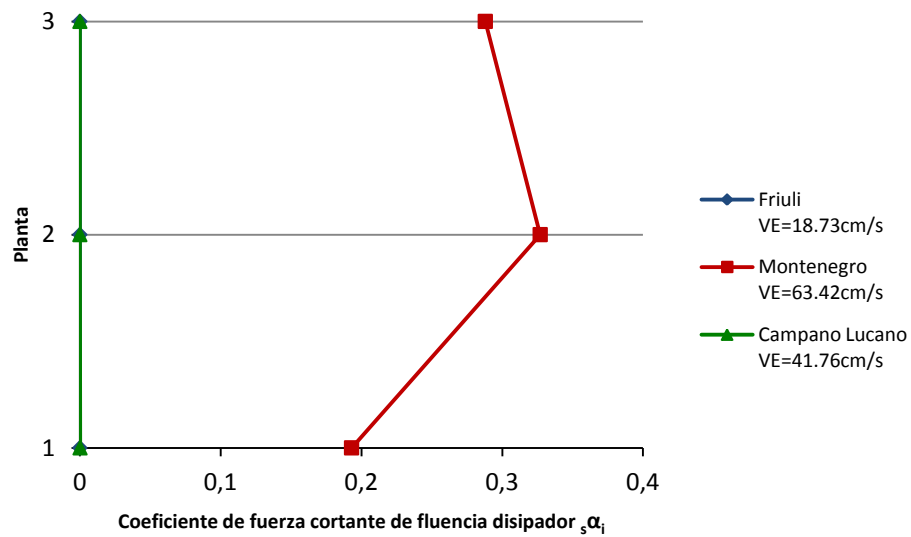


Fig. 5.5.30: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

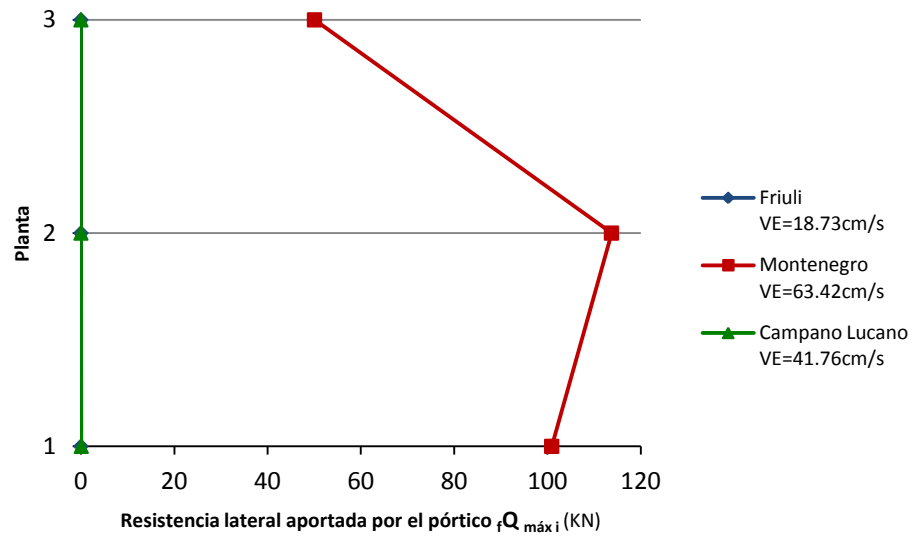


Fig. 5.5.31: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

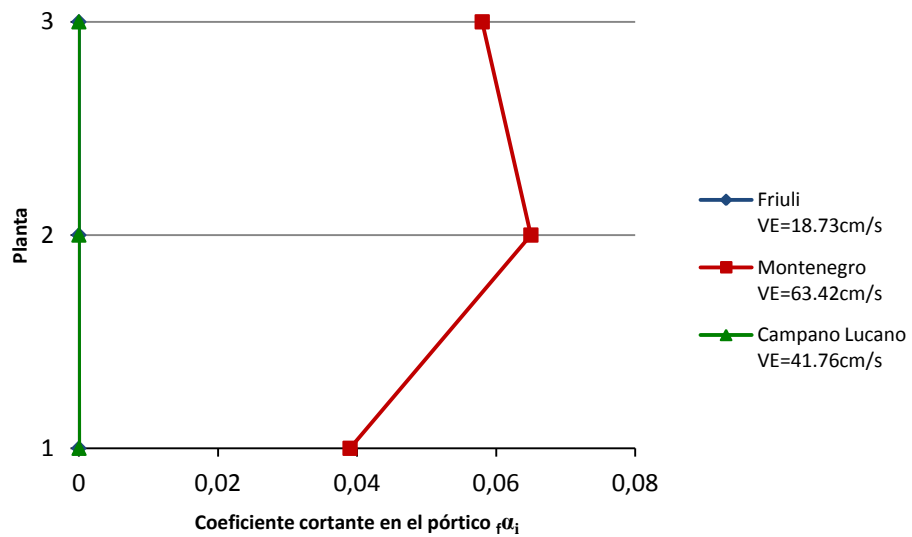


Fig. 5.5.32: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

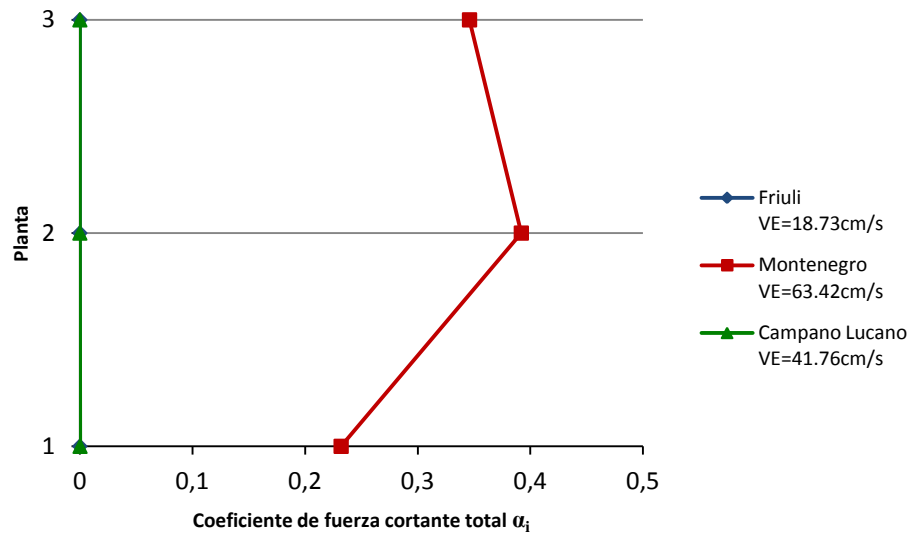


Fig. 5.5.33: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.5.6.2.2 Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

▪ Acelerograma Nº1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0011 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,0060 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0011 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,0011 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_3 = 423,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,0060 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_2 = 2730 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,0011 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_1 = 522,5 \text{ N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{423,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_3 = 4,873e^{-04}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2730}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_2 = 1,571e^{-03}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{522,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_1 = 2,004e^{-04}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000N/cm \times 0,0011 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 84,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000N/cm \times 0,0060 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 546N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000N/cm \times 0,0011 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 104,5N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{84,7}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 9,747e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{546}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 3,141e^{-04}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{104,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 4,008e^{-05}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 4,873e^{-04} + 9,747e^{-05} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 5,848e^{-04}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 1,571e^{-03} + 3,141e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 1,885e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 2,004e^{-04} + 4,008e^{-05} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,405e^{-04}}$$

▪ **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8Km$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0001 cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,1502 cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0001 cm$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 38,5N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000N/cm \times 0,1502 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 68341N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000N/cm \times 0,0001 cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 47,5N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{38,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 4,430e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{68341}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,039}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{47,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 1,822e^{-05}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máx i}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 7,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000N/cm \times 0,1502cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 13668,2N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 9,5N}$$

Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7,7}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 8,861e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{13668,2}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 7,664e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 3,644e^{-06}}$$

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 4,430e^{-05} + 8,861e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 5,316e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,039 + 7,664e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,047}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 1,822e^{-05} + 3,644e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,186e^{-05}}$$

Representación gráfica

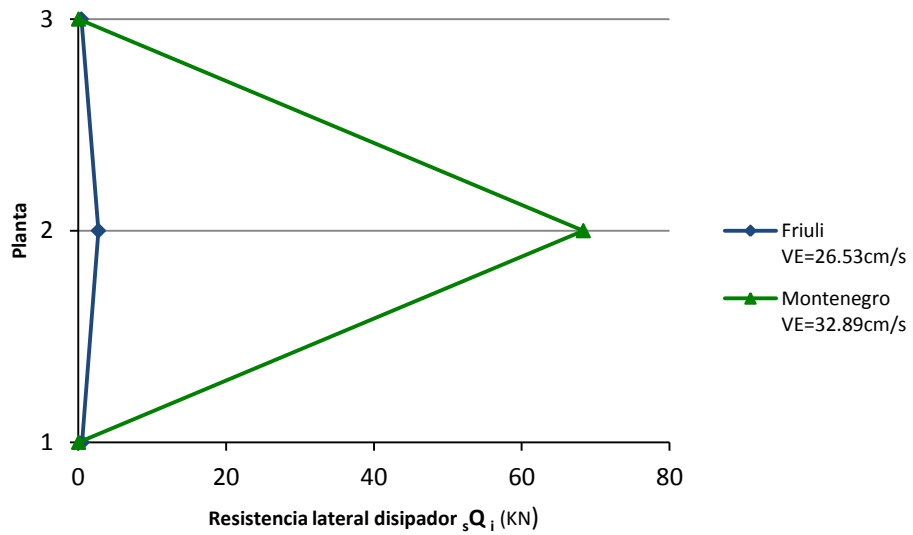


Fig. 5.5.34: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

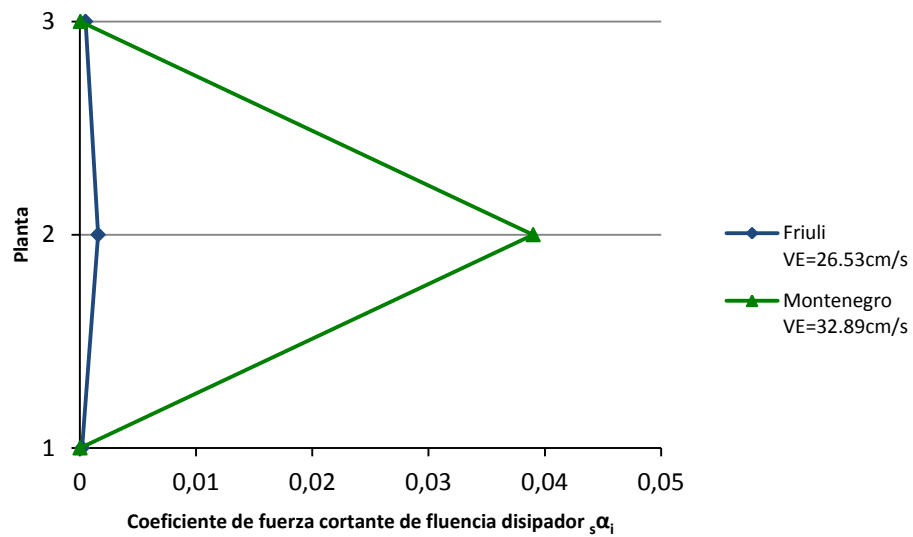


Fig. 5.5.35: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

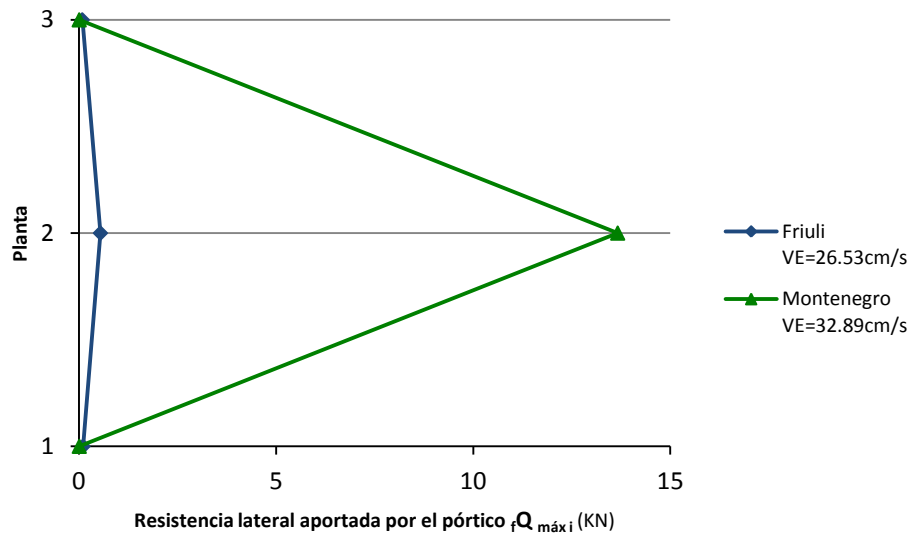


Fig. 5.5.36: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

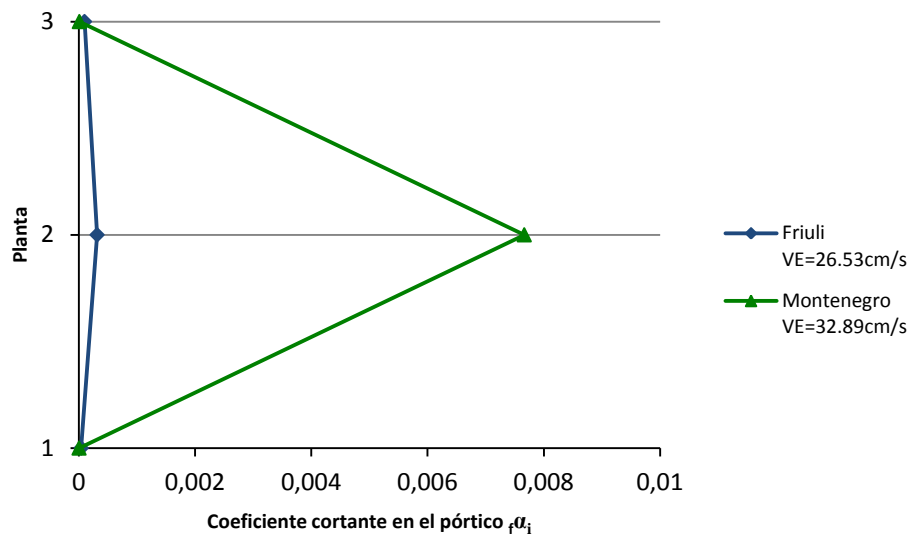


Fig. 5.5.37: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

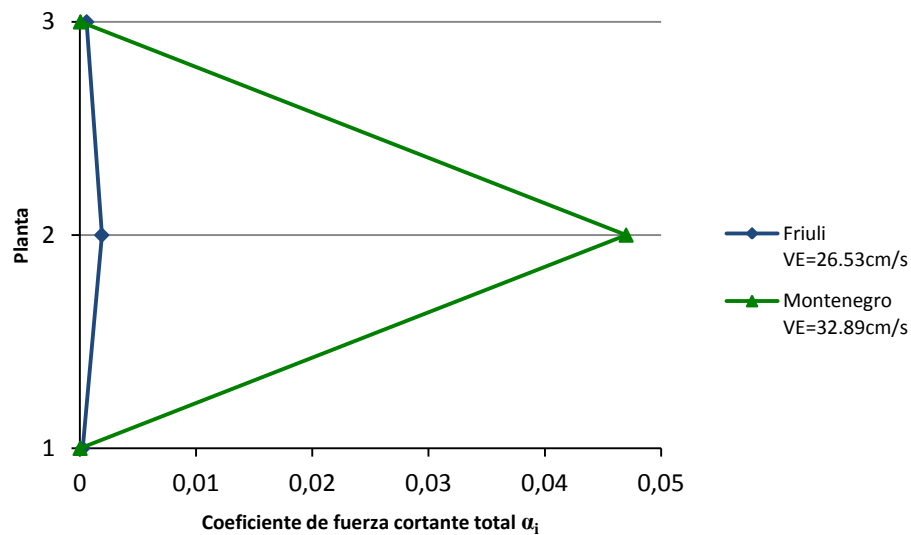


Fig. 5.5.38: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.5.6.2.3 Suelo Tipo II (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

Planta 3ª: ${}_s\delta_3 = 0,6606 \text{ cm}$

Planta 2ª: ${}_s\delta_2 = 1,3750\text{cm}$

Planta 1ª: ${}_s\delta_1 = 1,1719\text{cm}$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

Planta 3ª: ${}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 385000\text{N/cm} \times 0,6606 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 254331\text{N}}$

Planta 2ª: ${}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 455000\text{N/cm} \times 1,3750\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 625625\text{N}}$

Planta 1ª: ${}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 475000\text{N/cm} \times 1,1719\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 556652,5\text{N}}$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

Planta 3ª: ${}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{254331}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,293}$

Planta 2ª: ${}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{625625}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,360}$

Planta 1ª: ${}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{556652,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,213}$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000 \text{ N/cm} \times 0,6606 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 77000,66 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000 \text{ N/cm} \times 1,3750 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 125125 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000 \text{ N/cm} \times 1,1719 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 111330,5 \text{ N}}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{77000,66}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,089}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{125125}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,072}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{111330,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,043}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,293 + 0,089 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,382}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,360 + 0,072 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,432}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,213 + 0,043 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,256}$$

▪ **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 1,0703 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 1,3604 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 1,3125 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 1,0703 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 412065,5 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 1,3604 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 618982 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 1,3125 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 623437,5 \text{ N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{412065,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,474}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{618982}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,356}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{623437,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 0,239}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000 N/cm \times 1,0703 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 82413,1N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000 N/cm \times 1,3604 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 123796,4N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000 N/cm \times 1,3125 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 124687,5N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{82413,1}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,095}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{123796,4}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,071}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{124687,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,048}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,474 + 0,095 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,569}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,356 + 0,071 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,427}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,239 + 0,048 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,287}$$

