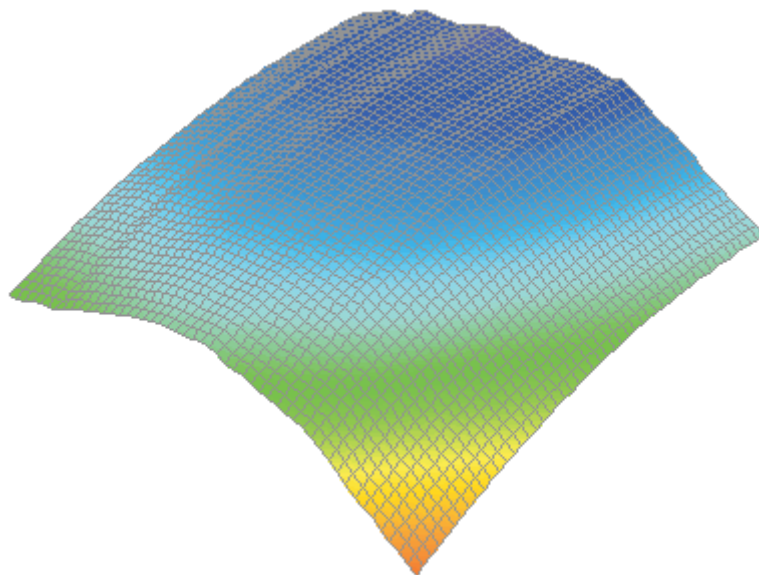




ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

TESIS DOCTORAL

PELIGROSIDAD SÍSMICA. LEYES DE ATENUACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS
SERIES TEMPORALES DE LOS TERREMOTOS. APLICACIÓN AL
TAJO DE SAN PEDRO DE LA ALHAMBRA DE GRANADA.



Antonio Morales Esteban

Programa de Doctorado: Mecánica de Medios Continuos, Teoría
de Estructuras e Ingeniería del Terreno.

Director de tesis: José Luis de Justo Alpañés

Sevilla, octubre de 2009

Agradecimientos

Esta tesis se ha realizado dentro del departamento de Mecánica de Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Este trabajo de investigación no se habría podido realizar sin la generosa colaboración de muchas personas a quien quiero expresar mi agradecimiento.

Deseo extender un especial reconocimiento a D. José Luis de Justo, impulsor y tutor de esta tesis. Su profesionalidad y dedicación a la investigación me han servido de constante guía.

Agradezco particularmente la estrecha colaboración y amistad de D. Francisco Martínez-Álvarez. Su conocimiento sobre ingeniería de datos y las aplicaciones informáticas realizadas con su ayuda han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

En tercer lugar, agradecer a D. Raúl Carrasco Romero sus explicaciones en la fase inicial de esta tesis.

A D. Antonio Jesús Martín quien me ha aportado los ficheros del catálogo sísmico del IGN y la información necesaria sobre el formato del catálogo sísmico español.

A D. Julian Bommer quien me ha facilitado la base de datos de terremotos europea en formato CD-Rom y diversa información utilizada en el desarrollo de esta tesis.

A D. Antonio Jaramillo Morilla quien me ha proporcionado la base de datos de terremotos de la Península Ibérica.

A Dña. Cristina Rubio por su valiosa colaboración en el análisis estadístico de los datos.

Agradecer el apoyo recibido por parte del Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto de investigación BIA2004-01302.

Por último aunque de modo muy especial, a mis padres y a Ana quienes me han animado a realizar esta tesis.

Índice

Índice de figuras	1
Índice de tablas	9
Lista de símbolos y abreviaturas más importantes	13
Resumen	17
Capítulo 1. Relación magnitud-frecuencia	
1.1 Introducción	25
1.2 Resolución de la relación magnitud-frecuencia	27
1.2.1 Método de los mínimos cuadrados	27
1.2.2 Método de máxima verosimilitud	28
1.2.2.1 Obtención de las variables	30
1.2.2.2 Distribución de b	33
1.3 Desviaciones de la linealidad y variaciones	41
1.4 Relaciones momento sísmico-frecuencia	43
1.5 Conclusiones	45