Representación gráfica

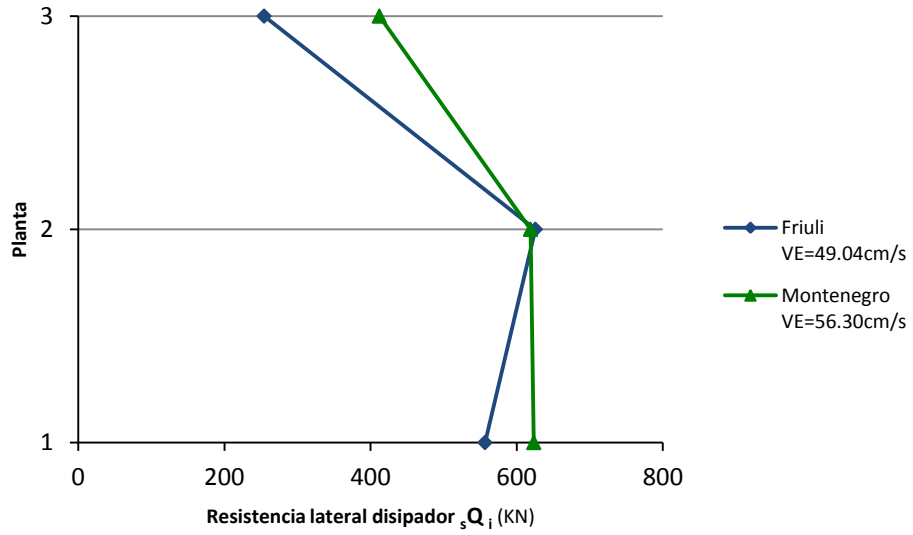


Fig. 5.5.39: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

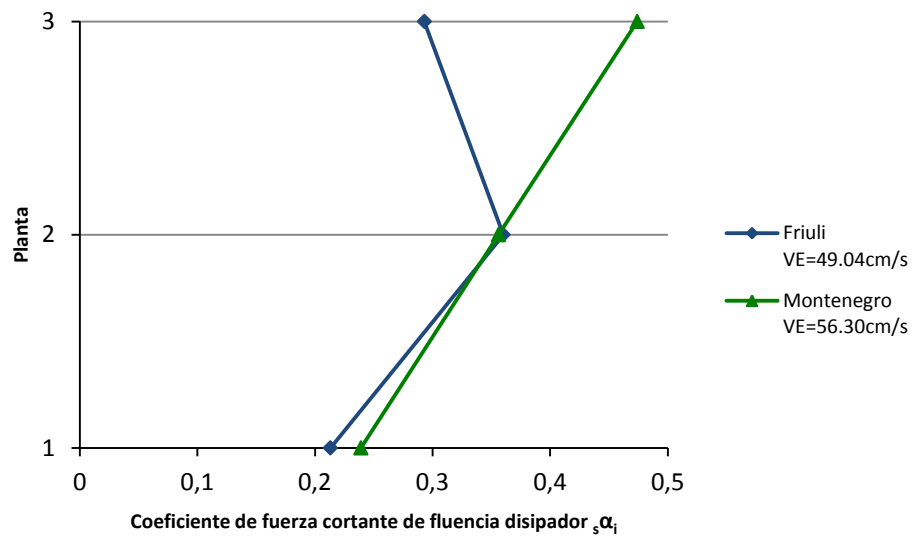


Fig. 5.5.40: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

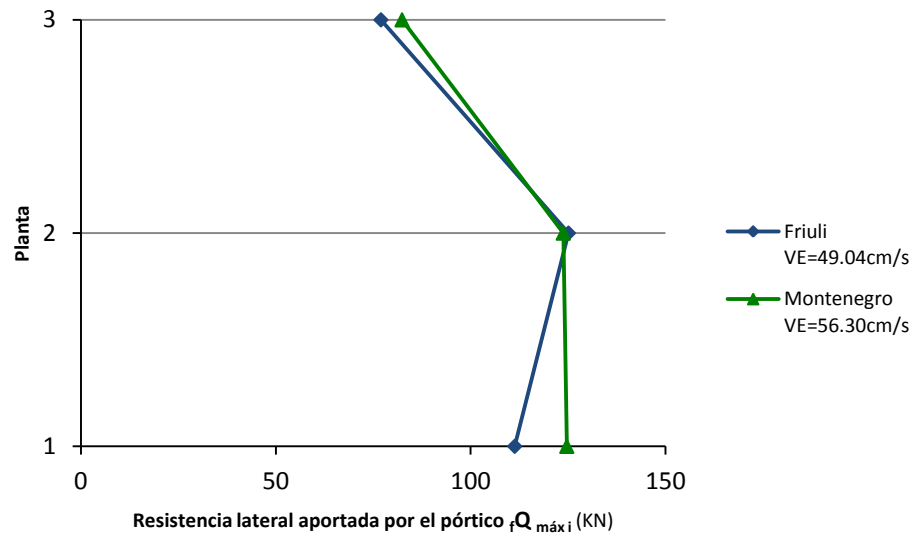


Fig. 5.5.41: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

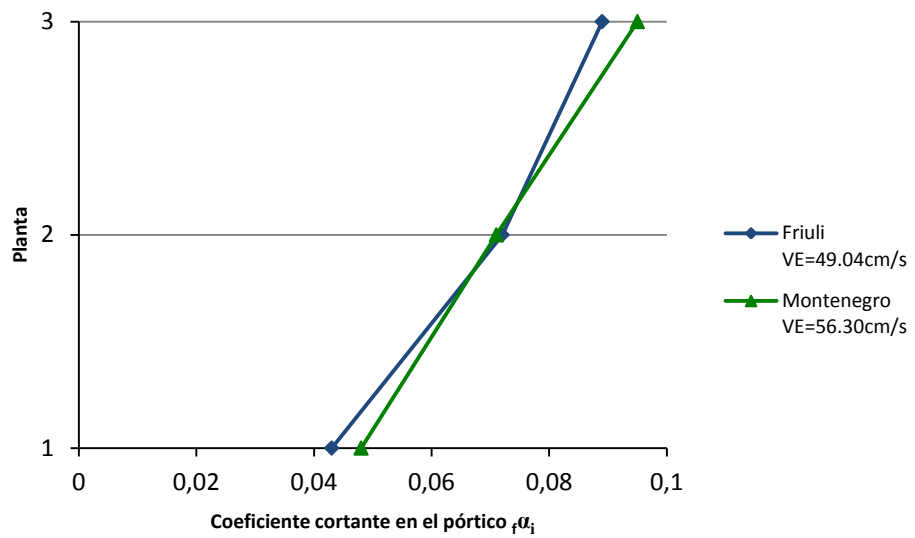


Fig. 5.5.42: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

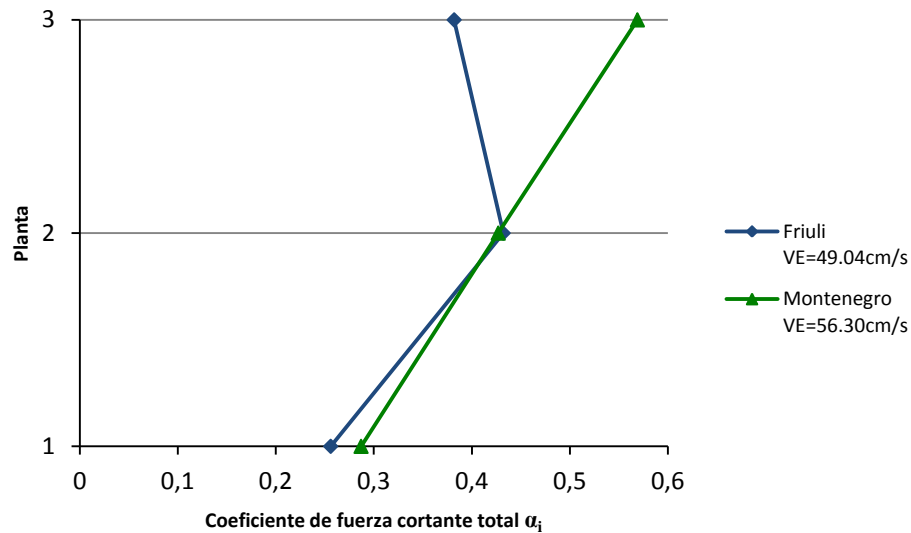


Fig. 5.5.43: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

5.5.6.2.4 Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

▪ Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,4571 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,7659 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,9121 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,4571 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_3 = 175983,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,7659 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_2 = 348484,5 \text{ N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,9121 \text{ cm} \Rightarrow {}_sQ_1 = 433247,5 \text{ N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{175983,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_3 = 0,202$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{348484,5}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_2 = 0,200$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{433247,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s\alpha_1 = 0,166$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000N/cm \times 0,4571cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 35196,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000N/cm \times 0,7659cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 69696,9N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000N/cm \times 0,9121cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 86649,5N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{35196,7}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,040}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{69696,9}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,040}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{86649,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,033}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,202 + 0,040 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,242}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,200 + 0,040 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,240}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,166 + 0,033 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,199}$$

▪ **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3Km$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0879cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,1319cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0802cm$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000N/cm \times 0,0879cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 33841,5N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000N/cm \times 0,1319cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 60014,5N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000N/cm \times 0,0802cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 38095N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{33841,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,039}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{60014,5}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,034}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{38095}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 0,015}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máx i}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx 3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000 N/cm \times 0,0879 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx 3} = 6768,3 N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx 2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000 N/cm \times 0,1319 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx 2} = 12002,9 N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx 1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000 N/cm \times 0,0802 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx 1} = 7619 N}$$

Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx 3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{6768,3}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 7,789 e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx 2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12002,9}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 6,906 e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx 1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7619}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 2,922 e^{-03}}$$

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,039 + 7,789 e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,047}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,034 + 6,906 e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,041}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,015 + 2,922 e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,018}$$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

Planta 3ª: ${}_s \delta_3 = 0,1640 \text{ cm}$

Planta 2ª: ${}_s \delta_2 = 0,3633 \text{ cm}$

Planta 1ª: ${}_s \delta_1 = 0,3633 \text{ cm}$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

Planta 3ª: ${}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,1640 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_3 = 63140 \text{ N}$

Planta 2ª: ${}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,3633 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_2 = 165301,5 \text{ N}$

Planta 1ª: ${}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,3633 \text{ cm} \Rightarrow {}_s Q_1 = 172567,5 \text{ N}$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

Planta 3ª: ${}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{63140}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_3 = 0,073$

Planta 2ª: ${}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{165301,5}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_2 = 0,095$

Planta 1ª: ${}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{172567,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_1 = 0,066$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

Planta 3ª: ${}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000 \text{ N/cm} \times 0,1640 \text{ cm} \Rightarrow {}_f Q_{máx3} = 12628 \text{ N}$

Planta 2ª: ${}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000 \text{ N/cm} \times 0,3633 \text{ cm} \Rightarrow {}_f Q_{máx2} = 33060,3 \text{ N}$

Planta 1ª: ${}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000 \text{ N/cm} \times 0,3633 \text{ cm} \Rightarrow {}_f Q_{máx1} = 34513,5 \text{ N}$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

Planta 3ª: ${}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12628}{885,82 \times 981} \Rightarrow {}_f \alpha_3 = 0,014$

Planta 2ª: ${}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{33060,3}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_f \alpha_2 = 0,019$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{\text{máx1}}(N)}{(m_1 + m_2 + m_3)\left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g\left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{34513,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow {}_f\alpha_1 = 0,013$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_{3s} + {}_f\alpha_3 = 0,073 + 0,014 \Rightarrow \alpha_3 = 0,087$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_{2s} + {}_f\alpha_2 = 0,095 + 0,019 \Rightarrow \alpha_2 = 0,114$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_{1s} + {}_f\alpha_1 = 0,066 + 0,013 \Rightarrow \alpha_1 = 0,079$$

Representación gráfica

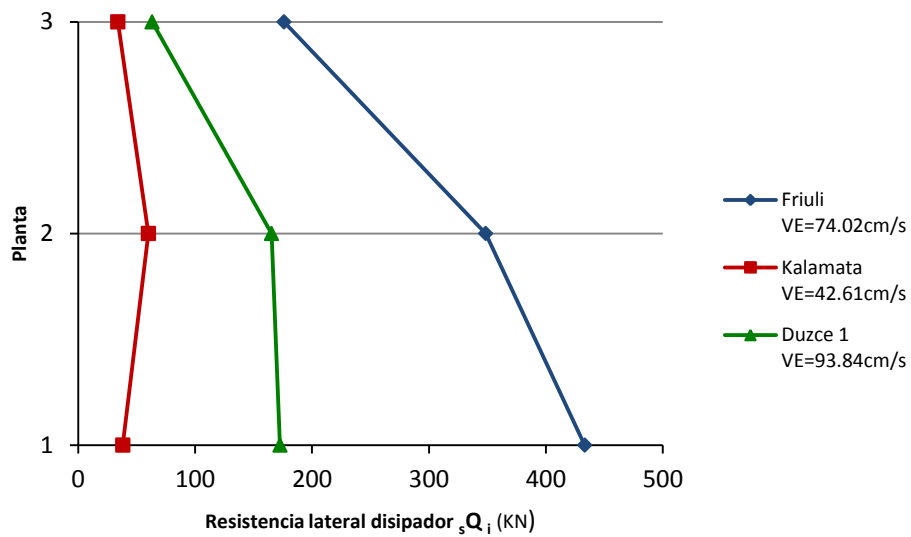


Fig. 5.5.44: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

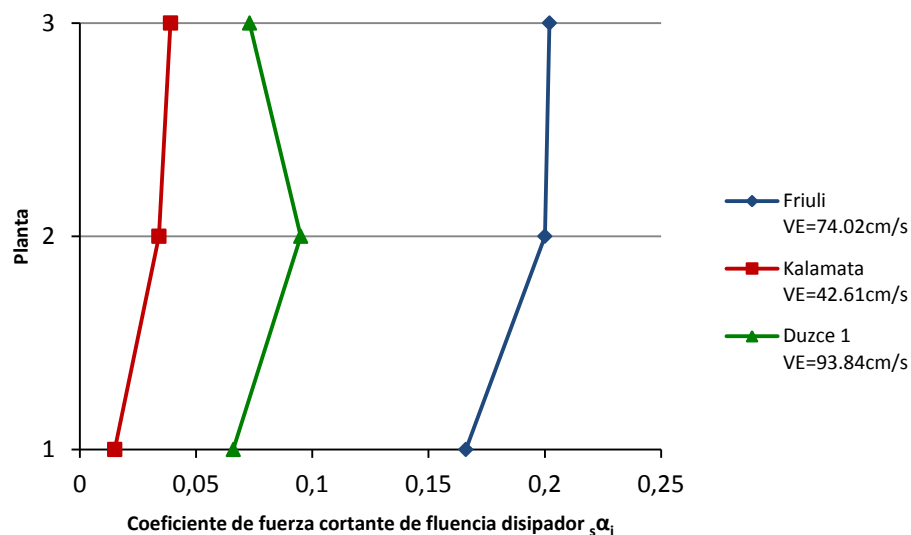


Fig. 5.5.45: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

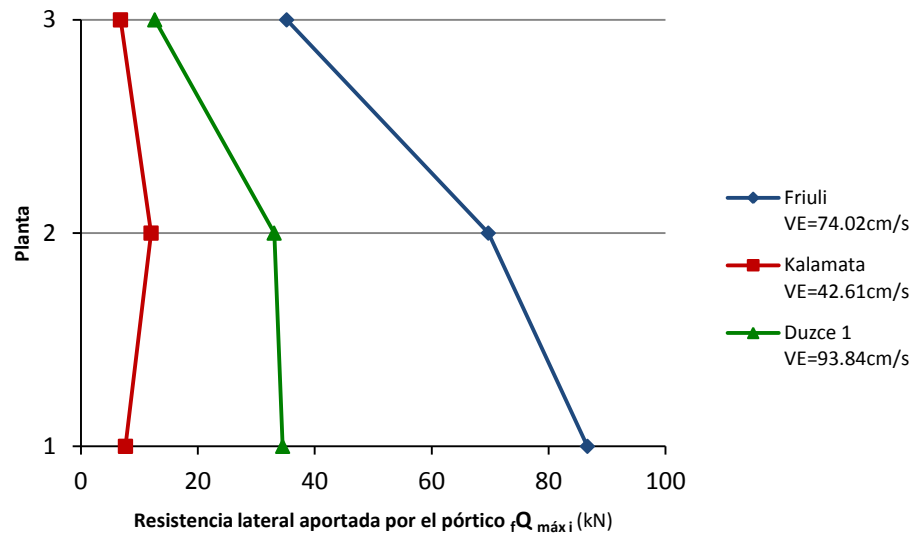


Fig. 5.5.46: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

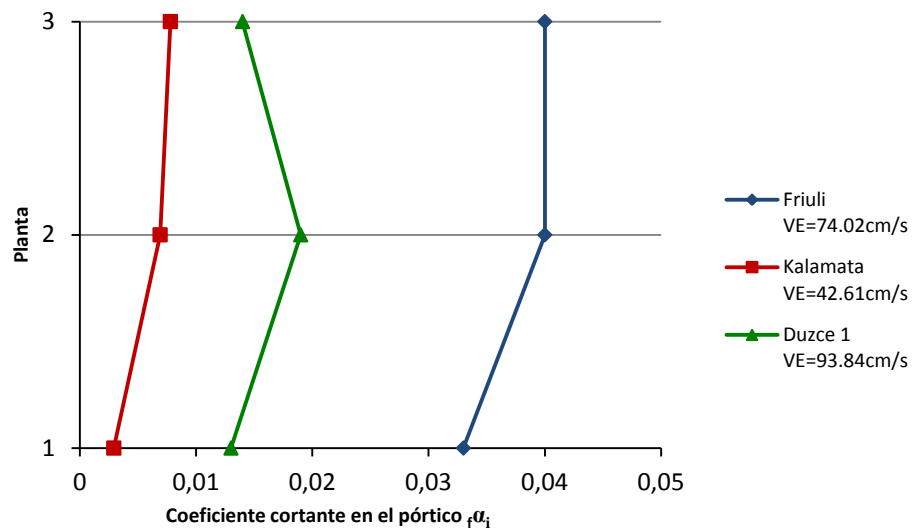


Fig. 5.9.47: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

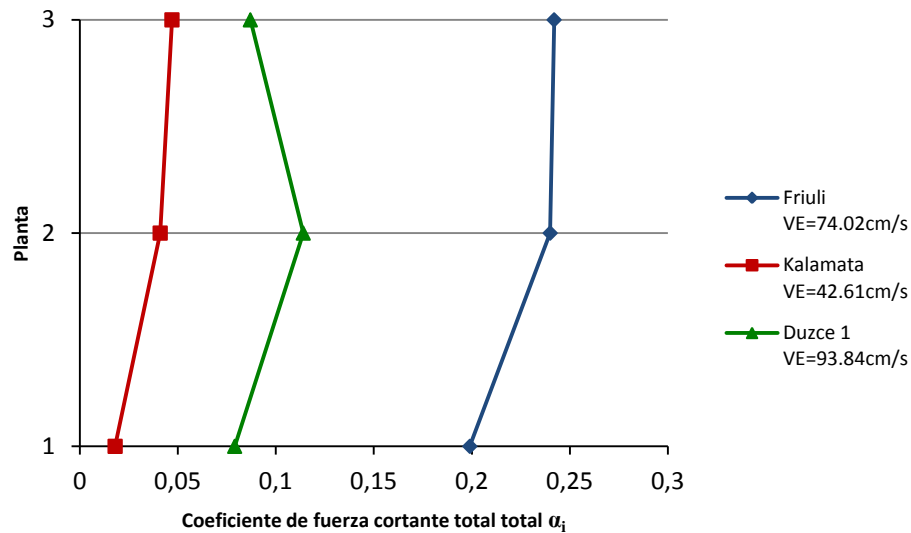


Fig. 5.5.48: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.5.6.2.5 Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,1934 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,3970 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,4526 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 385000 \text{ N/cm} \times 0,1934 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 74459 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 455000 \text{ N/cm} \times 0,3970 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 180635 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 475000 \text{ N/cm} \times 0,4526 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 214985 \text{ N}}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 \text{ (N)}}{m_3 \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{74459}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,086}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 \text{ (N)}}{(m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{180635}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,104}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 \text{ (N)}}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{\text{Ns}^2}{\text{cm}} \right) \times g \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \right)} = \frac{214985}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,082}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000N/cm \times 0,1934cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 14891,8N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000N/cm \times 0,3970cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 36127N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000N/cm \times 0,4526cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 42997N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{14891,8}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,017}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{36127}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,021}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{máx1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{42997}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,016}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,086 + 0,017 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,103}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,104 + 0,021 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,125}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,082 + 0,016 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,098}$$

▪ **Acelerograma N°14(Ano Liosia) $\Delta=14Km$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,0001cm$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,0001cm$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,0123cm$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 385000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 38,5N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 455000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 45,5N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 475000N/cm \times 0,0123cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 5842,5N}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{38,5}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 4,430e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{45,5}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 2,618e^{-05}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5842,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 2,241e^{-03}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\max i}$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\max 3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 77000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 3} = 7,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\max 2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 91000N/cm \times 0,0001cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 2} = 9,1N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\max 1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 95000N/cm \times 0,0123cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\max 1} = 1168,5N}$$

Coeficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\max 3} (N)}{m_3 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7,7}{885,82 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 8,861e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\max 2} (N)}{(m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9,1}{(2 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 5,236e^{-06}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\max 1} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1168,5}{(3 \times 885,82) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 4,482e^{-04}}$$

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 4,430e^{-05} + 8,861e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 5,316e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 2,618e^{-05} + 5,236e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 3,142e^{-05}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 2,241e^{-03} + 4,482e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 2,689e^{-03}}$$

Representación gráfica

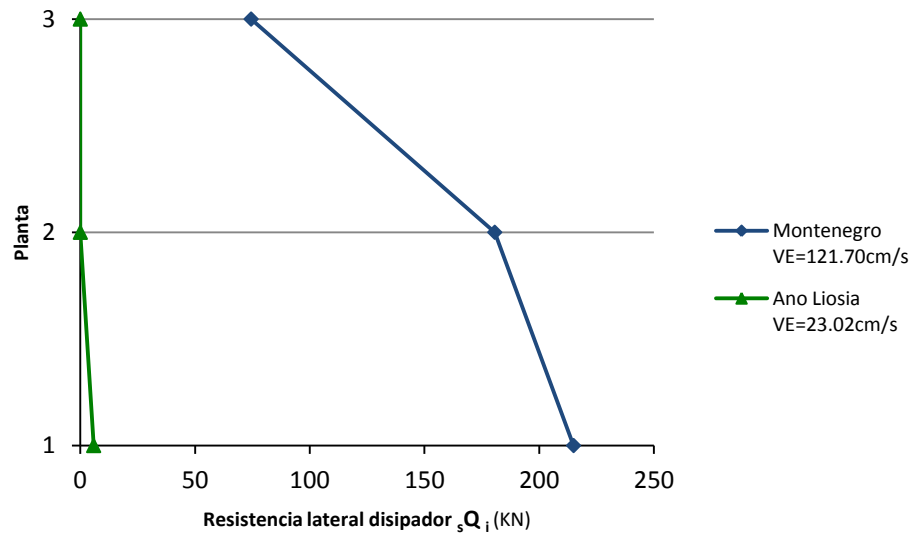


Fig. 5.5.49: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

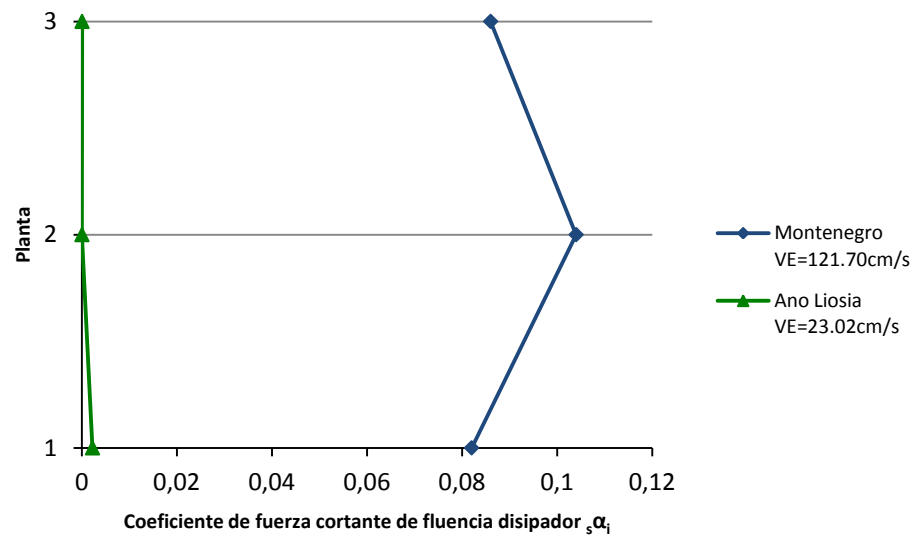


Fig. 5.5.50: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

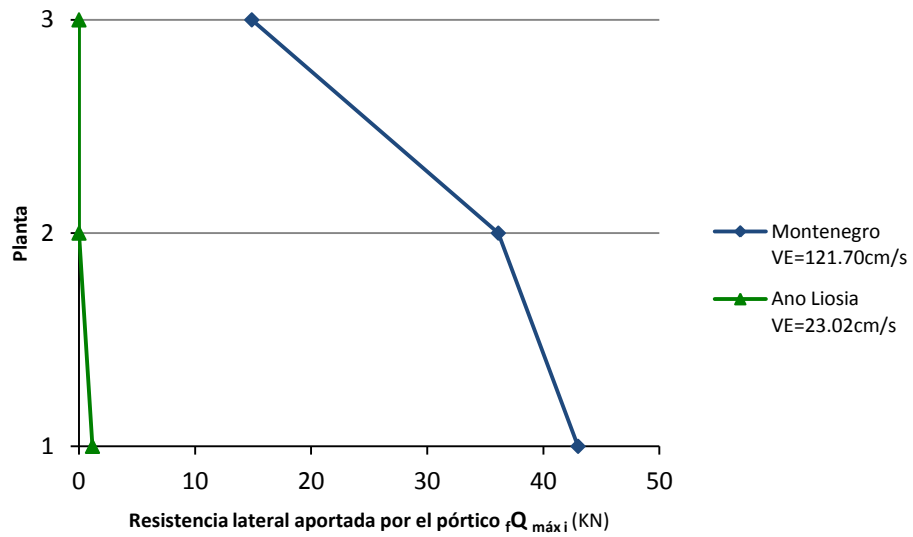


Fig. 5.5.51: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

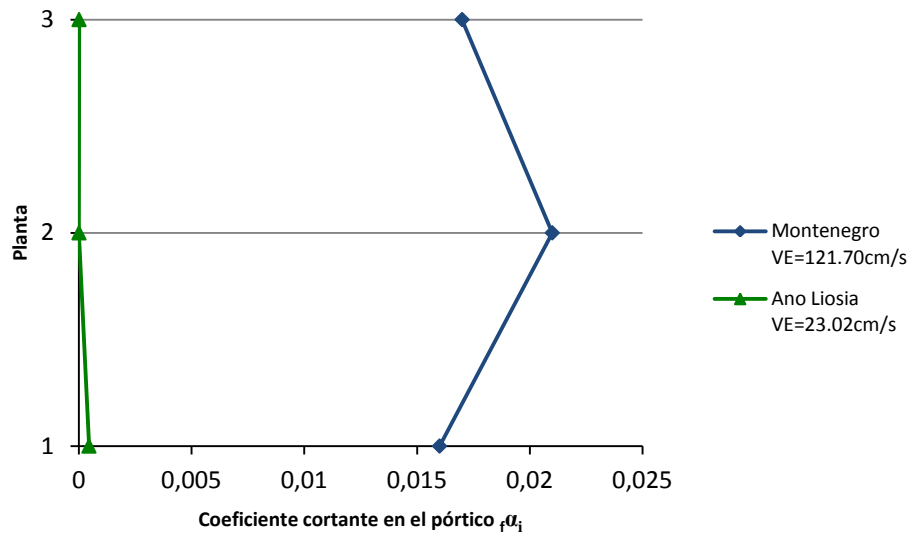


Fig. 5.5.52: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

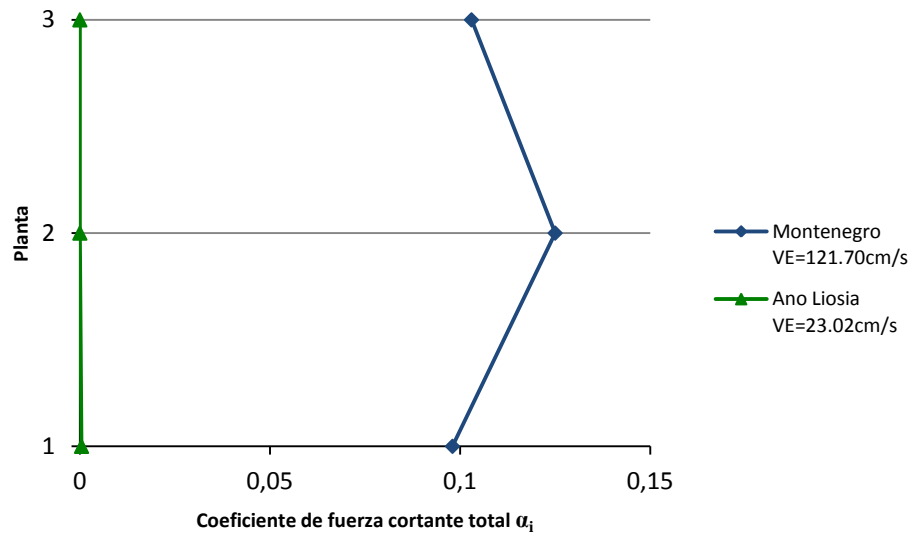


Fig. 5.5.53: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

5.5.6.3. Pórtico pa6pz2-1 (6 plantas)

Masas por planta m_i

La estructura se puede idealizar con un modelo de seis masas concentradas (situadas en el centro de masas del forjado), tal como indica la Figura 5.5.54.

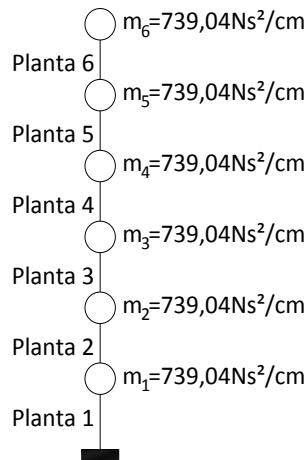


Fig. 5.5.54: Idealización de un modelo de masas del pórtico pa6pz2-1

Rigidez del disipador

Rigidez disipador = 5 x Rigidez sin disipador

Planta 6ª: ${}_s k_6 = (56000N/cm) \times 5 = 280000N/cm$

Planta 5ª: ${}_s k_5 = (83000N/cm) \times 5 = 415000N/cm$

Planta 4ª: ${}_s k_4 = (113000N/cm) \times 5 = 565000N/cm$

Planta 3ª: ${}_s k_3 = (177000N/cm) \times 5 = 885000N/cm$

Planta 2ª: ${}_s k_2 = (224000N/cm) \times 5 = 1120000N/cm$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s k_1 = (175000N/cm) \times 5 = 875000N/cm$$

5.5.6.3.1 Suelo Tipo I (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s \delta_6 = 1,100\text{cm}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s \delta_5 = 1,200\text{cm}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s \delta_4 = 0,720\text{cm}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \delta_3 = 0,570\text{cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \delta_2 = 0,470\text{cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \delta_1 = 0,610\text{cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s Q_6 = {}_s k_6 \times {}_s \delta_6 = 280000N/cm \times 1,100\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_6 = 308000N$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s Q_5 = {}_s k_5 \times {}_s \delta_5 = 415000N/cm \times 1,200\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_5 = 498000N$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s Q_4 = {}_s k_4 \times {}_s \delta_4 = 565000N/cm \times 0,720\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_4 = 406800N$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 885000N/cm \times 0,570\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_3 = 504450N$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 1120000N/cm \times 0,470\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_2 = 526400N$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 875000N/cm \times 0,610\text{cm} \Rightarrow {}_s Q_1 = 533750N$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s \alpha_6 = \frac{{}_s Q_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{308000}{739,04 \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_6 = 0,425$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s \alpha_5 = \frac{{}_s Q_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{498000}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_5 = 0,343$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s \alpha_4 = \frac{{}_s Q_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{406800}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_4 = 0,187$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{504450}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow {}_s \alpha_3 = 0,174$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{526400}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_s\alpha_2 = 0,145}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{533750}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_s\alpha_1 = 0,123}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_fQ_{máx6} = {}_f k_6 \times {}_s\delta_6 = 56000N/cm \times 1,100cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx6} = 61600N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_fQ_{máx5} = {}_f k_5 \times {}_s\delta_5 = 83000N/cm \times 1,200cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx5} = 99600N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_fQ_{máx4} = {}_f k_4 \times {}_s\delta_4 = 113000N/cm \times 0,720cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx4} = 81360N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 177000N/cm \times 0,570cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 100890N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 224000N/cm \times 0,470cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 105280N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 175000N/cm \times 0,610cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 106750N}$$

Coficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f\alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f\alpha_6 = \frac{{}_fQ_{máx6} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{61600}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_6 = 0,085}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f\alpha_5 = \frac{{}_fQ_{máx5} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{99600}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_5 = 0,069}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f\alpha_4 = \frac{{}_fQ_{máx4} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{81360}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f\alpha_4 = 0,037}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f\alpha_3 = \frac{{}_fQ_{máx3} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{100890}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f\alpha_3 = 0,035}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f\alpha_2 = \frac{{}_fQ_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{105280}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f\alpha_2 = 0,029}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{106750}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f\alpha_1 = 0,024}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = {}_s\alpha_6 + {}_f\alpha_6 = 0,425 + 0,085 \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,510}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = {}_s\alpha_5 + {}_f\alpha_5 = 0,343 + 0,069 \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,412}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = {}_s\alpha_4 + {}_f\alpha_4 = 0,187 + 0,037 \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,224}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 0,174 + 0,035 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,209}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 0,145 + 0,029 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,174}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 0,123 + 0,024 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,147}$$

▪ **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\delta_6 = 0,00009 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\delta_5 = 0,01600 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\delta_4 = 0,01000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,01000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,01000 \text{ cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,02500 \text{ cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_sQ_6 = {}_s k_6 \times {}_s\delta_6 = 280000 \text{ N/cm} \times 0,00009 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_6 = 25,2 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_sQ_5 = {}_s k_5 \times {}_s\delta_5 = 415000 \text{ N/cm} \times 0,01600 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_5 = 6640 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_sQ_4 = {}_s k_4 \times {}_s\delta_4 = 565000 \text{ N/cm} \times 0,01000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_4 = 5650 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 885000 \text{ N/cm} \times 0,01000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 8850 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 1120000 \text{ N/cm} \times 0,01000 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 11200 \text{ N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 875000 \text{ N/cm} \times 0,02500 \text{ cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 21875 \text{ N}}$$

Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\alpha_6 = \frac{{}_sQ_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{25,2}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_6 = 3,476e^{-05}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\alpha_5 = \frac{{}_sQ_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{6640}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_5 = 4,579e^{-03}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\alpha_4 = \frac{{}_sQ_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5650}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_4 = 2,598e^{-03}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{8850}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 3,052e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{11200}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 3,090e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{21875}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 5,029e^{-03}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_fQ_{máx6} = {}_f k_6 \times {}_s \delta_6 = 56000N/cm \times 0,00009 cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx6} = 5,04N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_fQ_{máx5} = {}_f k_5 \times {}_s \delta_5 = 83000N/cm \times 0,01600cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx5} = 1328N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_fQ_{máx4} = {}_f k_4 \times {}_s \delta_4 = 113000N/cm \times 0,01000cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx4} = 1130N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 177000N/cm \times 0,01000cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 1770N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 224000N/cm \times 0,01000cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 2240N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 175000N/cm \times 0,02500cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 4375N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f \alpha_6 = \frac{{}_f Q_{\text{máx6}} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5,04}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_6 = 6,952e^{-06}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f \alpha_5 = \frac{{}_f Q_{\text{máx5}} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1328}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_5 = 9,159e^{-04}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f \alpha_4 = \frac{{}_f Q_{\text{máx4}} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1130}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_4 = 5,195e^{-04}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{1770}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 6,103e^{-04}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{2240}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 6,179e^{-04}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{4375}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 1,006e^{-03}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = {}_s \alpha_6 + {}_f \alpha_6 = 3,476e^{-05} + 6,952e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 4,171e^{-05}}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = {}_s \alpha_5 + {}_f \alpha_5 = 4,579e^{-03} + 9,159e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 5,495e^{-03}}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = {}_s \alpha_4 + {}_f \alpha_4 = 2,598e^{-03} + 5,195e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 3,117e^{-03}}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 3,052e^{-03} + 6,103e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 3,662e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 3,090e^{-03} + 6,179e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 3,708e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 5,029e^{-03} + 1,006e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 6,035e^{-03}}$$

Representación gráfica

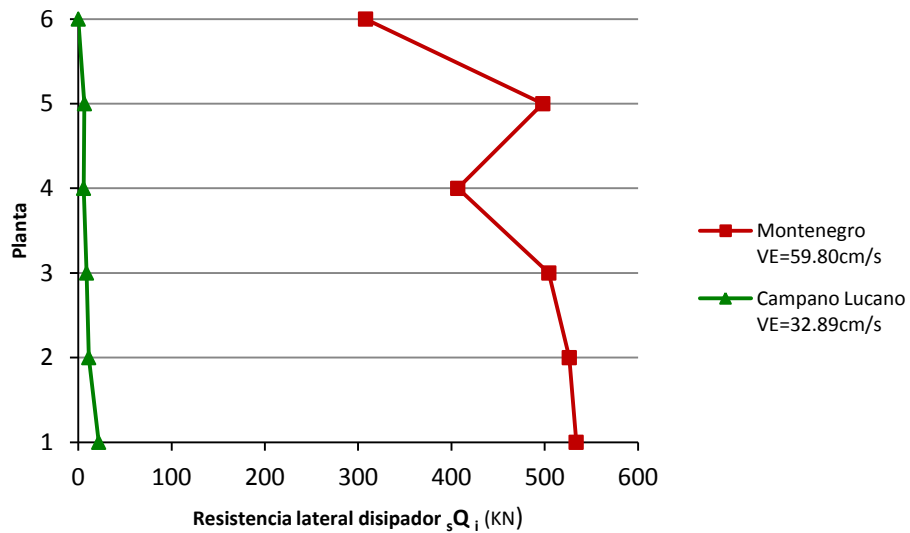


Fig. 5.5.55: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

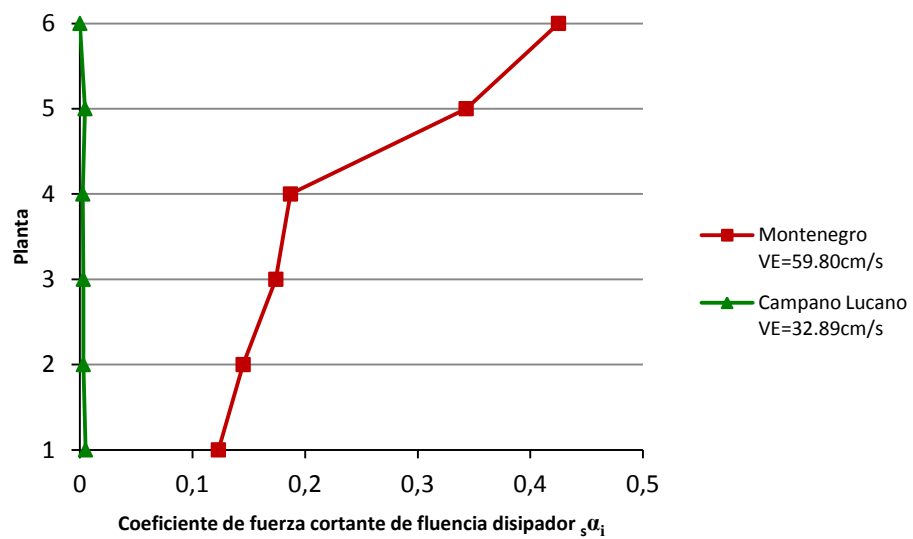


Fig. 5.5.56: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

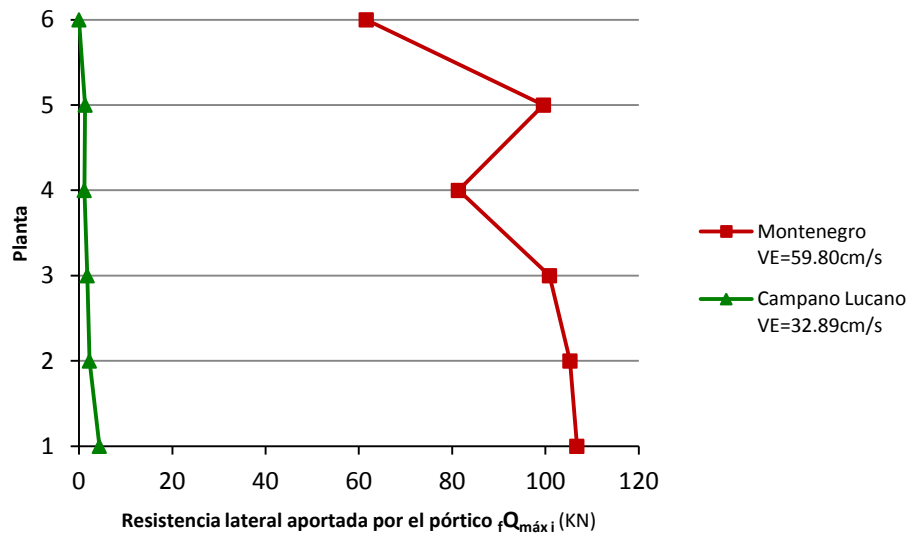


Fig. 5.5.57: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

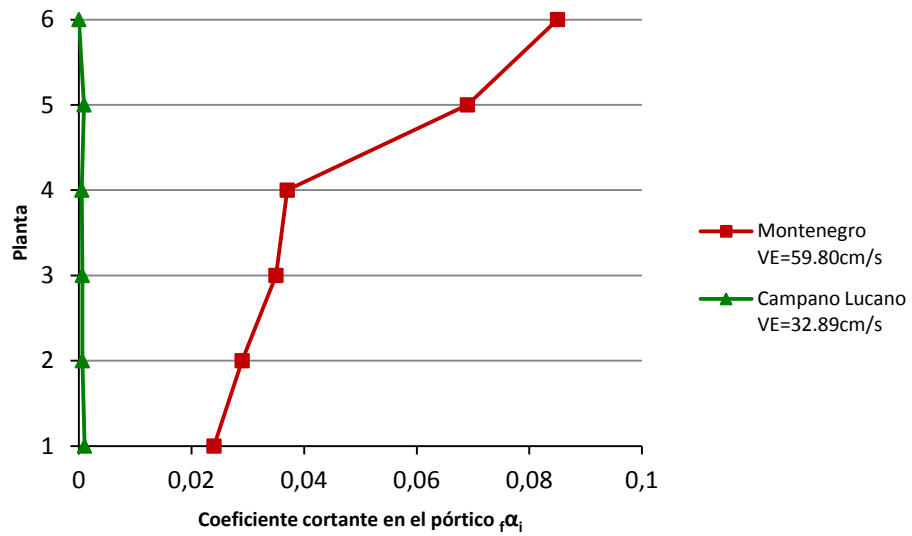


Fig. 5.5.58: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

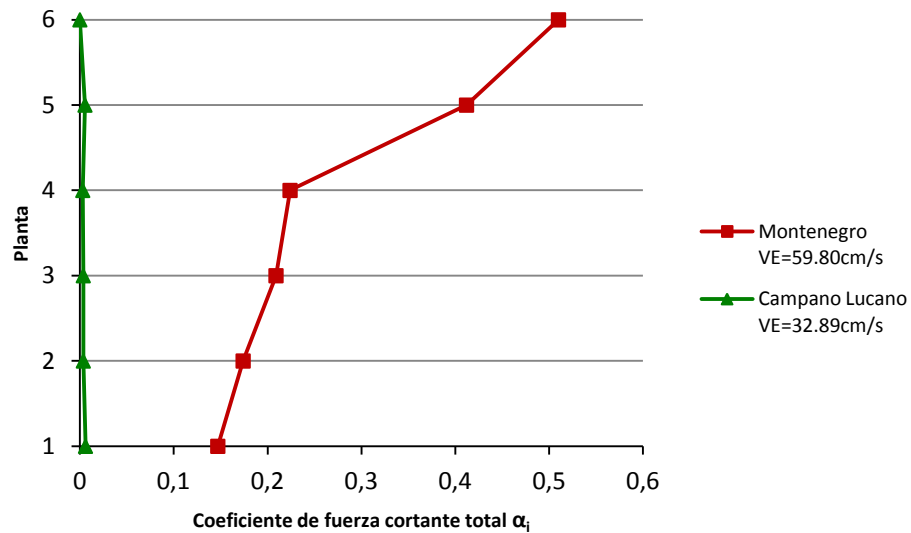


Fig. 5.5.59: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.5.6.3.2 Suelo Tipo II (Campo cercano a la falla)

▪ **Acelerograma N°14 (Montenegro aftershock) Δ=8Km**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s \delta_i$

Planta 6ª: ${}_s \delta_6 = 0,260cm$

Planta 5ª: ${}_s \delta_5 = 0,280cm$

Planta 4ª: ${}_s \delta_4 = 0,365cm$

Planta 3ª: ${}_s \delta_3 = 0,240cm$

Planta 2ª: ${}_s \delta_2 = 0,240cm$

Planta 1ª: ${}_s \delta_1 = 0,400cm$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_s Q_i$

Planta 6ª: ${}_s Q_6 = {}_s k_6 \times {}_s \delta_6 = 280000 N/cm \times 0,260cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_6 = 72800N}$

Planta 5ª: ${}_s Q_5 = {}_s k_5 \times {}_s \delta_5 = 415000 N/cm \times 0,280cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_5 = 116200N}$

Planta 4ª: ${}_s Q_4 = {}_s k_4 \times {}_s \delta_4 = 565000 N/cm \times 0,365cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_4 = 206225N}$

Planta 3ª: ${}_s Q_3 = {}_s k_3 \times {}_s \delta_3 = 885000 N/cm \times 0,240cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_3 = 212400N}$

Planta 2ª: ${}_s Q_2 = {}_s k_2 \times {}_s \delta_2 = 1120000 N/cm \times 0,240cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_2 = 268800N}$