Capítulo 2. Sismicidad de la Península Ibérica

2.1	Introducción	47
2.2	Marco teórico	48
2.2.1	Catálogo sísmico	48
2.2.2	Condiciones exigibles al catálogo sísmico	49
2.3	Marco metodológico	50
2.3.1	El catálogo sísmico del IGN	50
2.4	Análisis de los resultados	53
2.4.1	Ley de Gutenberg-Richter en la Península Ibérica	53
2.4.2	Ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica	56
2.5	Conclusiones	60

Capítulo 3. Utilización de reconocimiento de datos en la predicción de series temporales de terremotos

3.1	Introducción	63
3.2	Marco teórico	65
3.2.1	Métodos de predicción basados en la sismicidad pasada	65
3.2.2	El valor de b como precursor sísmico	67
3.3	Marco metodológico	68
3.3.1	Descripción de los datos sísmicos españoles	68
3.3.2	Obtención del valor de b	69
3.3.3	Reconocimiento de patrones en datos sísmicos temporales	70
3.3.4	El algoritmo K-means	71
3.3.5	Seleccionar el número óptimo de clusters	72
3.4	Análisis de los resultados	73
3.4.1	Clustering de datos	74
3.4.2	Calidad de los resultados	81
3.4.3	Análisis estadístico	83
3.5	Conclusiones	85

Capítulo 4. Mecanismos focales de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

4.1 Introducción	87
4.2 Sismicidad en la Península Ibérica	88
4.3 Sismicidad en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica	91
4.4 Conclusiones	95

Capítulo 5. Leyes de atenuación de los espectros de respuesta

5.1 Introducción	97
5.2 Marco teórico	98
5.2.1 Base de datos de movimientos del terreno	98
5.2.2 Magnitud	99
5.2.3 Mecanismo focal	100
5.2.4 Geología local	100
5.2.4 Distancia a la falla	101
5.3 Marco metodológico	102
5.3.1 Leyes de atenuación para los espectros de respuesta de aceleración (SA) y de velocidad relativa (SV)	102
5.4 Análisis de los resultados	114
5.4.1 Comparativa de gráficos tridimensionales	116
5.4.2 Comparación con estudios previos	123
5.5 Conclusiones	128

Capítulo 6. Método probabilista de estimación de acelerogramas de cálculo en Sevilla y Granada, basados en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme

6.1 Introducción	129
6.2. Marco teórico	131
6.2.1 Métodos de evaluación de la peligrosidad sísmica	131
6.2.1.1 Método determinista	132
6.2.1.2 Método probabilista	133
6.2.1.2.1 Métodos no paramétricos	133
6.2.1.2.2 Métodos paramétricos	134
6.3 Marco metodológico	134

6.3.1 Método probabilista de evaluación de la peligrosidad sísmica	134
6.3.1.1 Modelo de sismicidad	136
6.3.1.2 Modelo de recurrencia	137
6.3.1.3 Modelo de atenuación	138
6.3.1.4 Ecuación probabilista de la peligrosidad	138
6.3.2 Resolución de la ecuación probabilista de la peligrosidad	139
6.3.2.1 Determinación del rango y paso óptimos	141
6.3.3 Aplicación a Sevilla y Granada	144
6.3.4 Estimación de acelerogramas de cálculo	152
6.3.4.1 Estimación de acelerogramas de cálculo para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada	153
6.4 Análisis de los resultados	163
6.4.1 Comparación de los espectros de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme con el espectro de respuesta elástica de la NCSR-02 para Sevilla y Granada	163
6.5 Conclusiones	167

Capítulo 7. Análisis dinámico de la estabilidad del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada

7.1 Introducción	169
7.2 Marco teórico	170
7.2.1 Geografía, geología y tectónica	170
7.2.2 Origen y evolución del Tajo de San Pedro	170
7.2.3 Situación actual	171
7.2.4 Soluciones propuestas	171
7.2.5 Factor de seguridad	172
7.3 Marco metodológico	172
7.3.1 Propiedades geotécnicas	172
7.3.2 Selección de acelerogramas	173
7.3.3 Cálculo dinámico mediante el programa PLAXIS	177
7.4 Análisis de los resultados	181
7.4.1 Coeficientes de seguridad	181
7.4.2 Análisis de los puntos de anulación de la tracción y puntos de plastificación	182