Planta 1ª: ${}_s Q_1 = {}_s k_1 \times {}_s \delta_1 = 875000 N/cm \times 0,400cm \Rightarrow \underline{{}_s Q_1 = 350000N}$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s \alpha_6 = \frac{{}_s Q_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{72800}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_6 = 0,100}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s \alpha_5 = \frac{{}_s Q_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{116200}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_5 = 0,080}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s \alpha_4 = \frac{{}_s Q_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{206225}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_4 = 0,095}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s \alpha_3 = \frac{{}_s Q_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{212400}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_3 = 0,073}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s \alpha_2 = \frac{{}_s Q_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{268800}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_2 = 0,074}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s \alpha_1 = \frac{{}_s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{350000}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s \alpha_1 = 0,080}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{\text{máx}i}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f Q_{\text{máx}6} = {}_f k_6 \times {}_s \delta_6 = 56000N/cm \times 0,260cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}6} = 14560N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f Q_{\text{máx}5} = {}_f k_5 \times {}_s \delta_5 = 83000N/cm \times 0,280cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}5} = 23240N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f Q_{\text{máx}4} = {}_f k_4 \times {}_s \delta_4 = 113000N/cm \times 0,365cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}4} = 41245N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{\text{máx}3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 177000N/cm \times 0,240cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}3} = 42480N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{\text{máx}2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 224000N/cm \times 0,240cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}2} = 53760N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{\text{máx}1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 175000N/cm \times 0,400cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{\text{máx}1} = 70000N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

$f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } f \alpha_6 = \frac{f Q_{\text{máx6}} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{14560}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_6 = 0,020}$$

$$\text{Planta 5ª: } f \alpha_5 = \frac{f Q_{\text{máx5}} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{23240}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_5 = 0,016}$$

$$\text{Planta 4ª: } f \alpha_4 = \frac{f Q_{\text{máx4}} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{41245}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_4 = 0,019}$$

$$\text{Planta 3ª: } f \alpha_3 = \frac{f Q_{\text{máx3}} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{42480}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_3 = 0,015}$$

$$\text{Planta 2ª: } f \alpha_2 = \frac{f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{53760}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_2 = 0,015}$$

$$\text{Planta 1ª: } f \alpha_1 = \frac{f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{70000}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{f \alpha_1 = 0,016}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = \alpha_6 + f \alpha_6 = 0,100 + 0,020 \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,120}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = \alpha_5 + f \alpha_5 = 0,080 + 0,016 \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,096}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = \alpha_4 + f \alpha_4 = 0,095 + 0,019 \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,114}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = \alpha_3 + f \alpha_3 = 0,073 + 0,015 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,088}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = \alpha_2 + f \alpha_2 = 0,074 + 0,015 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,089}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = \alpha_1 + f \alpha_1 = 0,080 + 0,016 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,096}$$

Representación gráfica

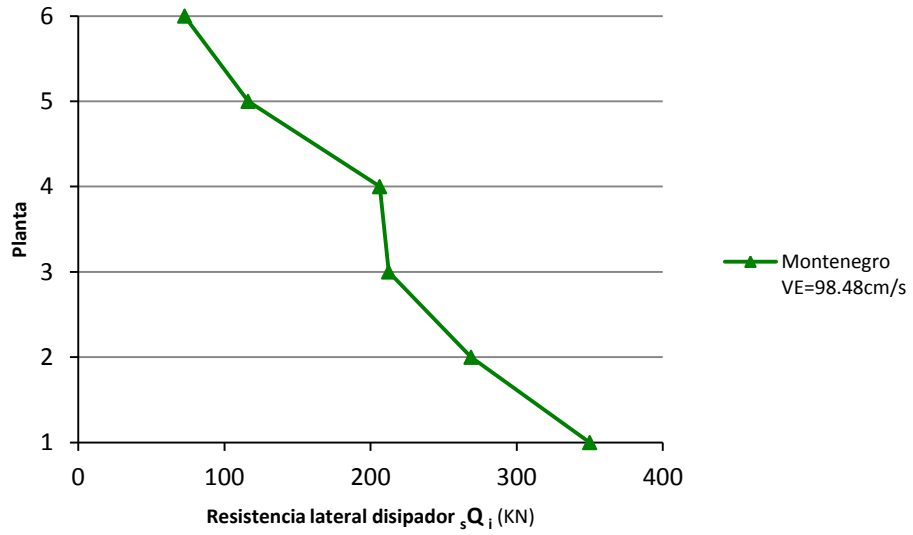


Fig. 5.5.60: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

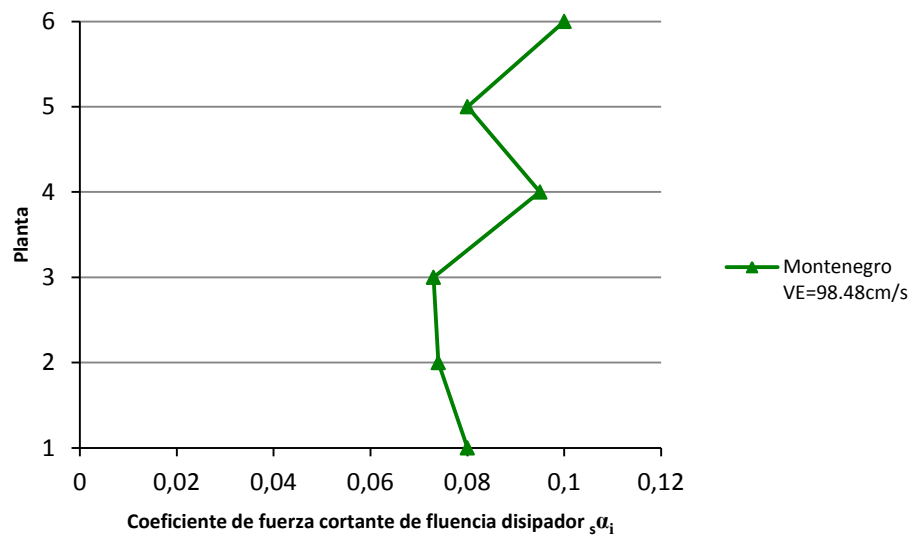


Fig. 5.5.61: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i , pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

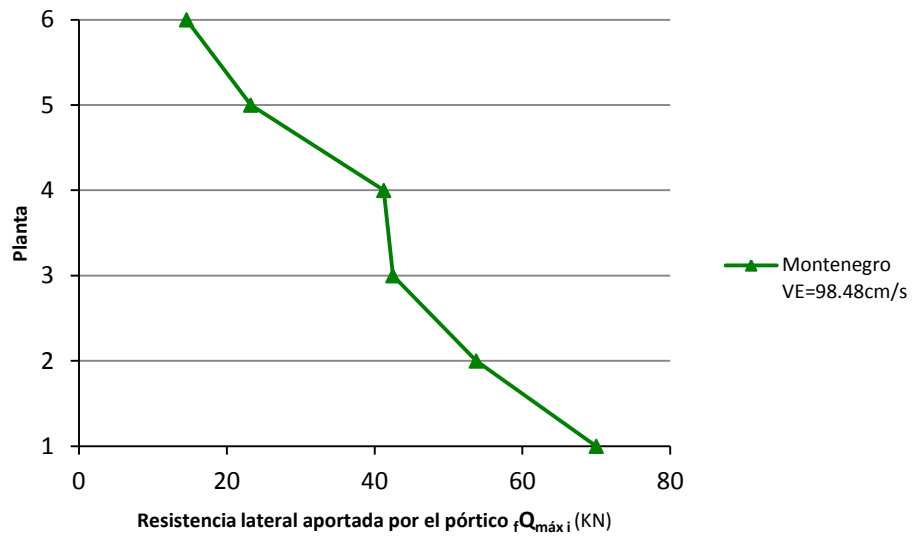


Fig. 5.5.62: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

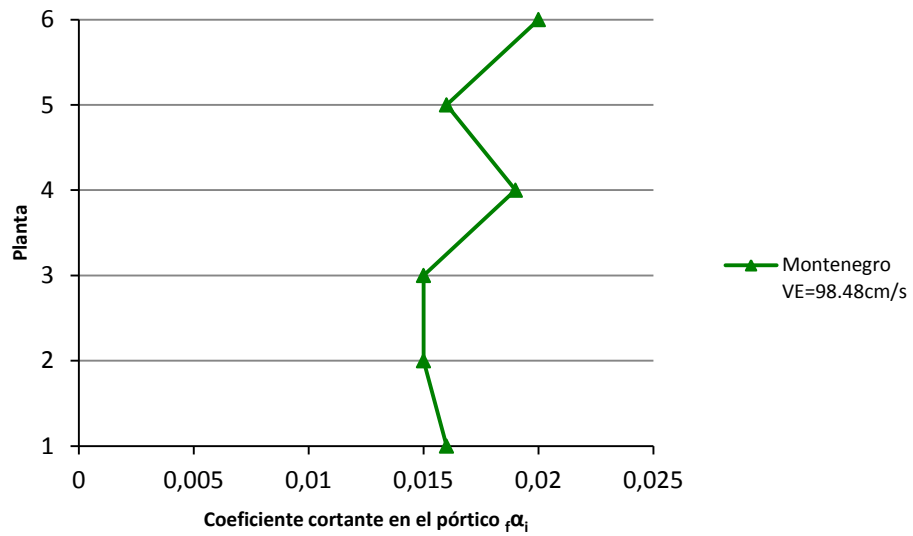


Fig. 5.5.63: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

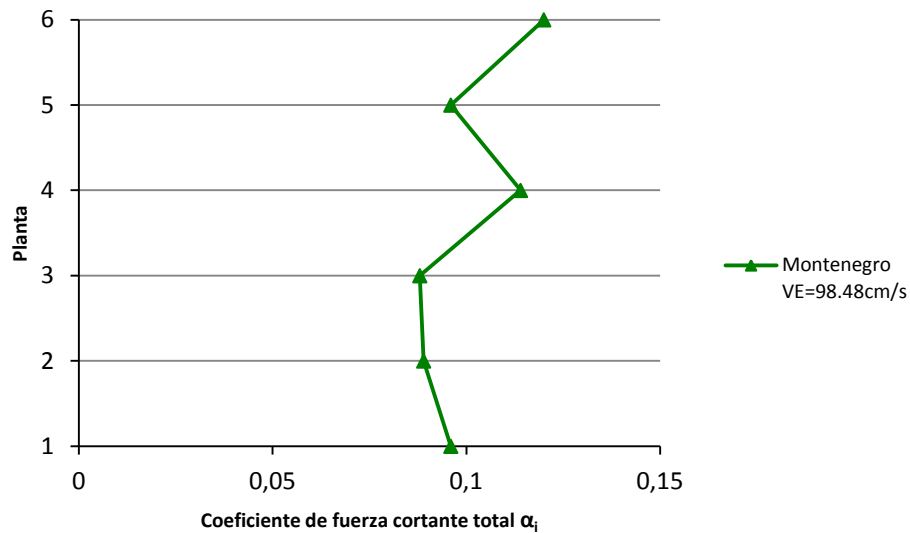


Fig. 5.5.64: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.5.6.3.3 Suelo Tipo III (Campo cercano a la falla)

▪ Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\delta_6 = 0,11000\text{cm}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\delta_5 = 0,06900\text{cm}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\delta_4 = 0,04300\text{cm}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,00004\text{cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,00390\text{cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,02700\text{cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_sQ_6 = {}_s k_6 \times {}_s\delta_6 = 280000\text{ N/cm} \times 0,11000\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_6 = 30800\text{N}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_sQ_5 = {}_s k_5 \times {}_s\delta_5 = 415000\text{ N/cm} \times 0,06900\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_5 = 28635\text{N}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_sQ_4 = {}_s k_4 \times {}_s\delta_4 = 565000\text{ N/cm} \times 0,04300\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_4 = 24295\text{N}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 885000\text{ N/cm} \times 0,00004\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 35,4\text{N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 1120000\text{ N/cm} \times 0,00390\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 4368\text{N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 875000\text{ N/cm} \times 0,02700\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 23625\text{N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\alpha_6 = \frac{{}_sQ_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{30800}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_6 = 0,042}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\alpha_5 = \frac{{}_sQ_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{28635}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_5 = 0,020}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\alpha_4 = \frac{{}_sQ_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{24295}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_4 = 0,011}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{35,4}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 1,221e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{4368}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 1,205e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{23625}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 5,431e^{-03}}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máx i}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_fQ_{máx6} = {}_f k_6 \times {}_s\delta_6 = 56000N/cm \times 0,11000cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx6} = 6160N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_fQ_{máx5} = {}_f k_5 \times {}_s\delta_5 = 83000N/cm \times 0,06900cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx5} = 5727N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_fQ_{máx4} = {}_f k_4 \times {}_s\delta_4 = 113000N/cm \times 0,04300cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx4} = 4859N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 177000N/cm \times 0,00004cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 7,08N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 224000N/cm \times 0,00390cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 873,6N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 175000N/cm \times 0,02700cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 4725N}$$

Coficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f \alpha_6 = \frac{{}_f Q_{\text{máx6}} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{6160}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_6 = 8,496e^{-03}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f \alpha_5 = \frac{{}_f Q_{\text{máx5}} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5727}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_5 = 3,950e^{-03}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f \alpha_4 = \frac{{}_f Q_{\text{máx4}} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{4859}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_4 = 2,234e^{-03}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{7,08}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 2,441e^{-06}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{873,6}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 2,410e^{-04}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{4725}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 1,086e^{-03}}$$

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = {}_s \alpha_6 + {}_f \alpha_6 = 0,042 + 8,496e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,050}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = {}_s \alpha_5 + {}_f \alpha_5 = 0,020 + 3,950e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,024}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = {}_s \alpha_4 + {}_f \alpha_4 = 0,011 + 2,234e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,013}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 1,221e^{-05} + 2,441e^{-06} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 1,465e^{-05}}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 1,205e^{-03} + 2,410e^{-04} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 1,446e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 5,431e^{-03} + 1,086e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 6,517e^{-03}}$$

▪ **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

Planta 6ª: ${}_s\delta_6 = 1,900\text{cm}$

Planta 5ª: ${}_s\delta_5 = 1,615\text{cm}$

Planta 4ª: ${}_s\delta_4 = 1,490\text{cm}$

Planta 3ª: ${}_s\delta_3 = 0,706\text{cm}$

Planta 2ª: ${}_s\delta_2 = 0,496\text{cm}$

Planta 1ª: ${}_s\delta_1 = 0,776\text{cm}$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

Planta 6ª: ${}_sQ_6 = {}_s k_6 \times {}_s\delta_6 = 280000\text{ N/cm} \times 1,900\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_6 = 532000\text{N}}$

Planta 5ª: ${}_sQ_5 = {}_s k_5 \times {}_s\delta_5 = 415000\text{ N/cm} \times 1,615\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_5 = 670225\text{N}}$

Planta 4ª: ${}_sQ_4 = {}_s k_4 \times {}_s\delta_4 = 565000\text{ N/cm} \times 1,490\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_4 = 841850\text{N}}$

Planta 3ª: ${}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 885000\text{ N/cm} \times 0,706\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 624810\text{N}}$

Planta 2ª: ${}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 1120000\text{ N/cm} \times 0,496\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 555520\text{N}}$

Planta 1ª: ${}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 875000\text{ N/cm} \times 0,776\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 679000\text{N}}$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

Planta 6ª: ${}_s\alpha_6 = \frac{{}_sQ_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{532000}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_6 = 0,734}$

Planta 5ª: ${}_s\alpha_5 = \frac{{}_sQ_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{670225}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_5 = 0,462}$

Planta 4ª: ${}_s\alpha_4 = \frac{{}_sQ_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{841850}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_4 = 0,387}$

Planta 3ª: ${}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{624810}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,215}$

Planta 2ª: ${}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm}\right) \times g \left(\frac{cm}{s^2}\right)} = \frac{555520}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$

$$\underline{s \alpha_2 = 0,153}$$

$$\text{Planta 1ª: } s \alpha_1 = \frac{s Q_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{679000}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{s \alpha_1 = 0,156}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f Q_{máxi}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f Q_{máx6} = {}_f k_6 \times {}_s \delta_6 = 56000N/cm \times 1,900cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx6} = 106400N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f Q_{máx5} = {}_f k_5 \times {}_s \delta_5 = 83000N/cm \times 1,615cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx5} = 134045N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f Q_{máx4} = {}_f k_4 \times {}_s \delta_4 = 113000N/cm \times 1,490cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx4} = 168370N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f Q_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s \delta_3 = 177000N/cm \times 0,706cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx3} = 124962N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f Q_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s \delta_2 = 224000N/cm \times 0,496cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx2} = 111104N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f Q_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s \delta_1 = 175000N/cm \times 0,776cm \Rightarrow \underline{{}_f Q_{máx1} = 135800N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f \alpha_6 = \frac{{}_f Q_{máx6} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{106400}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_6 = 0,147}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f \alpha_5 = \frac{{}_f Q_{máx5} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{134045}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_5 = 0,092}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f \alpha_4 = \frac{{}_f Q_{máx4} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{168370}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_4 = 0,077}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{máx3} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{124962}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f \alpha_3 = 0,043}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{máx2} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{111104}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f \alpha_2 = 0,031}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f\alpha_1 = \frac{{}_fQ_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{135800}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow$$

$$\underline{{}_f\alpha_1 = 0,031}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = {}_s\alpha_6 + {}_f\alpha_6 = 0,734 + 0,147 \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,881}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = {}_s\alpha_5 + {}_f\alpha_5 = 0,462 + 0,092 \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,554}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = {}_s\alpha_4 + {}_f\alpha_4 = 0,387 + 0,077 \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,464}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s\alpha_3 + {}_f\alpha_3 = 0,215 + 0,043 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,258}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s\alpha_2 + {}_f\alpha_2 = 0,153 + 0,031 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,184}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s\alpha_1 + {}_f\alpha_1 = 0,156 + 0,031 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,187}$$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\delta_6 = 0,0900\text{cm}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\delta_5 = 0,1100\text{cm}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\delta_4 = 0,0900\text{cm}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,0721\text{cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,0940\text{cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,1810\text{cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_sQ_6 = {}_s k_6 \times {}_s\delta_6 = 280000\text{N/cm} \times 0,0900\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_6 = 25200\text{N}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_sQ_5 = {}_s k_5 \times {}_s\delta_5 = 415000\text{N/cm} \times 0,1100\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_5 = 45650\text{N}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_sQ_4 = {}_s k_4 \times {}_s\delta_4 = 565000\text{N/cm} \times 0,0900\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_4 = 50850\text{N}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 885000\text{N/cm} \times 0,0721\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_3 = 63808,5\text{N}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 1120000\text{N/cm} \times 0,0940\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_2 = 105280\text{N}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 875000\text{N/cm} \times 0,1810\text{cm} \Rightarrow \underline{{}_sQ_1 = 158375\text{N}}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\alpha_6 = \frac{{}_sQ_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{25200}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_6 = 0,035}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\alpha_5 = \frac{{}_sQ_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{45650}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_5 = 0,031}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\alpha_4 = \frac{{}_sQ_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{50850}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_4 = 0,023}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{63808,5}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,022}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{105280}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,029}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{158375}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,036}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{máxi}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_fQ_{máx6} = {}_f k_6 \times {}_s\delta_6 = 56000N/cm \times 0,0900cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx6} = 5040N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_fQ_{máx5} = {}_f k_5 \times {}_s\delta_5 = 83000N/cm \times 0,1100cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx5} = 9130N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_fQ_{máx4} = {}_f k_4 \times {}_s\delta_4 = 113000N/cm \times 0,0900cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx4} = 10170N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{máx3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 177000N/cm \times 0,0721cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx3} = 12761,7N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{máx2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 224000N/cm \times 0,0940cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx2} = 21056N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{máx1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 175000N/cm \times 0,1810cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{máx1} = 31675N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f \alpha_6 = \frac{{}_f Q_{\text{máx6}} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{5040}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_6 = 6,952e^{-03}}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f \alpha_5 = \frac{{}_f Q_{\text{máx5}} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{9130}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_5 = 6,296e^{-03}}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f \alpha_4 = \frac{{}_f Q_{\text{máx4}} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{10170}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_4 = 4,676e^{-03}}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{12761,7}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 4,400e^{-03}}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{21056}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 5,808e^{-03}}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{31675}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 7,282e^{-03}}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_{6s} \alpha_6 + {}_f \alpha_6 = 0,035 + 6,952e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,042}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_{5s} \alpha_5 + {}_f \alpha_5 = 0,031 + 6,296e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,037}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_{4s} \alpha_4 + {}_f \alpha_4 = 0,023 + 4,676e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,028}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_{3s} \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,022 + 4,400e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,026}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_{2s} \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,029 + 5,808e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,035}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_{1s} \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,036 + 7,282e^{-03} \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,043}$$

Representación gráfica

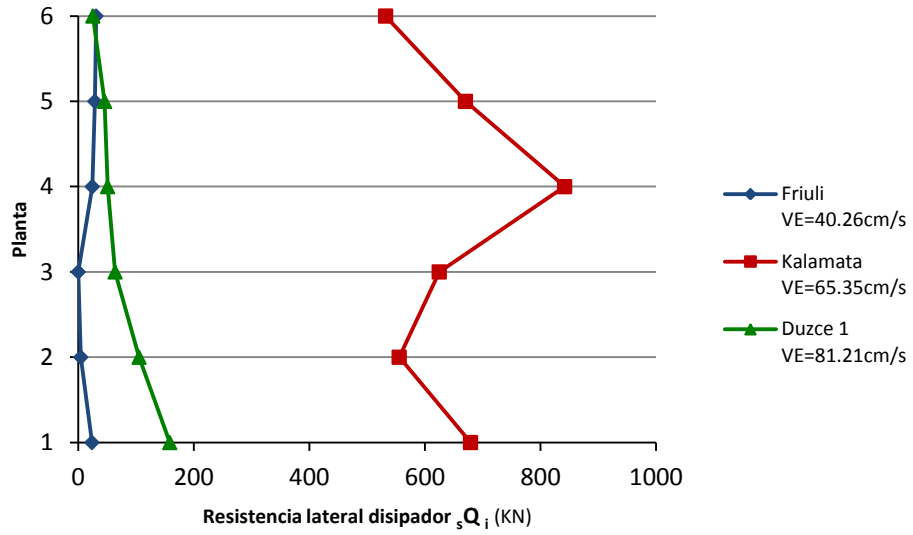


Fig. 5.5.65: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

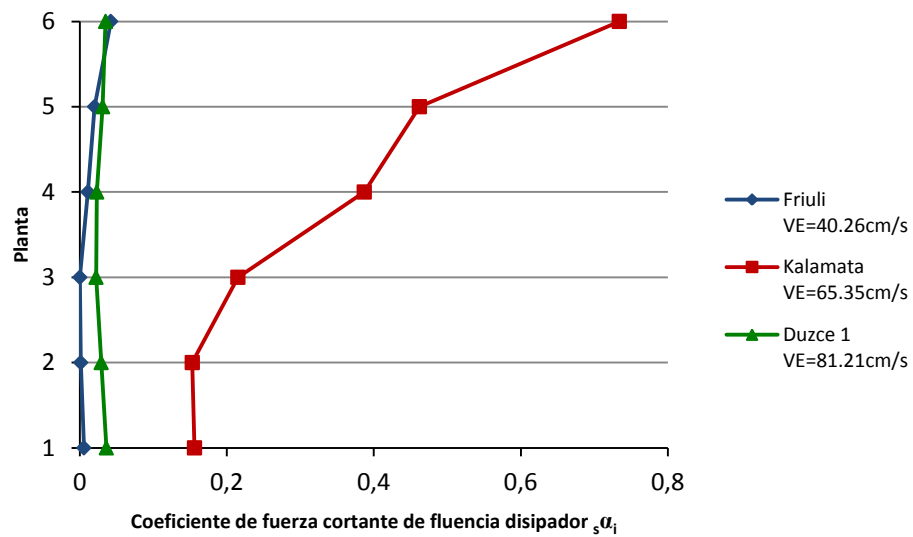


Fig. 5.5.66: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

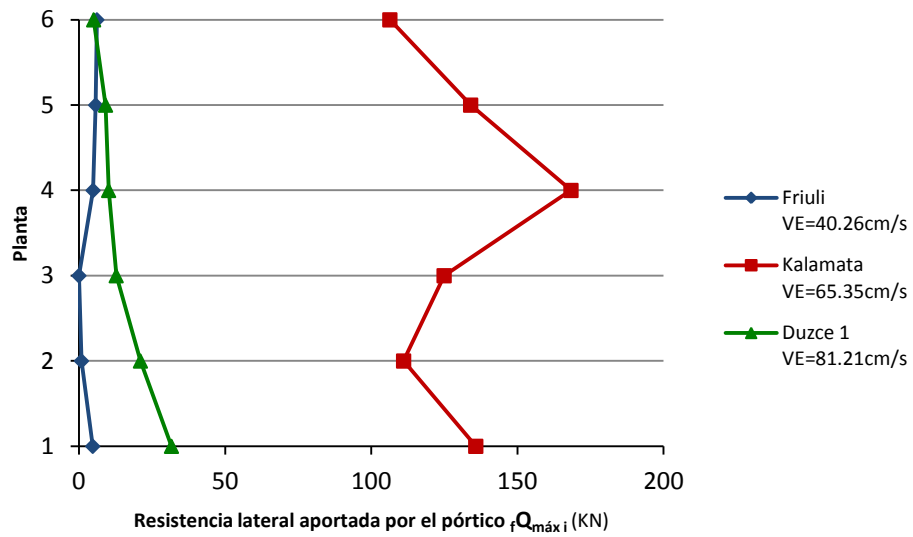


Fig. 5.5.67: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

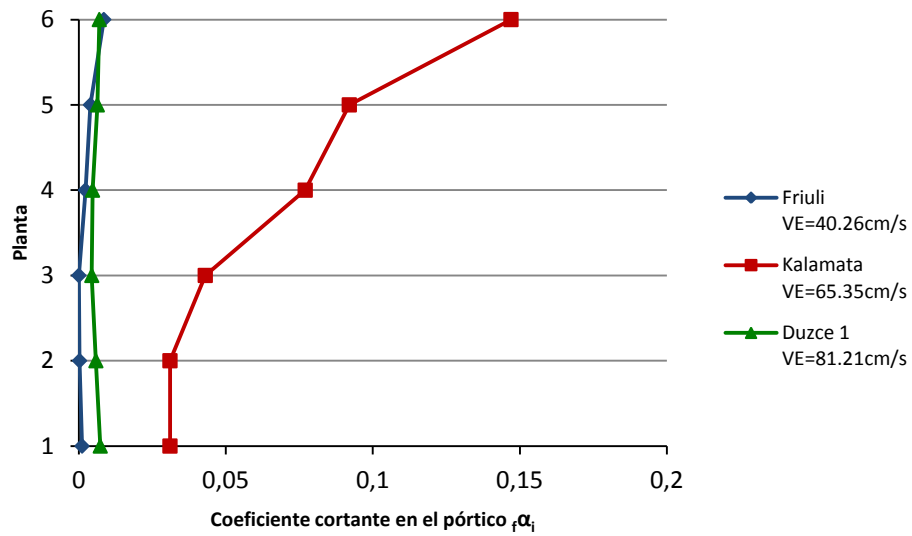


Fig. 5.5.68: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

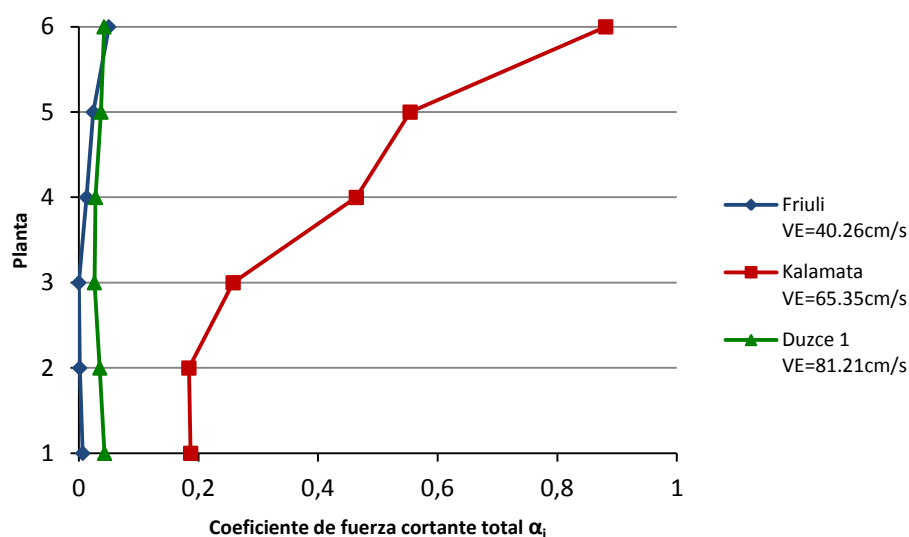


Fig. 5.5.69: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.5.6.3.4 Suelo Tipo III (Campo lejano a la falla)

▪ Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$

Desplazamiento de fluencia del disipador ${}_s\delta_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\delta_6 = 1,700\text{cm}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\delta_5 = 1,300\text{cm}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\delta_4 = 1,110\text{cm}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\delta_3 = 0,780\text{cm}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\delta_2 = 0,690\text{cm}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\delta_1 = 0,980\text{cm}$$

Resistencia lateral de los disipadores de una planta i dada ${}_sQ_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_sQ_6 = {}_s k_6 \times {}_s\delta_6 = 280000\text{ N/cm} \times 1,700\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_6 = 476000\text{N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_sQ_5 = {}_s k_5 \times {}_s\delta_5 = 415000\text{ N/cm} \times 1,300\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_5 = 539500\text{N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_sQ_4 = {}_s k_4 \times {}_s\delta_4 = 565000\text{ N/cm} \times 1,110\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_4 = 627150\text{N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_sQ_3 = {}_s k_3 \times {}_s\delta_3 = 885000\text{ N/cm} \times 0,780\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_3 = 690300\text{N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_sQ_2 = {}_s k_2 \times {}_s\delta_2 = 1120000\text{ N/cm} \times 0,690\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_2 = 772800\text{N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_sQ_1 = {}_s k_1 \times {}_s\delta_1 = 875000\text{ N/cm} \times 0,980\text{cm} \Rightarrow {}_sQ_1 = 857500\text{N}$$

Coefficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de una planta i dada ${}_s\alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_s\alpha_6 = \frac{{}_sQ_6 (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{476000}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_6 = 0,656}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_s\alpha_5 = \frac{{}_sQ_5 (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{539500}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_5 = 0,372}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_s\alpha_4 = \frac{{}_sQ_4 (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{627150}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_4 = 0,288}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_s\alpha_3 = \frac{{}_sQ_3 (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{690300}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_3 = 0,238}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_s\alpha_2 = \frac{{}_sQ_2 (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{772800}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_2 = 0,213}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_s\alpha_1 = \frac{{}_sQ_1 (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{857500}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_s\alpha_1 = 0,197}$$

Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar ${}_fQ_{\text{máx}i}$

$$\text{Planta 6ª: } {}_fQ_{\text{máx}6} = {}_f k_6 \times {}_s\delta_6 = 56000N/cm \times 1,700cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}6} = 95200N}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_fQ_{\text{máx}5} = {}_f k_5 \times {}_s\delta_5 = 83000N/cm \times 1,300cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}5} = 107900N}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_fQ_{\text{máx}4} = {}_f k_4 \times {}_s\delta_4 = 113000N/cm \times 1,110cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}4} = 125430N}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_fQ_{\text{máx}3} = {}_f k_3 \times {}_s\delta_3 = 177000N/cm \times 0,780cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}3} = 138060N}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_fQ_{\text{máx}2} = {}_f k_2 \times {}_s\delta_2 = 224000N/cm \times 0,690cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}2} = 154560N}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_fQ_{\text{máx}1} = {}_f k_1 \times {}_s\delta_1 = 175000N/cm \times 0,980cm \Rightarrow \underline{{}_fQ_{\text{máx}1} = 171500N}$$

Coefficiente cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar

${}_f \alpha_i$

$$\text{Planta 6ª: } {}_f \alpha_6 = \frac{{}_f Q_{\text{máx6}} (N)}{m_6 \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{95200}{739,04 \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_6 = 0,131}$$

$$\text{Planta 5ª: } {}_f \alpha_5 = \frac{{}_f Q_{\text{máx5}} (N)}{(m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{107900}{(2 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_5 = 0,074}$$

$$\text{Planta 4ª: } {}_f \alpha_4 = \frac{{}_f Q_{\text{máx4}} (N)}{(m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{125430}{(3 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_4 = 0,058}$$

$$\text{Planta 3ª: } {}_f \alpha_3 = \frac{{}_f Q_{\text{máx3}} (N)}{(m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{138060}{(4 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_3 = 0,048}$$

$$\text{Planta 2ª: } {}_f \alpha_2 = \frac{{}_f Q_{\text{máx2}} (N)}{(m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{154560}{(5 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_2 = 0,043}$$

$$\text{Planta 1ª: } {}_f \alpha_1 = \frac{{}_f Q_{\text{máx1}} (N)}{(m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6) \left(\frac{Ns^2}{cm} \right) \times g \left(\frac{cm}{s^2} \right)} = \frac{171500}{(6 \times 739,04) \times 981} \Rightarrow \underline{{}_f \alpha_1 = 0,039}$$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = {}_s \alpha_6 + {}_f \alpha_6 = 0,656 + 0,131 \Rightarrow \underline{\alpha_6 = 0,787}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = {}_s \alpha_5 + {}_f \alpha_5 = 0,372 + 0,074 \Rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,446}$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = {}_s \alpha_4 + {}_f \alpha_4 = 0,288 + 0,058 \Rightarrow \underline{\alpha_4 = 0,346}$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = {}_s \alpha_3 + {}_f \alpha_3 = 0,238 + 0,048 \Rightarrow \underline{\alpha_3 = 0,286}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = {}_s \alpha_2 + {}_f \alpha_2 = 0,213 + 0,043 \Rightarrow \underline{\alpha_2 = 0,256}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = {}_s \alpha_1 + {}_f \alpha_1 = 0,197 + 0,039 \Rightarrow \underline{\alpha_1 = 0,236}$$

Representación gráfica

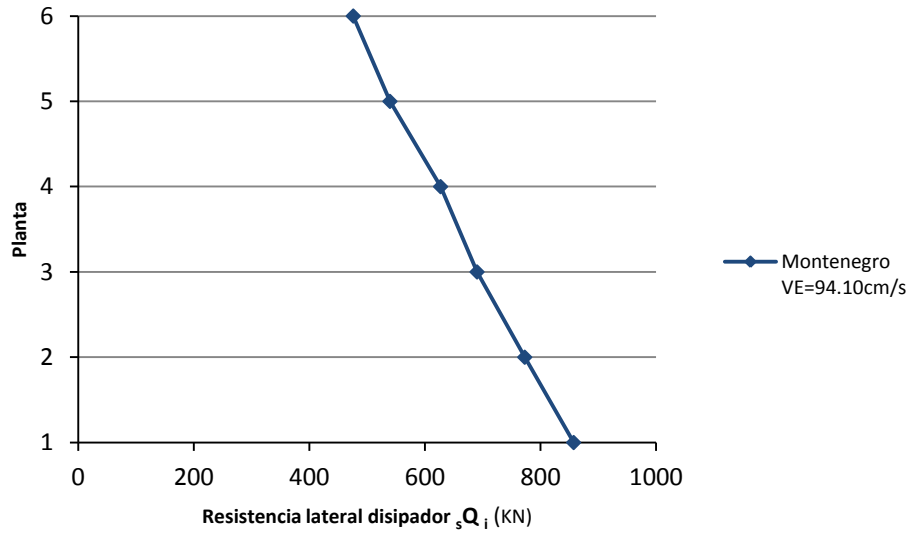


Fig. 5.5.70: Resistencia lateral de los disipadores de cada planta i, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

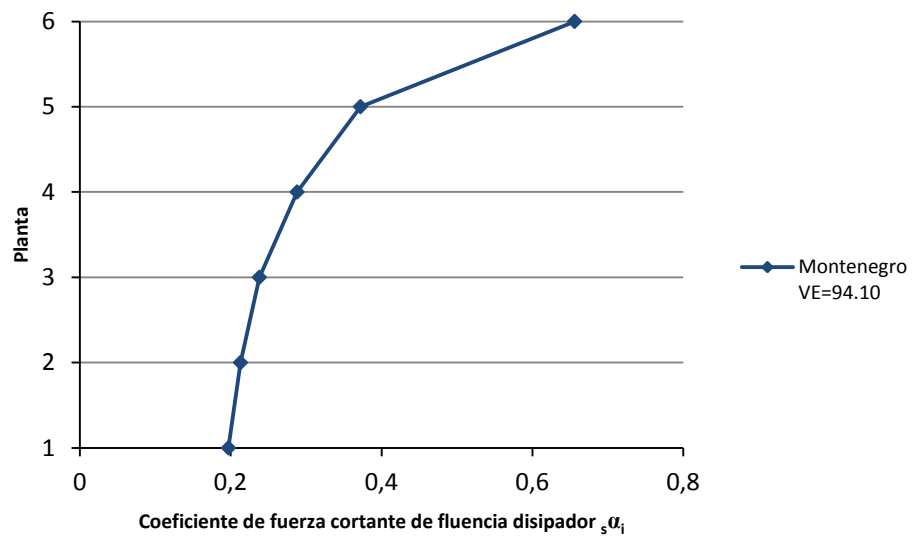


Fig. 5.5.71: Coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores de cada planta i, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

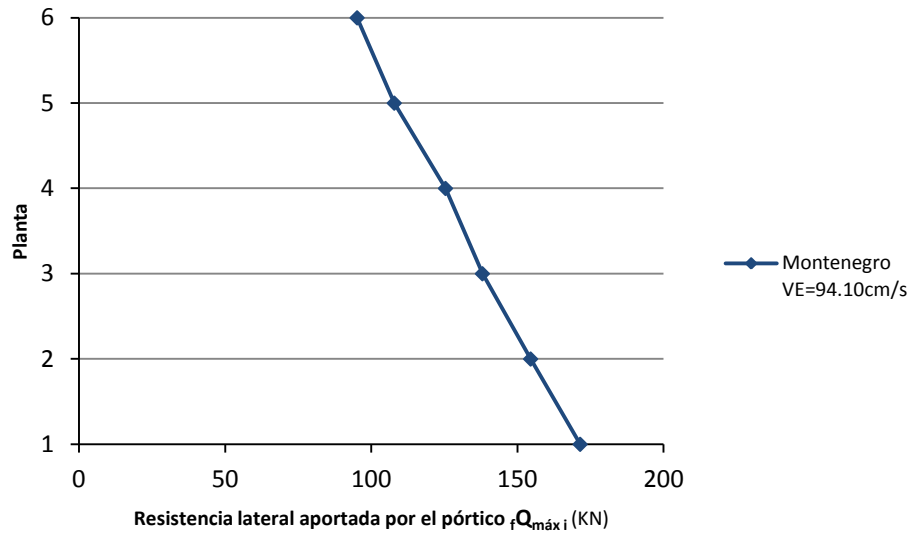


Fig. 5.5.72: Resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

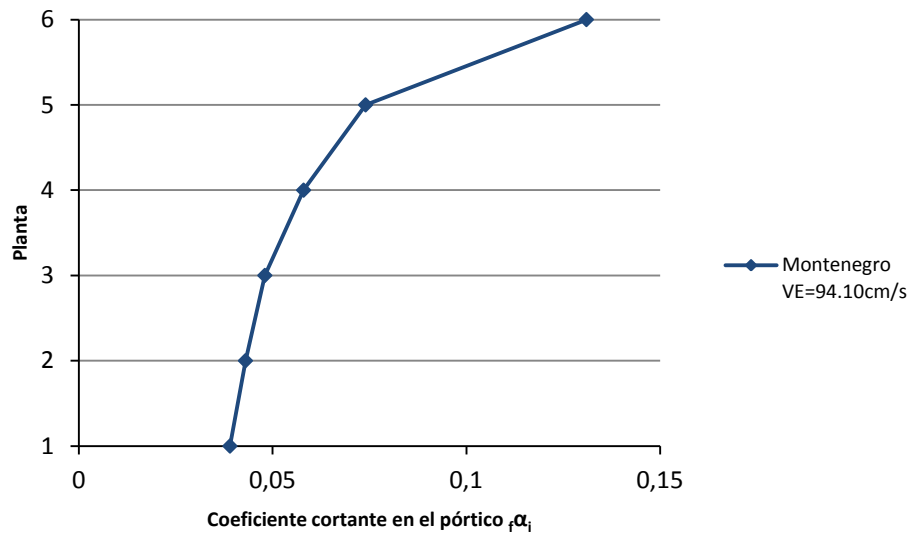


Fig. 5.5.73: Coeficiente de fuerza cortante en la parte flexible (pórtico) cuando los disipadores empiezan a plastificar, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

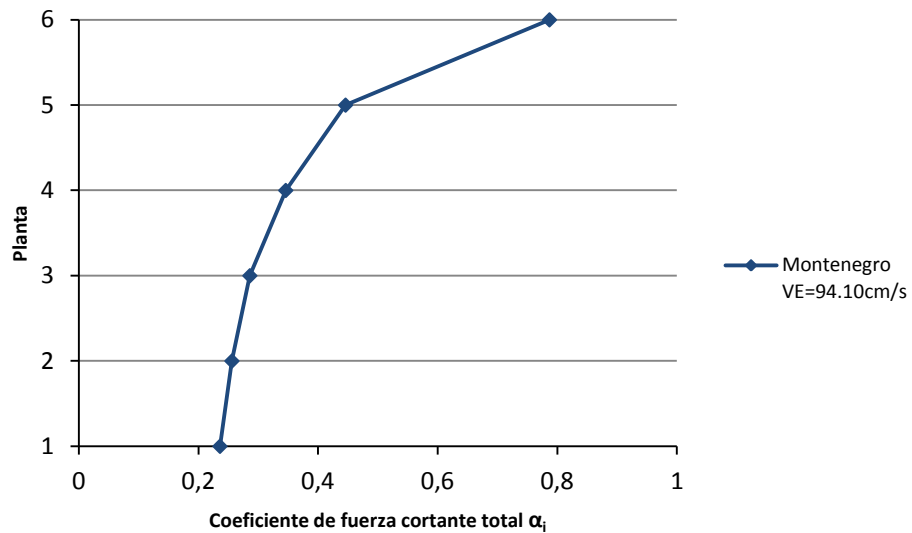


Fig. 5.5.74: Coeficiente de fuerza cortante total de planta, pórtilo pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

Tabla 5.5.1: Resistencia lateral de los disipadores, coeficiente de fuerza cortante de fluencia de los disipadores, resistencia lateral aportada por la parte flexible (pórtilo) cuando los disipadores empiezan a plastificar, coeficiente cortante en la parte flexible (pórtilo) cuando los disipadores empiezan a plastificar, coeficiente de fuerza cortante total