7.4.3 Análisis de las tensiones de corte relativas	182
7.4.4 Análisis de la deformación	193
7.5 Conclusiones	194
Futuras líneas de investigación	195
Referencias	197
Introducción	199
Capítulo 1	201
Capítulo 2	206
Capítulo 3	207
Capítulo 4	213
Capítulo 5	216
Capítulo 6	221
Capítulo 7	224
Anejo 1. Cálculo de la media y la varianza de y	226
Anejo 2. Año de plenitud de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica	232
Anejo 3. Ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica	248
Anejo 4. Coeficientes de las leyes de atenuación	264
Anejo 5. Gráficos tridimensionales de los espectros de respuesta de aceleración horizontal	356
Anejo 6. Comparación de los gráficos tridimensionales de los espectros de respuesta de aceleración horizontal	364
Producción científica	376

Índice de figuras

- 1.1 Histograma de los terremotos de la Península Ibérica comparado con la función de densidad teórica, normalizada.
- 1.2 Ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de los mínimos cuadrados, para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007.
- 1.3 Comparación de la ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de los mínimos cuadrados (recta) y mediante el método de máxima verosimilitud (recta con puntos), para la zona sismogénica del norte de Marruecos y campo de Gibraltar.
- 1.4 Función de distribución de Y para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007.
- 1.5 Ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de máxima verosimilitud, para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007. La serie real aparece en puntos y la serie teórica en forma de recta.
- 1.6 Relación entre el valor de la distribución de $\hat{\beta}$ y el valor de β para los límite de confianza (0,99; 0,95; 0,50; 0,10; 0,05).
- 1.7 Relación entre el valor de la distribución de $\overline{M} - M_0$ y el valor de β para los límite de confianza (0,99; 0,95; 0,50; 0,10; 0,05).

- 1.8** Funciones de densidad $g(\hat{b})$ calculadas con (1.28) para $b = 1,20$ con $\sigma(\bar{M}) = 0,05$ (línea continua gruesa) y $\sigma(\bar{M}) = 0,10$ (línea a trazos y puntos); y con (1.30) $b = 1,00$ con $n = 100$ (línea continua) y $n = 30$ (línea a trazos).
- 1.9** Modelo teórico para los terremotos grandes y pequeños en la corteza terrestre.
- 1.10** Número acumulativo de terremotos versus el logaritmo del momento sísmico para la distribución global de terremotos superficiales en el catálogo de Harvard entre 1/1/1977 y 31/12/2000. La distribución característica, línea de puntos; la distribución truncada de Pareto, línea de puntos y rayas; la distribución curvada de Gutenberg-Richter, línea continua fina; la distribución gamma, línea de trazos.
- 2.1** Número de terremotos de la base de datos del IGN, eliminado réplicas y precursores, frente a su magnitud.
- 2.2** Ley de Gutenberg-Richter para los terremotos del catálogo del IGN, eliminando réplicas y precursores.
- 2.3** Determinación del año de plenitud del catálogo sísmico para $m_b \geq 3,0$.
- 2.4** Variaciones del valor de b e intervalos de probabilidad del 90 por ciento para grupos de 50, 100 y 200 terremotos.
- 2.5** Zonas sismogénicas de la Península Ibérica y epicentros para el periodo 1978-2007 para terremotos de magnitud $\geq 3,0$.
- 2.6** Relación entre el coeficiente a y b de la ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).
- 2.7** Relación entre la tasa anual por km^2 y el coeficiente b de la ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).
- 3.1** Valores de los centroides calculados mediante el algoritmo de *K-means* para las zonas sismogénicas 26 y 27.
- 3.2** Valores de la función de *silhouette* para 3 clusters para las zonas sismogénicas 26 y 27.
- 3.3** Valor de la función $b(t)$, magnitud de los terremotos y de los clusters obtenidos para la zona sismogénica del Mar de Alborán. Los valores de los parámetros de los centroides de los clusters se representan en la tabla 5.2. Solo se han

representado los terremotos de magnitud $\geq 4,5$. La línea gruesa representa el valor de b en función del tiempo para el cluster tipo 3, la línea de puntos para el cluster tipo 2 y la línea fina para el cluster tipo 1.