Pórtilo	Tipo de suelo	Acelerograma	Planta	Resistenc. lateral disipador Q_i (N)	Coefic. de fuerza cortante fluencia disipador α_i	Resistenc. lateral pórtilo $f Q_{máx i}$ (N)	Coefic. cortante pórtilo $f \alpha_i$	Coefic. de fuerza cortante total α_i
pa2pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	1485	$6.828 \cdot 10^{-4}$	297.0	$1.365 \cdot 10^{-4}$	$8.193 \cdot 10^{-4}$
			2ª	16252	0.011	3250.4	$2.242 \cdot 10^{-3}$	0.013
			3ª	22	$3.034 \cdot 10^{-5}$	4.4	$6.069 \cdot 10^{-6}$	$3.641 \cdot 10^{-5}$
		Nº4 (Montenegro)	1ª	148.5	$3.034 \cdot 10^{-5}$	29.7	$1.365 \cdot 10^{-5}$	$8.193 \cdot 10^{-5}$
			2ª	81056.0	0.056	16211.2	0.011	0.067
			3ª	24200.0	0.033	4840.0	$6.676 \cdot 10^{-3}$	0.040
		Nº5 (Campano Lucano)	1ª	11187.0	$5.143 \cdot 10^{-3}$	2237.4	$1.029 \cdot 10^{-3}$	$6.172 \cdot 10^{-3}$
			2ª	13668.0	$9.426 \cdot 10^{-3}$	2733.6	$1.885 \cdot 10^{-3}$	0.011
			3ª	27.5	$3.793 \cdot 10^{-5}$	5.5	$7.586 \cdot 10^{-6}$	$4.552 \cdot 10^{-5}$
	II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	396.0	$1.821 \cdot 10^{-4}$	79.2	$3.641 \cdot 10^{-5}$	$2.185 \cdot 10^{-4}$
			2ª	12104.0	$8.348 \cdot 10^{-3}$	2420.8	$1.669 \cdot 10^{-3}$	0.011
			3ª	27.5	$3.793 \cdot 10^{-5}$	5.5	$7.586 \cdot 10^{-6}$	$4.552 \cdot 10^{-5}$
		Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	241708.5	0.111	48341.7	0.022	0.133
			2ª	201858.0	0.139	40371.6	0.028	0.167
			3ª	122485.0	0.169	24497.0	0.034	0.203
	II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	8910.0	$4.096 \cdot 10^{-3}$	1782.0	$8.193 \cdot 10^{-4}$	$4.915 \cdot 10^{-3}$
			2ª	43180.0	0.030	8636.0	$5.956 \cdot 10^{-3}$	0.036
			3ª	11550.0	0.016	2310.0	$3.186 \cdot 10^{-3}$	0.019
		Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	468913.5	0.215	93782.7	0.043	0.258
	2ª		510000.0	0.352	102000.0	0.070	0.422	
	3ª	550000.0	0.759	110000.0	0.152	0.911		
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	357736.5	0.164	71547.3	0.033	0.197
			2ª	318750.0	0.220	63750.0	0.044	0.264
			3ª	171875.0	0.237	34375.0	0.047	0.284
Nº6 (Kalamata aftershock)		1ª	49.5	$2.276 \cdot 10^{-5}$	9.9	$4.552 \cdot 10^{-6}$	$2.731 \cdot 10^{-5}$	
		2ª	62016.0	0.043	12403.2	$8.554 \cdot 10^{-3}$	0.051	
3ª	12375.0	0.017	2475.0	$3.414 \cdot 10^{-3}$	0.020			

		Nº12 (Duzce 1)	1ª	94743.0	0.043	18948.6	8.712 e ⁻⁰³	0.052	
			2ª	141100.0	0.097	28220.0	0.019	0.116	
			3ª	59345.0	0.082	11869.0	0.016	0.098	
	III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	49.5	2.276 e ⁻⁰⁵	9.9	4.552 e ⁻⁰⁶	2.731 e ⁻⁰⁵	
			2ª	39678.0	0.027	7935.6	5.473 e ⁻⁰³	0.032	
				3ª	27.5	3.793 e ⁻⁰⁵	5.5	7.586 e ⁻⁰⁶	4.552 e ⁻⁰⁵
		Nº14 (Ano Liosia)	1ª	49.5	2.276 e ⁻⁰⁵	9.9	4.552 e ⁻⁰⁶	2.731 e ⁻⁰⁵	
			2ª	12138.0	8.371 e ⁻⁰³	2427.6	1.674 e ⁻⁰³	0.010	
			3ª	27.5	3.793 e ⁻⁰⁵	5.5	7.586 e ⁻⁰⁶	4.552 e ⁻⁰⁵	
pa4pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	61.99	2.378 e ⁻⁰⁵	12.40	4.756 e ⁻⁰⁶	2.854 e ⁻⁰⁵	
			2ª	45.50	2.560 e ⁻⁰⁵	9.10	5.236 e ⁻⁰⁶	3.084 e ⁻⁰⁵	
			3ª	37.77	4.346 e ⁻⁰⁵	7.55	8.688 e ⁻⁰⁶	5.215 e ⁻⁰⁵	
			Nº4 (Montenegro)	1ª	504687.5	0.193	100937.5	0.039	0.232
				2ª	568750.0	0.327	113750.0	0.065	0.392
				3ª	250404.0	0.288	50080.8	0.058	0.346
			Nº5 (Campano Lucano)	1ª	395.68	1.518 e ⁻⁰⁴	78.54	3.013 e ⁻⁰⁵	1.819 e ⁻⁰⁴
				2ª	46.36	2.215 e ⁻⁰⁵	9.92	5.708 e ⁻⁰⁶	2.786 e ⁻⁰⁵
				3ª	38.50	4.430 e ⁻⁰⁵	7.70	8.861 e ⁻⁰⁶	5.316 e ⁻⁰⁵
		II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	522.5	2.004 e ⁻⁰⁴	104.5	4.008 e ⁻⁰⁵	2.405 e ⁻⁰⁴
	2ª			2730.0	1.571 e ⁻⁰³	546.0	3.141 e ⁻⁰⁴	1.885 e ⁻⁰³	
				3ª	423.5	4.873 e ⁻⁰⁴	84.7	9.747 e ⁻⁰⁵	5.848 e ⁻⁰⁴
			Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	47.5	1.822 e ⁻⁰⁵	9.5	3.644 e ⁻⁰⁶	2.186 e ⁻⁰⁵
				2ª	68341.0	1.571	13668.2	7.664 e ⁻⁰³	0.047
				3ª	38.5	4.430 e ⁻⁰⁵	7.7	8.861 e ⁻⁰⁶	5.316 e ⁻⁰⁵
		II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	556652.5	0.213	111330.5	0.043	0.256
					2ª	625625.0	0.360	125125.0	0.072
				3ª	254331.0	0.293	77000.7	0.089	0.382
			Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	623437.5	0.239	124687.5	0.048	0.287
				2ª	618982.0	0.356	123796.4	0.071	0.427
				3ª	412065.5	0.474	82413.1	0.095	0.569
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	433247.5	0.166	86649.5	0.033	0.199	
				2ª	348484.5	0.200	69696.9	0.040	0.240
				3ª	175983.5	0.202	35196.7	0.040	0.242
		Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	38095.0	0.015	7619.0	2.922 e ⁻⁰³	0.018	
			2ª	60014.5	0.034	12002.9	6.906 e ⁻⁰³	0.041	
			3ª	33841.5	0.039	6768.3	7.789 e ⁻⁰³	0.047	
		Nº12 (Duzce 1)	1ª	172567.5	0.066	34513.5	0.013	0.079	
			2ª	165301.5	0.095	33060.3	0.019	0.114	
			3ª	63140.0	0.073	12628.0	0.014	0.087	
	III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	214985.0	0.082	42997.0	0.016	0.098	
				2ª	180635.0	0.104	36127.0	0.021	0.125
			3ª	74459.0	0.086	14891.8	0.017	0.103	
		Nº14 (Ano Liosia)	1ª	5842.5	2.241 e ⁻⁰³	1168.5	4.482 e ⁻⁰⁴	2.689 e ⁻⁰³	
			2ª	45.5	2.618 e ⁻⁰⁵	9.1	5.236 e ⁻⁰⁶	3.142 e ⁻⁰⁵	
			3ª	38.5	4.430 e ⁻⁰⁵	7.7	8.861 e ⁻⁰⁶	5.316 e ⁻⁰⁵	
pa6pz2-1	I Campo lejano	Nº4 (Montenegro)	1ª	533750.0	0.123	106750.0	0.024	0.147	
			2ª	526400.0	0.145	105280.0	0.029	0.174	
			3ª	504450.0	0.174	100890.0	0.035	0.209	
			4ª	406800.0	0.187	81360.0	0.037	0.224	
			5ª	498000.0	0.343	99600.0	0.069	0.412	
			6ª	308000.0	0.425	61600.0	0.085	0.510	
			Nº5 (Campano Lucano)	1ª	21875.0	5.029 e ⁻⁰³	4375.00	1.006 e ⁻⁰³	6.035 e ⁻⁰³
				2ª	11200.0	3.090 e ⁻⁰³	2240.00	6.179 e ⁻⁰⁴	3.708 e ⁻⁰³
		3ª	8850.0	3.052 e ⁻⁰³	1770.00	6.103 e ⁻⁰⁴	3.662 e ⁻⁰³		
			4ª	5650.0	2.598 e ⁻⁰³	1130.00	5.195 e ⁻⁰⁴	3.117 e ⁻⁰³	

			5ª	6640.0	4.579 e ⁻⁰³	1328.00	9.159 e ⁻⁰⁴	5.495 e ⁻⁰³
			6ª	25.2	3.476 e ⁻⁰⁵	5.04	6.952 e ⁻⁰⁶	4.171 e ⁻⁰⁵
II Campo cercano	Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	350000.0	0.080	70000.0	0.016	0.096	
		2ª	268800.0	0.074	53760.0	0.015	0.089	
		3ª	212400.0	0.073	42480.0	0.015	0.088	
		4ª	206225.0	0.095	41245.0	0.019	0.114	
		5ª	116200.0	0.080	23240.0	0.016	0.096	
		6ª	72800.0	0.100	14560.0	0.020	0.120	
III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	23625.0	5.431 e ⁻⁰³	4725.00	1.086 e ⁻⁰³	6.517 e ⁻⁰³	
		2ª	4368.0	1.205 e ⁻⁰³	873.60	2.410 e ⁻⁰⁴	1.446 e ⁻⁰³	
		3ª	35.4	1.221 e ⁻⁰⁵	7.08	2.441 e ⁻⁰⁶	1.465 e ⁻⁰⁵	
		4ª	24295.0	0.011	4859.00	2.234 e ⁻⁰³	0.013	
		5ª	28635.0	0.020	5727.00	3.950 e ⁻⁰³	0.024	
		6ª	30800.0	0.042	6160.00	8.496 e ⁻⁰³	0.050	
	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	23625.0	5.431 e ⁻⁰³	4725.00	1.086 e ⁻⁰³	6.517 e ⁻⁰³	
		2ª	4368.0	1.205 e ⁻⁰³	873.60	2.410 e ⁻⁰⁴	1.446 e ⁻⁰³	
		3ª	35.4	1.221 e ⁻⁰⁵	7.08	2.441 e ⁻⁰⁶	1.465 e ⁻⁰⁵	
		4ª	24295.0	0.011	4859.00	2.234 e ⁻⁰³	0.013	
		5ª	28635.0	0.020	5727.00	3.950 e ⁻⁰³	0.024	
		6ª	30800.0	0.042	6160.00	8.496 e ⁻⁰³	0.050	
	Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	679000.0	0.156	135800.0	0.031	0.187	
		2ª	555520.0	0.153	111104.0	0.031	0.184	
		3ª	624810.0	0.215	124962.0	0.043	0.258	
		4ª	841850.0	0.387	168370.0	0.077	0.464	
		5ª	670225.0	0.462	134045.0	0.092	0.554	
		6ª	532000.0	0.734	106400.0	0.147	0.881	
	Nº12 (Duzce 1)	1ª	158375.0	0.036	31675.0	7.282 e ⁻⁰³	0.043	
		2ª	105280.0	0.029	21056.0	5.808 e ⁻⁰³	0.035	
		3ª	63808.5	0.022	12761.7	4.400 e ⁻⁰³	0.026	
		4ª	50850.0	0.023	10170.0	4.676 e ⁻⁰³	0.028	
		5ª	45650.0	0.031	9130.0	6.296 e ⁻⁰³	0.037	
		6ª	25200.0	0.035	5040.0	6.952 e ⁻⁰³	0.042	
III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	857500.0	0.197	171500.0	0.039	0.236	
		2ª	772800.0	0.213	154560.0	0.043	0.256	
		3ª	690300.0	0.238	138060.0	0.048	0.286	
		4ª	627150.0	0.288	125430.0	0.058	0.346	
		5ª	539500.0	0.372	107900.0	0.074	0.446	
		6ª	476000.0	0.656	95200.0	0.131	0.787	

5.6. COMPARACIÓN DE LAS DISTRIBUCIONES DE RESISTENCIA OBTENIDAS CON FÓRMULAS PROPUESTAS EN LA LITERATURA

En este apartado se comparan las distribuciones de resistencia lateral total requeridas en cada planta de la estructura para que satisfaga el requisito de desplazamiento máximo entre plantas establecido (0.5%), con la distribución óptima propuesta por Akiyama (1985). En estas distribuciones la resistencia lateral total se ha expresado en forma de coeficiente de fuerza cortante α_i . La distribución de resistencia entre las plantas viene dada por los cocientes α_i / α_1 de cada planta. Aquí, α_1 es el coeficiente de fuerza cortante total de la planta más baja.

La distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia fue definida por Akiyama como aquella que hace que la energía de deformación plástica acumulada, normalizada por el desplazamiento y la fuerza de fluencia de la planta, valga lo mismo en todas ellas. La distribución óptima de Akiyama viene dada por las siguientes expresiones:

Para $x \leq 0,2$:

$$\alpha_{i \text{ óptima}} / \alpha_1 = 1 + 0,5x \quad (5.6.1)$$

Para $x > 0,2$:

$$\alpha_{i \text{ óptima}} / \alpha_1 = 1 + 1,5927x - 11,852x^2 + 42,583x^3 - 59,48x^4 + 30,16x^5 \quad (5.6.2)$$

Siendo $x = (i-1)/N$, donde i es el número de la planta y N el número total de plantas.

5.6.1 Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia definida por Akiyama α_i / α_1 para una estructura de tres plantas

Planta 3ª:

$$x = (i-1)/N = (3-1)/3 = 0,667 > 0,2$$

$$\alpha_3 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(3-1)/3 - 11,852[(3-1)/3]^2 + 42,583[(3-1)/3]^3 - 59,48[(3-1)/3]^4 + 30,16[(3-1)/3]^5 \Rightarrow$$

$$\alpha_3 / \alpha_1 = 1,634$$

Planta 2ª:

$$x = (i-1)/N = (2-1)/3 = 0,333 > 0,2$$

$$\alpha_2 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(2-1)/3 - 11,852[(2-1)/3]^2 + 42,583[(2-1)/3]^3 - 59,48[(2-1)/3]^4 + 30,16[(2-1)/3]^5 \Rightarrow$$

$$\alpha_2 / \alpha_1 = 1,181$$

Planta 1ª:

$$x = (i-1)/N = (1-1)/3 = 0 < 0,2$$

$$\alpha_1 / \alpha_1 = 1 + 0,5(1-1)/3 \Rightarrow \alpha_1 / \alpha_1 = 1$$

5.6.2 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma Nº1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 3,641e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,013$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 8,193e^{-04}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 3,641e^{-05} / 8,193e^{-04} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,044$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,013 / 8,193e^{-04} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 15,867$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma Nº4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,040$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,067$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 8,193e^{-05}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,040 / 8,193e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 488,222$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,067 / 8,193e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 817,771$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma Nº5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 4,552e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,011$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 6,172e^{-03}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 4,552e^{-05} / 6,172e^{-03} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 7,375e^{-03}$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,011 / 6,172e^{-03} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,782$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

En las figuras 5.6.1 a 5.6.14 se representa la distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1 , siendo α_i el coeficiente de fuerza cortante total de planta obtenido en el apartado 5.5 de este capítulo y α_1 el coeficiente de fuerza cortante total de la planta más baja. Sobre estas figuras se dibuja la distribución óptima de Akiyama que viene dada por las expresiones (5.6.1) y (5.6.2).

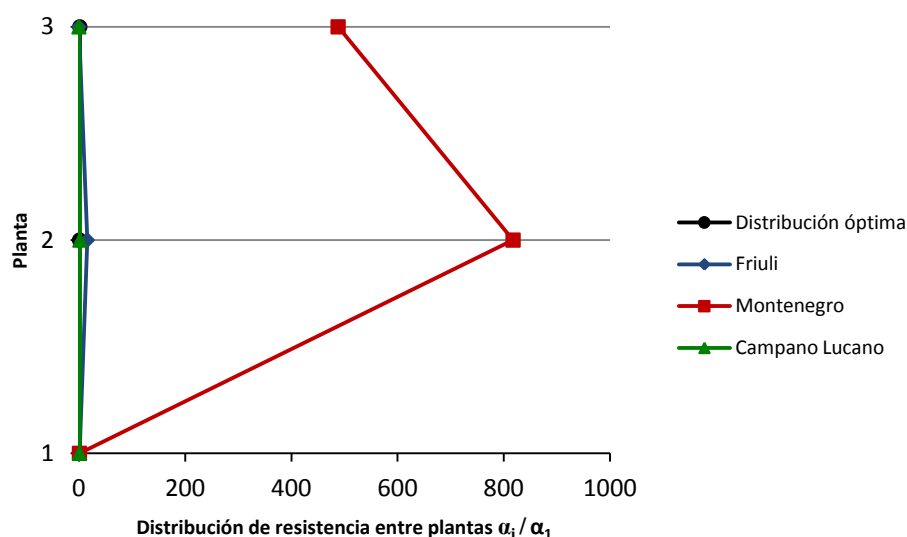


Fig. 5.6.1: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.6.3 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano α_i / α_1

▪ Acelerograma Nº1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 4,552e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,010$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 2,185e^{-04}$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 4,552e^{-05} / 2,185e^{-04} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,208$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,010 / 2,185e^{-04} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 45,766$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

▪ Acelerograma Nº14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 0,203$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,167$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 0,133$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 0,203 / 0,133 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,526$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,167 / 0,133 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,256$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

Representación gráfica

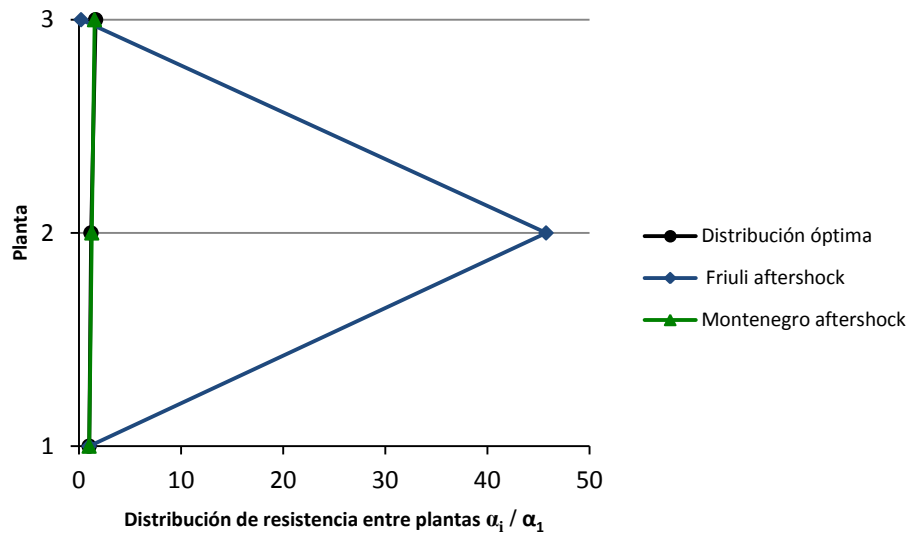


Fig. 5.6.2: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.6.4 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,019$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,036$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 4,915e^{-03}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,019 / 4,915e^{-03} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 3,866$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,036 / 4,915e^{-03} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 7,324$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,911$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,422$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,258$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,911 / 0,258 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 3,531$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,422 / 0,258 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,636$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

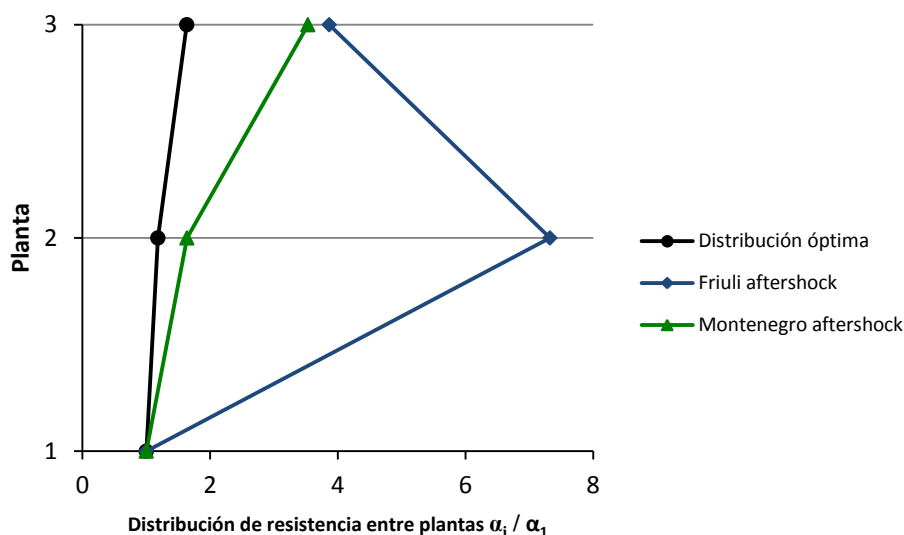


Fig. 5.6.3: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

5.6.5 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1

- **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$**

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,284$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,264$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,197$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,284 / 0,197 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,442$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,264 / 0,197 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,340$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

- **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,020$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,051$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 2,731e^{-05}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,020 / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 732,332$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,051 / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1867,448$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,098$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,116$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,052$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,098 / 0,052 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,885$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,116 / 0,052 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 2,231$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

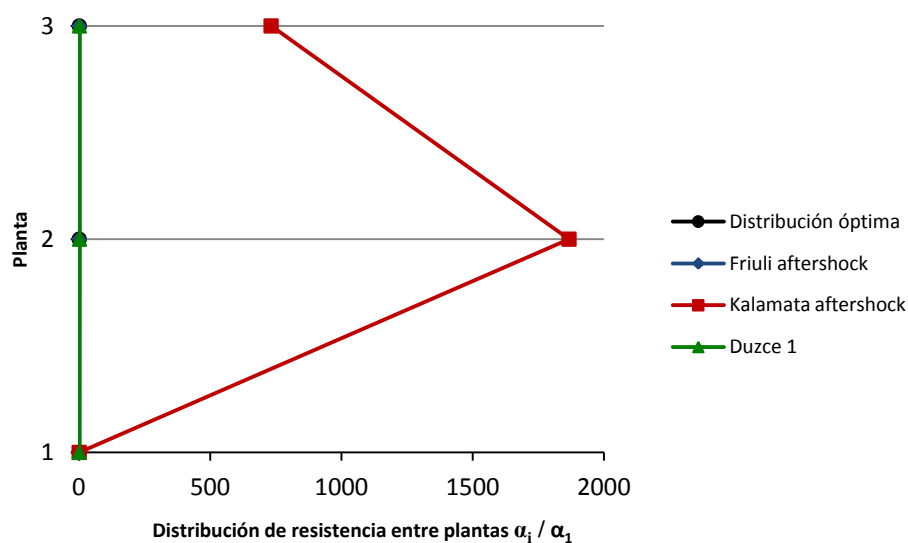


Fig. 5.6.4: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.6.6 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 4,552e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,032$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 2,731e^{-05}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 4,552e^{-05} / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,667$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,032 / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1171,732$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma Nº14 (Ano Liosia) $\Delta=14\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 4,552e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,010$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 2,731e^{-05}$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 4,552e^{-05} / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,667$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,010 / 2,731e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 366,166$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

Representación gráfica

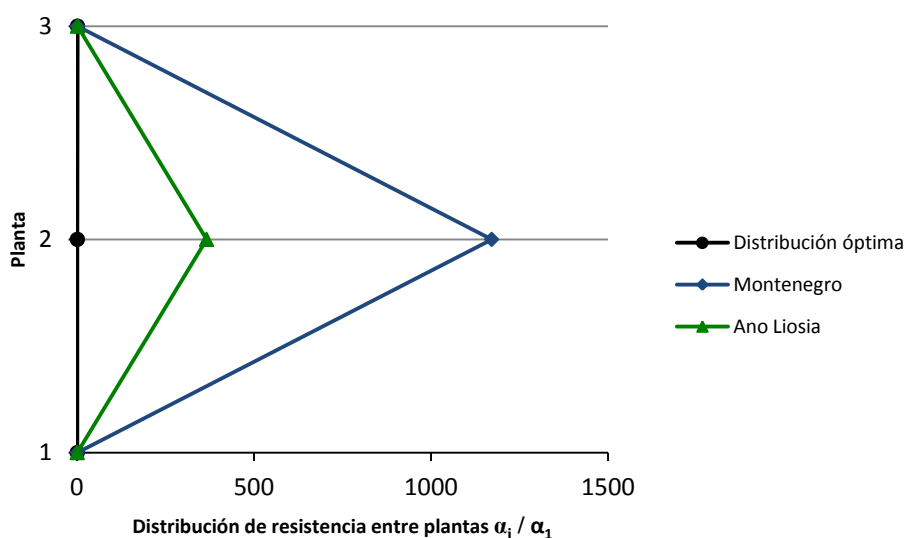


Fig. 5.6.5: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa2pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

5.6.7 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma Nº1 (Friuli) $\Delta=27\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 5,215e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 3,084e^{-05}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 2,854e^{-05}$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 5,215e^{-05} / 2,854e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,827$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 3,084e^{-05} / 2,854e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,080$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

▪ **Acelerograma N°4 (Montenegro) $\Delta=65\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,346$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,392$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,232$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,346 / 0,232 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,491$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,392 / 0,232 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,690$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) $\Delta=32\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 5,316e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 2,786e^{-05}$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 1,819e^{-04}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 5,316e^{-05} / 1,819e^{-04} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,292$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 2,786e^{-05} / 1,819e^{-04} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,153$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

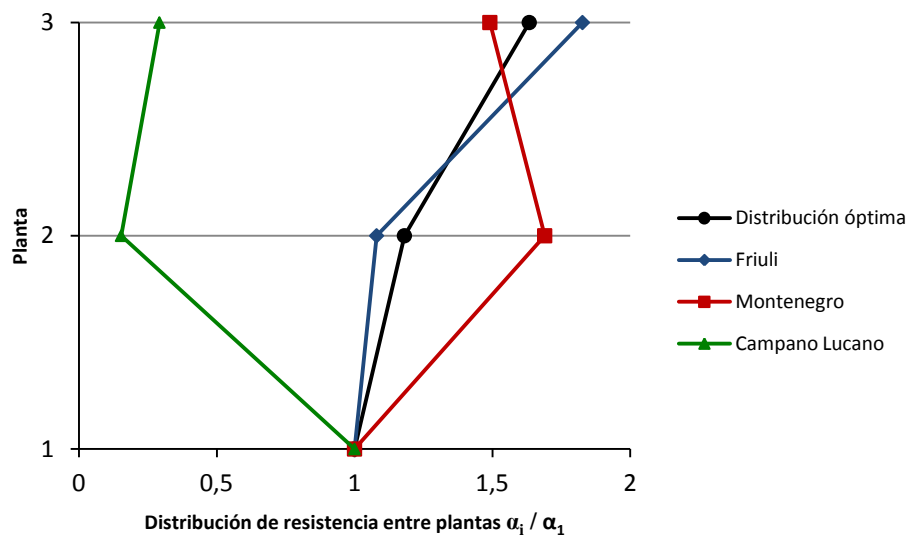


Fig. 5.6.6: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.6.8 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano α_i / α_1

▪ Acelerograma Nº1 (Friuli aftershock) $\Delta=3\text{Km}$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 5,848e^{-04}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 1,885e^{-03}$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 2,405e^{-04}$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 5,848e^{-04} / 2,405e^{-04} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 2,432$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 1,885e^{-03} / 2,405e^{-04} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 7,838$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

▪ Acelerograma Nº14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 5,316e^{-05}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,047$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 2,186e^{-05}$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 5,316e^{-05} / 2,186e^{-05} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 2,432$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,047 / 2,186e^{-05} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 2150,046$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

Representación gráfica

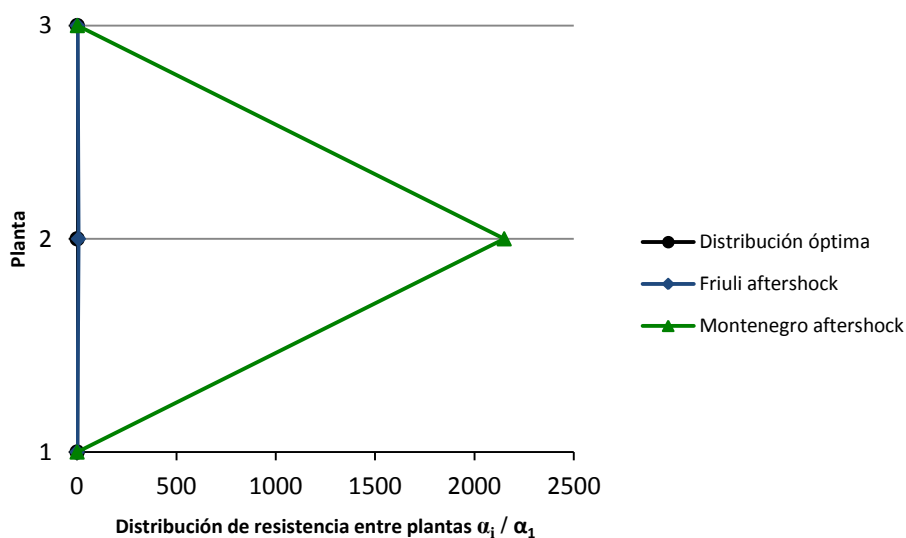


Fig. 5.6.7: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.6.9 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

$$\alpha_i / \alpha_1$$

▪ **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=16\text{Km}$**

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,382$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,432$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,256$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,382 / 0,256 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,492$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,432 / 0,256 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,687$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°12 (Montenegro aftershock) $\Delta=33\text{Km}$**

Coeficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,569$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,427$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,287$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,569 / 0,287 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,982$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,427 / 0,287 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,488$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

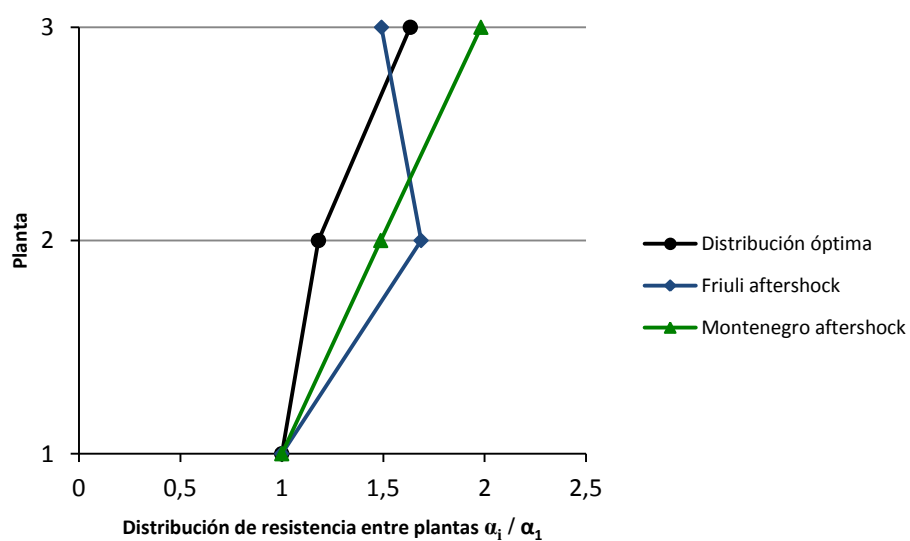


Fig. 5.6.8: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo II, campo lejano

5.6.10 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1

▪ **Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,242$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,240$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,199$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,242 / 0,199 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,216$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,240 / 0,199 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,206$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,047$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,041$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,018$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,047 / 0,018 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 2,611$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,041 / 0,018 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 2,278$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,087$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,114$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,079$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,087 / 0,079 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,101$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,114 / 0,079 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,443$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

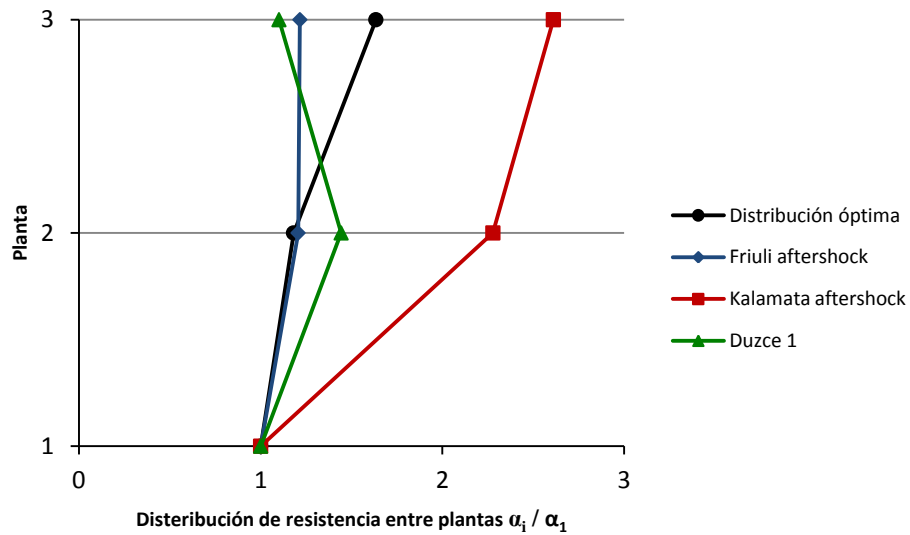


Fig. 5.6.9: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.6.11 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$**

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,103$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,125$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,098$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,103 / 0,098 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,051$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,125 / 0,098 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,275$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°14 (Ano Liosia) $\Delta=14\text{Km}$**

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 3ª: $\alpha_3 = 5,316e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 3,142e^{-05}$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 2,689e^{-03}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 5,316e^{-05} / 2,689e^{-03} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,020$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 3,142e^{-05} / 2,689e^{-03} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,012$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

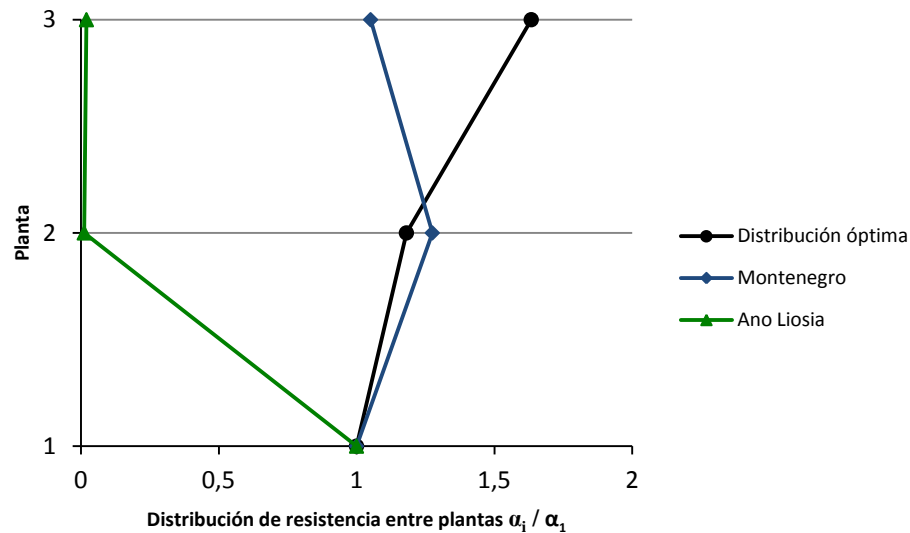


Fig. 5.6.10: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa4pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

5.6.12 Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia definida por Akiyama α_i / α_1 para una estructura de seis plantas

Planta 6ª:

$$x = (i-1)/N = (6-1)/6 = 0,833 > 0,2$$

$$\alpha_6 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(6-1)/6 - 11,852[(6-1)/6]^2 + 42,583[(6-1)/6]^3 - 59,48[(6-1)/6]^4 + 30,16[(6-1)/6]^5 \Rightarrow$$

$$\underline{\alpha_6 / \alpha_1 = 2,176}$$

Planta 5ª:

$$x = (i-1)/N = (5-1)/6 = 0,667 > 0,2$$

$$\alpha_5 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(5-1)/6 - 11,852[(5-1)/6]^2 + 42,583[(5-1)/6]^3 - 59,48[(5-1)/6]^4 + 30,16[(5-1)/6]^5 \Rightarrow$$

$$\underline{\alpha_5 / \alpha_1 = 1,634}$$

Planta 4ª:

$$x = (i-1)/N = (4-1)/6 = 0,5 > 0,2$$

$$\alpha_4 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(4-1)/6 - 11,852[(4-1)/6]^2 + 42,583[(4-1)/6]^3 - 59,48[(4-1)/6]^4 + 30,16[(4-1)/6]^5 \Rightarrow$$

$$\underline{\alpha_4 / \alpha_1 = 1,381}$$

Planta 3ª:

$$x = (i-1)/N = (3-1)/6 = 0,333 > 0,2$$

$$\alpha_3 / \alpha_1 = 1 + 1,5927(3-1)/6 - 11,852[(3-1)/6]^2 + 42,583[(3-1)/6]^3 - 59,48[(3-1)/6]^4 + 30,16[(3-1)/6]^5 \Rightarrow$$

$$\underline{\alpha_3 / \alpha_1 = 1,181}$$

Planta 2ª:

$$x = (i-1)/N = (2-1)/6 = 0,167 < 0,2$$

$$\alpha_2 / \alpha_1 = 1 + 0,5(2-1)/6 \Rightarrow \underline{\alpha_2 / \alpha_1 = 1,083}$$

Planta 1ª:

$$x = (i-1)/N = (1-1)/6 = 0 < 0,2$$

$$\alpha_1 / \alpha_1 = 1 + 0,5(1-1)/6 \Rightarrow \underline{\alpha_1 / \alpha_1 = 1}$$

5.6.13 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

$$\alpha_i / \alpha_1$$

▪ **Acelerograma N°4 (Montenegro) Δ=65Km**

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 6ª: $\alpha_6 = 0,510$

Planta 5ª: $\alpha_5 = 0,412$

Planta 4ª: $\alpha_4 = 0,224$

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,209$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,174$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,147$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 6ª: $\alpha_6 / \alpha_1 = 0,510/0,147 \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 3,469$

Planta 5ª: $\alpha_5 / \alpha_1 = 0,412/0,147 \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 2,803$

Planta 4ª: $\alpha_4 / \alpha_1 = 0,224/0,147 \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 1,524$

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,209/0,147 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,422$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,174/0,147 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,184$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

▪ **Acelerograma N°5 (Campano Lucano) Δ=32Km**

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 6ª: $\alpha_6 = 4,171e^{-05}$

Planta 5ª: $\alpha_5 = 5,495e^{-03}$

Planta 4ª: $\alpha_4 = 3,117e^{-03}$

Planta 3ª: $\alpha_3 = 3,662e^{-03}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 3,708e^{-03}$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 6,035e^{-03}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 / \alpha_1 = 4,171e^{-05} / 6,035e^{-03} \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 6,911e^{-03}$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 / \alpha_1 = 5,495e^{-03} / 6,035e^{-03} \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 0,910$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 / \alpha_1 = 3,117e^{-03} / 6,035e^{-03} \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 0,516$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 3,662e^{-03} / 6,035e^{-03} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,607$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 3,708e^{-03} / 6,035e^{-03} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,614$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

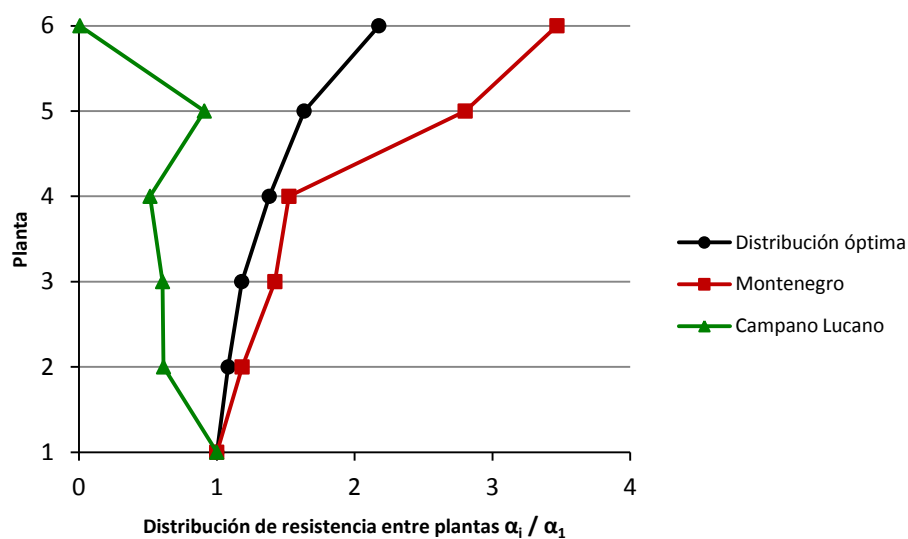
Representación gráfica

Fig. 5.6.11: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo I, campo lejano

5.6.14 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano
 α_i / α_1

▪ **Acelerograma Nº14 (Montenegro aftershock) $\Delta=8\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = 0,120$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = 0,096$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = 0,114$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 0,088$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,089$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 0,096$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 / \alpha_1 = 0,120 / 0,096 \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 1,250$$

Planta 5ª: $\alpha_5 / \alpha_1 = 0,096 / 0,096 \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 1,000$

Planta 4ª: $\alpha_4 / \alpha_1 = 0,114 / 0,096 \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 1,187$

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,088 / 0,096 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,917$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,089 / 0,096 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,927$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

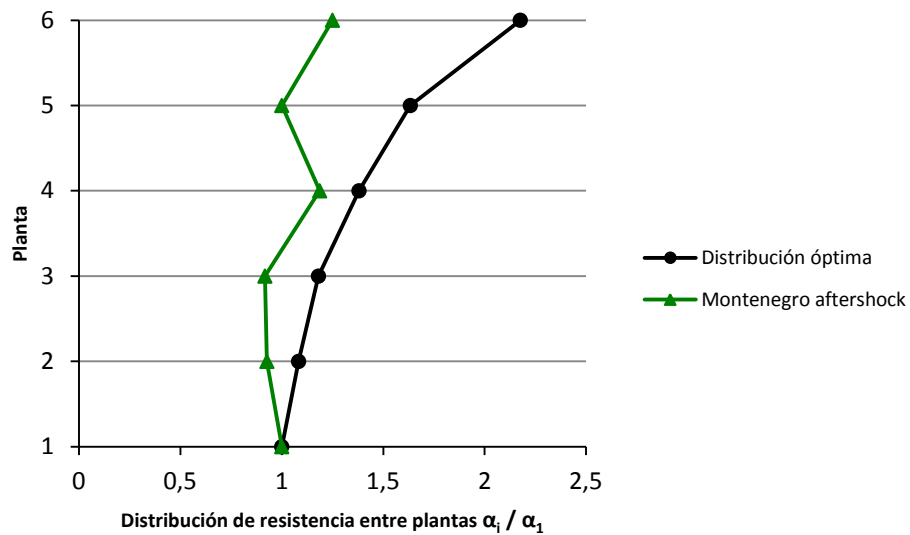


Fig. 5.6.12: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo II, campo cercano

5.6.15 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano α_i / α_1

▪ Acelerograma N°2 (Friuli aftershock) $\Delta=10\text{Km}$

Coficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 6ª: $\alpha_6 = 0,050$