- 3.4** Valor de la función $b(t)$, magnitud de los terremotos y de los clusters obtenidos para la zona sismogénicas del oeste de la falla Azores-Gibraltar. Los valores de los parámetros de los centroides de los clusters se representan en la tabla 5.2. Solo se han representado los terremotos de magnitud $\geq 4,5$. La línea gruesa representa el valor de b en función del tiempo para el cluster tipo 3, la línea de puntos para el cluster tipo 2 y la línea fina para el cluster tipo 1.
- 4.1** Orientación de los ejes, régimen de tensiones y tipos de falla en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.
- 5.1** Distribución de los datos tomados de la base de datos en términos de magnitud, distancia a la falla, geología local, y mecanismo de falla. Geología local: \diamond roca, \square suelo duro, Δ suelo blando y muy blando.
- 5.2** Comparación de las leyes de atenuación para el espectro de respuesta de aceleración y diferentes valores de D_0 , falla normal, suelo duro. $T = 0,15$ s., 5% de amortiguamiento relativo.
- 5.3** Residuos del movimiento del terreno en función de la magnitud momento para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, $T = 0,50$ s.
- 5.4** Residuos del movimiento del terreno en función de la función $f(r_{jb})$ para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, $T = 0,50$ s.
- 5.5** Residuos del movimiento del terreno en función de los valores esperados para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, $T = 0,50$ s.
- 5.6** Comparación de los valores estimados de SA. Falla de rumbo: (1) suelo duro, (2) suelo blando. Falla de empuje: (3) suelo duro, (4) suelo blando. (a) $M_W=6,5$, $r_{jb}=10$ km; (b) $M_W=5,5$, $r_{jb}=10$ km; (c) $M_W =6,5$, $r_{jb}=60$ km; (d) $M_W =5,5$, $r_{jb}=60$ km.

- 6.1** Esquema de división de la zona sismogénica 1 en zonas puntuales a través de una malla ortogonal.
- 6.2** Pantalla de entrada de datos del programa de cálculo de peligrosidad sísmica.
- 6.3** Curvas de peligrosidad sísmica para Sevilla para un edificio situado sobre roca para un tiempo de exposición de 50 y 100 años, correspondiente a un espectro de aceleración de 0,50 s y un amortiguamiento relativo del 5%.
- 6.4** Esquema de construcción de un espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme.
- 6.5** Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para Granada, según el tipo de terreno para un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.6** Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para Sevilla, según el tipo de terreno para un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.7** Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,20s para Granada, en roca, según el amortiguamiento relativo para un tiempo de exposición 50 años.
- 6.8** Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s entre Sevilla y Granada, para suelo duro con un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.9** Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para un tiempo de exposición 50 y 100 años en Granada, en roca y con un amortiguamiento relativo del 5%.
- 6.10** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada según el tipo de terreno, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.11** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla según el tipo de terreno, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

- 6.12** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en roca, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.13** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en suelo duro, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.14** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en suelo blando y muy blando, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.
- 6.15** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (128) y con el registro escalado. Factor de escala 1,20.
- 6.16** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (201) y con el registro escalado. Factor de escala 1,15.
- 6.17** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (361) y con el registro escalado. Factor de escala 1,23.
- 6.18** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (365) y con el registro escalado. Factor de escala 1,13.
- 6.19** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con

el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (990) y con el registro escalado. Factor de escala 1,22.

- 6.20** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (5826) y con el registro escalado. Factor de escala 1,13.
- 6.21** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6265) y con el registro escalado. Factor de escala 1,16.
- 6.22** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6270) y con el registro escalado. Factor de escala 1,23.
- 6.23** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6331) y con el registro escalado. Factor de escala 1,17.
- 6.24** Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (7480) y con el registro escalado. Factor de escala 1,25.
- 6.25** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en roca, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno).