Planta 5ª: $\alpha_5 = 0,024$

Planta 4ª: $\alpha_4 = 0,013$

Planta 3ª: $\alpha_3 = 1,465e^{-05}$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 1,446e^{-03}$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 6,517e^{-03}$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 6ª: $\alpha_6 / \alpha_1 = 0,050 / 6,517e^{-03} \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 7,672$

Planta 5ª: $\alpha_5 / \alpha_1 = 0,024 / 6,517e^{-03} \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 3,683$

Planta 4ª: $\alpha_4 / \alpha_1 = 0,013 / 6,517e^{-03} \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 1,995$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 1,465e^{-05} / 6,517e^{-03} \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 2,248e^{-03}$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 1,446e^{-03} / 6,517e^{-03} \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,222$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

▪ **Acelerograma N°6 (Kalamata aftershock) $\Delta=3\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = 0,881$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = 0,554$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = 0,464$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 0,258$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,184$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 0,187$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 / \alpha_1 = 0,881 / 0,187 \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 4,711$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 / \alpha_1 = 0,554 / 0,187 \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 2,962$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 / \alpha_1 = 0,464 / 0,187 \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 2,481$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 0,258 / 0,187 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,380$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,184 / 0,187 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,984$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

▪ **Acelerograma N°12 (Duzce 1) $\Delta=8\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 = 0,042$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 = 0,037$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 = 0,028$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 = 0,026$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 = 0,035$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 = 0,043$$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

$$\text{Planta 6ª: } \alpha_6 / \alpha_1 = 0,042 / 0,043 \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 0,977$$

$$\text{Planta 5ª: } \alpha_5 / \alpha_1 = 0,037 / 0,043 \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 0,860$$

$$\text{Planta 4ª: } \alpha_4 / \alpha_1 = 0,028 / 0,043 \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 0,651$$

$$\text{Planta 3ª: } \alpha_3 / \alpha_1 = 0,026 / 0,043 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 0,605$$

$$\text{Planta 2ª: } \alpha_2 / \alpha_1 = 0,035 / 0,043 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 0,814$$

$$\text{Planta 1ª: } \alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$$

Representación gráfica

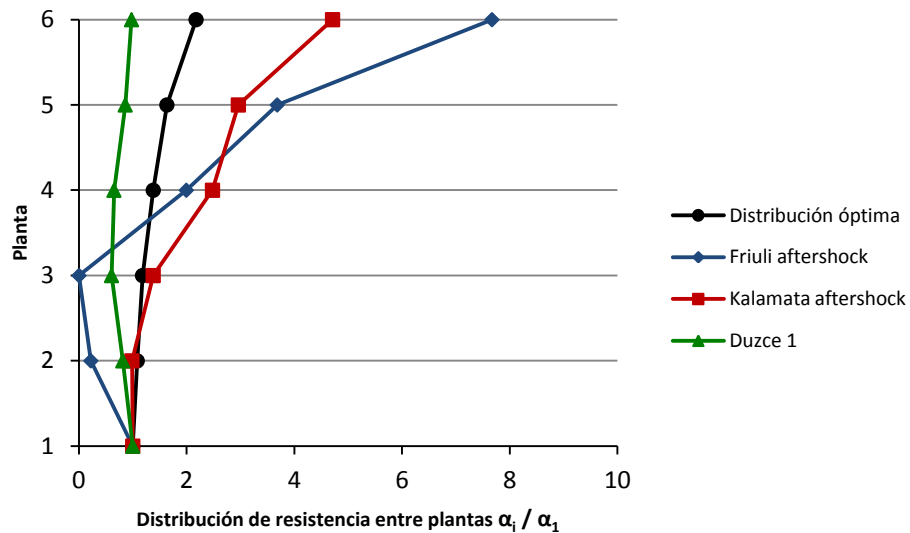


Fig. 5.6.13: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo cercano

5.6.16 Distribución de resistencia entre plantas para el pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano α_i / α_1

▪ **Acelerograma N°3 (Montenegro) $\Delta=24\text{Km}$**

Coefficiente de fuerza cortante total de planta α_i

Planta 6ª: $\alpha_6 = 0,787$

Planta 5ª: $\alpha_5 = 0,446$

Planta 4ª: $\alpha_4 = 0,346$

Planta 3ª: $\alpha_3 = 0,286$

Planta 2ª: $\alpha_2 = 0,256$

Planta 1ª: $\alpha_1 = 0,236$

Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1

Planta 6ª: $\alpha_6 / \alpha_1 = 0,787 / 0,236 \Rightarrow \alpha_6 / \alpha_1 = 3,335$

Planta 5ª: $\alpha_5 / \alpha_1 = 0,446 / 0,236 \Rightarrow \alpha_5 / \alpha_1 = 1,890$

Planta 4ª: $\alpha_4 / \alpha_1 = 0,346 / 0,236 \Rightarrow \alpha_4 / \alpha_1 = 1,466$

Planta 3ª: $\alpha_3 / \alpha_1 = 0,286 / 0,236 \Rightarrow \alpha_3 / \alpha_1 = 1,212$

Planta 2ª: $\alpha_2 / \alpha_1 = 0,256 / 0,236 \Rightarrow \alpha_2 / \alpha_1 = 1,085$

Planta 1ª: $\alpha_1 / \alpha_1 = 1,000$

Representación gráfica

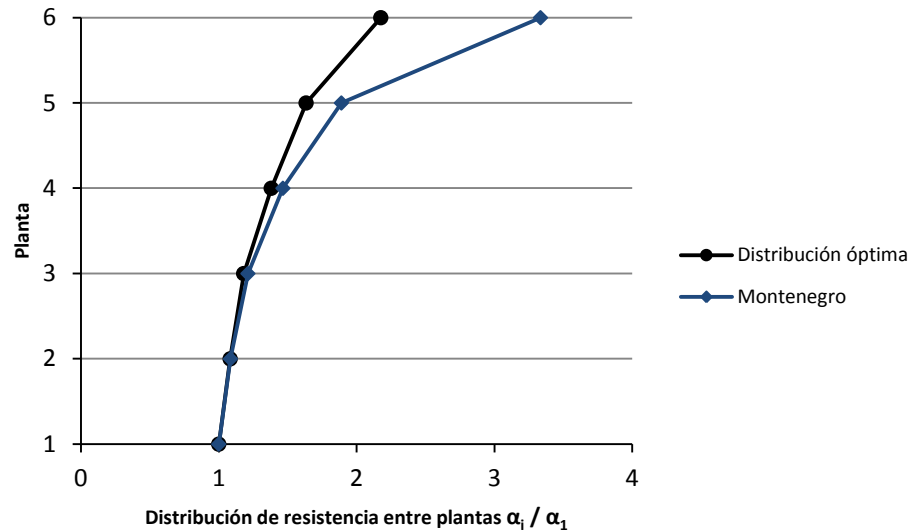


Fig. 5.6.14: Comparación de las distribuciones de resistencia, pórtico pa6pz2-1, suelo tipo III, campo lejano

5.6.17 Valoración general

Se observa que las curvas obtenidas en este estudio se alejan bastante de la distribución propuesta por Akiyama para los acelerogramas: N°4 Montenegro, campo lejano (2ª y 3ª planta) Fig. 5.6.1; N°1 Friuli aftershock, campo cercano (2ª planta) Fig. 5.6.2; N°6 Kalamata aftershock, campo cercano (2ª y 3ª planta) Fig. 5.6.4; N°3 Montenegro, campo lejano (2ª planta) Fig. 5.6.5; N°14 Ano Liosia, campo lejano (2ª planta) Fig. 5.6.5 y por último el N° 14 Montenegro aftershock, campo cercano (2ª planta) Fig. 5.6.7.

Las mayores desviaciones entre la distribución obtenida y la propuesta por Akiyama se producen en sismos que requieren unos coeficientes cortantes basales extremadamente pequeño y por lo tanto su comportamiento no se puede considerar representativo. En los sismos que requieren un cortante basal mayor (digamos superior a 0.05 aproximadamente), las distribuciones obtenidas tienden a acercarse a la óptima planteada por Akiyama.

Tabla 5.6.1: Distribución de resistencia entre plantas para cada pórtico y tipo de suelo y distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia propuesta por Akiyama

Pórtico	Tipo de suelo	Acelerograma	Planta	Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1	Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia (Akiyama) $\alpha_{i\text{ óptima}} / \alpha_1$
pa2pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	1.000	1.000
			2ª	15.867	1.181
			3ª	0.044	1.634
		Nº4 (Montenegro)	1ª	1.000	1.000
			2ª	817.771	1.181
			3ª	488.222	1.634
		Nº5 (Campano Lucano)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.782	1.181
			3ª	7.375 e ⁻⁰³	1.634
	II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	45.766	1.181
			3ª	0.208	1.634
		Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.256	1.181
			3ª	1.526	1.634
	II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	3.866	1.000
			2ª	7.324	1.181
			3ª	0.044	1.634
		Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	1.000	1.000
	2ª		1.636	1.181	
	3ª		3.531	1.634	
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.340	1.181
			3ª	1.442	1.634
Nº6 (Kalamata aftershock)		1ª	1.000	1.000	
		2ª	1867.448	1.181	
		3ª	732.332	1.634	
Nº12 (Duzce 1)	1ª	1.000	1.000		
	2ª	2.231	1.181		
	3ª	1.885	1.634		
III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	1171.732	1.181	
		3ª	1.667	1.634	
	Nº14 (Ano Liosia)	1ª	1.000	1.000	
2ª		366.166	1.181		
3ª		1.667	1.634		
pa4pz2-1	I Campo lejano	Nº1 (Friuli)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.080	1.181
			3ª	1.827	1.634
		Nº4 (Montenegro)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.690	1.181
			3ª	1.491	1.634
	Nº5 (Campano Lucano)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	0.153	1.181	
		3ª	0.292	1.634	
II Campo cercano	Nº1 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	7.838	1.181	
		3ª	2.432	1.634	

Pórtico	Tipo de suelo	Acelerograma	Planta	Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1	Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia (Akiyama) $\alpha_{i\text{óptima}} / \alpha_1$
pa4pz2-1	II Campo cercano	Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	2150.046	1.181
			3ª	2.432	1.634
	II Campo lejano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.687	1.181
			3ª	1.492	1.634
		Nº12 (Montenegro aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.488	1.181
			3ª	1.982	1.634
	III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.206	1.181
			3ª	1.216	1.634
		Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	2.278	1.181
			3ª	2.611	1.634
	Nº12 (Duzce 1)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	1.433	1.181	
		3ª	1.101	1.634	
III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	1.275	1.181	
	Nº14 (Ano Liosia)	3ª	1.051	1.634	
		1ª	1.000	1.000	
pa6pz2-1	I Campo lejano	Nº4 (Montenegro)	2ª	1.184	1.083
			3ª	1.422	1.181
			4ª	1.524	1.381
			5ª	2.803	1.634
			6ª	3.469	2.176
			Nº5 (Campano Lucano)	1ª	1.000
	2ª	0.614		1.083	
	3ª	0.607		1.181	
	4ª	0.516		1.381	
	5ª	0.910		1.634	
	6ª	6.911 e ⁻⁰³		2.176	
	II Campo cercano	Nº14 (Montenegro aftershock)	1ª	1.000	1.000
2ª			0.927	1.083	
3ª			0.917	1.181	
4ª			1.187	1.381	
5ª			1.000	1.634	
6ª			1.250	2.176	
III Campo cercano	Nº2 (Friuli aftershock)	1ª	1.000	1.000	
		2ª	0.222	1.083	
		3ª	2.248 e ⁻⁰³	1.181	
		4ª	1.195	1.381	
		5ª	3.687	1.634	
		6ª	7.672	2.176	

Pórtico	Tipo de suelo	Acelerograma	Planta	Distribución de resistencia entre plantas α_i / α_1	Distribución óptima del coeficiente de fuerza cortante de fluencia (Akiyama) $\alpha_{i\text{ óptima}} / \alpha_1$
pa6pz2-1	III Campo cercano	Nº6 (Kalamata aftershock)	1ª	1.000	1.000
			2ª	0.984	1.083
			3ª	1.380	1.181
			4ª	2.481	1.381
			5ª	2.962	1.634
			6ª	4.711	2.176
		Nº12 (Duzce 1)	1ª	1.000	1.000
			2ª	0.814	1.083
			3ª	0.605	1.181
			4ª	0.651	1.381
			5ª	0.860	1.634
			6ª	0.977	2.176
	III Campo lejano	Nº3 (Montenegro)	1ª	1.000	1.000
			2ª	1.085	1.083
			3ª	1.212	1.181
			4ª	1.466	1.381
			5ª	1.890	1.634
			6ª	3.335	2.176

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES

6.1. RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO

El objetivo general de este trabajo ha sido investigar el uso de los disipadores de energía de tipo histerético para reacondicionar sísmicamente estructuras porticadas existentes de hormigón armado con vigas planas. Concretamente, el trabajo se ha centrado en determinar la resistencia mínima que deberían tener los disipadores de energía histeréticos colocados en cada una de las plantas de estructuras porticadas existentes con vigas planas a reacondicionar sísmicamente, para que bajo el terremoto de proyecto sean capaces de limitar los desplazamientos máximos entre plantas a unos valores preestablecidos. Como objetivo de desplazamiento máximo entre plantas se fijó el 0,5%, que es un valor que garantiza que la estructura principal se va a mantener básicamente dentro del dominio elástico, y por lo tanto sin daños.

Se han definido tres prototipos de pórticos con vigas planas de estructuras existentes de hormigón armado, construidos en los años 70-90, empleados con mucha frecuencia en países del área mediterránea como España. Estos prototipos han servido de base para aplicar la estrategia de reacondicionamiento sísmico con disipadores de energía de tipo histerético. La metodología aplicada ha consistido en varias partes que se describen brevemente a continuación.

En primer lugar, se ha elegido un conjunto de terremotos históricos de diferentes características y registrados en distintos tipos de suelo, y se han escalado con un determinado criterio para que representen la sismicidad de la región donde se han supuesto ubicadas las estructuras estudiadas. En esta investigación se seleccionó inicialmente un total de 18 terremotos históricos registrados en Europa.

En segundo lugar, los tres prototipos seleccionados se dimensionaron y modelizaron para poder ser analizados con el programa de análisis no lineal en dos dimensiones IDARC versión 7, que permite realizar tanto cálculos dinámicos directos como cálculos estáticos no lineales aplicando el método del empuje incremental (pushover analysis).

Se realizaron cálculos estáticos no lineales aplicando el método del empuje incremental (pushover analysis) con control en fuerzas y empleando el primer modo de vibración para obtener la curva de capacidad global de cada pórtico. De esta forma, para cada planta de cada pórtico se obtuvo la relación entre fuerza cortante de la planta y el desplazamiento entre forjados que la delimitan. De estas últimas curvas se obtuvo la rigidez inicial y el desplazamiento de fluencia de cada planta.

A los modelos numéricos de los pórticos con vigas planas se les añadieron disipadores de energía de tipo histerético en cada planta. La determinación de la resistencia lateral requerida a los disipadores se hizo en base a cálculos dinámicos directos iterativos, modificando el desplazamiento de fluencia de los disipadores y manteniendo fija la rigidez axial del mismo, con el objetivo de que el

desplazamiento lateral máximo de las plantas se mantuviese dentro de los límites fijados. Para realizar estas iteraciones se decidió automatizar el programa LumpST mediante la aplicación del módulo de optimización de Matlab, para agilizar los cálculos.

Obtenidos los desplazamientos de fluencia de los disipadores, se ha calculado la resistencia lateral de los disipadores de cada una de las plantas de los modelos estructurales estudiados y el coeficiente cortante de fluencia aportado por los disipadores en cada planta de cada uno de los pórticos. Se ha determinado también la resistencia lateral aportada por el pórtico principal (sin disipadores) en cada planta, y se ha expresado en forma de coeficiente de fuerza cortante (normalizando por el peso del edificio por encima de la planta considerada). Finalmente se ha obtenido el coeficiente de fluencia cortante total como suma del coeficiente de fluencia cortante aportado por los disipadores de cada planta, y el coeficiente de fuerza cortante desarrollado por el pórtico principal, con el objetivo de compararlo con distribuciones de coeficiente de fuerza cortante óptimos propuestos en la literatura.

6.2. CONCLUSIONES

- Con este trabajo hemos profundizado en el proyecto de estructuras porticadas con vigas planas reacondicionadas sísmicamente con disipadores de energía de tipo hysterético, como solución para reducir su vulnerabilidad.
- La primera conclusión de este trabajo es que los disipadores de energía son una solución eficiente y válida para disipar la energía sísmica en estructuras existentes y controlar con ello los desplazamientos laterales.
- Se puede concluir también que los desplazamientos laterales máximos entre plantas de las estructuras analizadas son tremendamente sensibles a pequeñas variaciones de la distribución de resistencia lateral entre las distintas plantas del edificio, y dependen también fuertemente de las características del terremoto. Dentro de esta elevada sensibilidad de los desplazamientos a la resistencia lateral y a las características del terremoto, en este trabajo, los mejores ajustes a los desplazamientos objetivo se consiguieron con los terremotos registrados en suelo de tipo III (suelo medio).
- De los modelos analizados, los dos que corresponden a edificios de tres plantas (pa2pz2-1 y pa4pz2-1) y a pesar de ser similares (el pórtico pa2pz2-1 tiene un periodo fundamental de vibración sin disipador de $\bar{T}_1 = 1,366s$ y con disipador $T_1 = 0,558s$ y para el pórtico pa4pz2-1 los periodos valen $\bar{T}_1 = 1,391s$ y con disipador $T_1 = 0,568s$), se observa una clara diferencia en la distribución de la resistencia lateral requerida.
- Aunque los acelerogramas están escalados a una misma aceleración básica del suelo modificada por el tipo de suelo PGA, (PGA=200cm/s² para el suelo tipo I, PGA=230.5cm/s² para el suelo tipo II y PGA=261.4cm/s² para el suelo tipo III), se ha comprobado que la cantidad total de energía que introducen en un misma estructura terremotos distintos escalados una misma PGA varía mucho de unos a otros. Esto apoya el hecho, bien conocido y tratado en la literatura, de que la PGA no es un parámetro adecuado para caracterizar el potencial de daño de un terremoto. El

daño está relacionado con las deformaciones plásticas, y éstas dependen de la energía que el terremoto introduce en la estructura, más que de la PGA.

- Finalmente, se han comparado las distribuciones de resistencia lateral obtenidas de los cálculos dinámicos realizados con distribuciones óptimas propuestas en la literatura (concretamente la distribución propuesta por Akiyama en los años 80), observándose que en algunos casos el ajuste es aceptable, pero en otros se observan desviaciones importantes.

6.3. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

Debido a la complejidad y amplitud del fenómeno tratado, este trabajo no pretende abarcar en su totalidad el problema de proyectar soluciones de reacondicionamiento sísmico de estructuras porticadas con vigas planas con disipadores de energía, y evaluar su comportamiento sísmico. Este trabajo es un primer eslabón, que abre el campo de investigación a una serie de líneas futuras entre las que se pueden citar las siguientes:

Una de las líneas de trabajo futuras a desarrollar dentro de la parte teórica sería complementar este estudio realizando un diseño probabilístico de las estructuras con disipadores.

Otra línea de investigación sería la aplicación de disipadores de energía en otros tipos de estructuras, por ejemplo de mampostería, metálicas, de hormigón armado con forjados reticulares, etc. pues en este trabajo sólo se han considerado pórticos de vigas planas de hormigón armado del tipo empleado en España durante los años 70-90.

CAPÍTULO 7

REFERENCIAS

- [1] España. Ministerio de Planificación del Desarrollo (1974) Norma Sismorresistente PDS-1 Parte A.
- [2] España. Ministerio de Planificación del Desarrollo (2002) Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. Madrid.
- [3] European Strong Motion Database – Imperial College, London; (<http://www.isesd.hi.is/>).
- [4] Yukihiro Haranda, Hiroshi Akiyama (1998) Seismic design of flexible-stiff mixed frame with energy concentration. *Engineering Structures*, Vol. 20, No. 12, pp. 1039-1044.
- [5] Gentry RG, Wight JK (1994) Wide beam-column connections under earthquake-type loading. *Earthquake Spectra*, 10(4): 675-703.
- [6] LaFave JM, Wight JK (1999) Reinforced Concrete Exterior Wide Beam-Column-Slab Connections Subjected to Lateral Earthquake Loading. *ACI Structural Journal*, 96(4): 577-585.
- [7] ACI Committee 318 (1995) Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI-318-95) and Commentary (ACI-318R-95). American Concrete Institute: Farmington Hills (MI), USA.
- [8] LaFave JM, Wight JK (2001) Reinforced Concrete Wide-Beam Construction vs. Conventional Construction: Resistance to Lateral Earthquake Loads. *Earthquake Spectra*, 17(3): 479-505.
- [9] Benavent-Climent A (2007) Seismic behavior of RC wide beam-column connections under dynamic loading. *Journal of Earthquake Engineering*, 11(4): 493-511.
- [10] España. Ministerio de Obras Públicas (1991) Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (EH-91).
- [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_search_%28optimization%29
- [12] M. Feriche, F. Vidal, C. Aranda. Efectos del terremoto de Lorca del 11-05-2011.
- [13] España. Ministerio de Obras públicas (1994) Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-94.
- [14] Hiroshi Akiyama. Metodología de proyecto sismorresistente de edificios basada en el balance energético. Ed. Reverté S.A.

[15] Benavent-Climent A (2010) Estructuras sismorresistentes. Edit. Maia

[16] IDARC 2D Version 7.0 Jan. 2010. USER'S GUIDE

[17] <http://www.mathworks.es/help/toolbox/gads/f6010.html>

[18] Benavent-Climent A (2011) An energy-based method for seismic retrofit of existing frames using hysteretic dampers. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, pp. 1385-1396.

[19] Benavent-Climent A (2010) A brace-type seismic damper based on yielding the walls of hollow structural sections. Engineering Structures, pp. 1113-1122.