- 6.26** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en roca, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno).
- 6.27** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en suelo duro, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno) y con el espectro calculado con la ley de atenuación de Ambraseys et al., (2005).
- 6.28** Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en suelo duro, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno) y con el espectro calculado con la ley de atenuación de Ambraseys et al., (2005).
- 7.1** Acelerograma (128) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.2** Acelerograma (201) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.3** Acelerograma (361) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.4** Acelerograma (365) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.5** Acelerograma (990) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.6** Acelerograma (5826) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.7** Modelo del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.
- 7.8** Discretización del modelo y puntos empleados en el análisis.
- 7.9** Aceleración horizontal versus tiempo en el punto A para el acelerograma 990.
- 7.10** Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 201.
- 7.11** Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 361.

- 7.12** Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 365.
- 7.13** Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 5826.
- 7.14** Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 5826.
- 7.15** Representación de las tensiones de corte relativas en reposo, para el talud sin malla ni anclajes, y para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 KN.
- 7.16** Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 7,0 s de la aplicación del acelerograma 201, para el talud sin malla ni anclajes, y para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 KN.
- 7.17** Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 4,6 s de la aplicación del acelerograma 361, y 4,2 s del acelerograma 365, para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 KN.
- 7.18** Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 10,6 s y 12,0 s de la aplicación del acelerograma 5826, para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 KN.
- 7.19** Representación de la tensión en los tirantes en función del tiempo para un pretensado de 89,6 KN. Acelerograma empleado: 201. La numeración de los anclajes es descendente con el talud.

Índice de tablas

- 1.1 Error para el valor del coeficiente b (0,40-2,00), calculado para las fórmulas (1.28) y (1.30) para un nivel de confianza del 90%.
- 2.1 Año de plenitud del catálogo sísmico del IGN.
- 2.2 Zonas sismogénicas de la Península Ibérica.
- 2.3 Valores obtenidos mediante el método de máxima verosimilitud para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.
- 3.1 Valores de los centroides calculados mediante el algoritmo de *K-means* para las zonas sismogénicas 26 y 27.
- 3.2 Distribución de los terremotos en las secuencias.
- 3.3 Resultados de sensibilidad y especificidad.
- 3.4 Valores de p obtenidos del test de Wilcoxon.
- 4.1 Orientación de los ejes, régimen de tensiones y tipos de falla en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.
- 5.1 Distribución de los registros por mecanismo de ruptura y geología local.
- 5.2 Registros utilizados para el desarrollo de las ecuaciones para el espectro de respuesta de aceleración y velocidad relativa.
- 5.3 Periodos considerados en la determinación del coeficiente D_0 .

- 5.4** Periodos considerados en las leyes de atenuación para SA y SV, en segundos.
- 5.5** Períodos representativos (en segundos) para los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .
- 6.1** Coordenadas X e Y de las capitales andaluzas para el programa de cálculo de probabilidad de superación.
- 6.2** Número de puntos de cálculo, tiempo y valores de probabilidad de superación para el espectro de respuesta de aceleración para un período natural de 0,50 s y un valor del espectro de aceleración de 0,50 s en Sevilla en función del rango y el paso. Datos obtenidos para un ordenador AMD Athlon XP 2600 con 512 MB de RAM.
- 6.3** Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.
- 6.4** Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.
- 6.5** Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.
- 6.6** Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.
- 7.1** Propiedades medias de las capas del conglomerado Alhambra. * = drenaje libre, est. = estimado, p_i^* = presión límite de red del presiómetro, E_M = módulo

de deformación del presiómetro, V_p = velocidad de onda longitudinal, V_s = velocidad de las ondas transversales, E_d = módulo de deformación dinámico, σ_{ci} = fuerza de compresión uniaxial.

7.2 Acelerogramas seleccionados para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

7.3 Valores del suelo introducidos en Plaxis. 1 = conglomerado moderadamente denso, 2 = conglomerado con grava, 3 = conglomerado denso, 4 = conglomerado muy denso, 5 = derrubios, M-C = Mohr-Coulomb.

Lista de símbolos y abreviaturas más importantes

A	Amplitud
AES	Tamaño medio del elemento (average element size)
ALM	Asperity-based Likelihood Method
a	Tasa sísmica de la ley de Gutenberg-Richter
\hat{a}	Coefficiente a calculado o estimado
B	Parámetro índice de la distribución de Pareto
b	Distribución de tamaños de la ley de Gutenberg-Richter
$b(t)$	Función de la variación de b con el tiempo
\hat{b}	Coefficiente b calculado o estimado
C_i	Cluster i
CMT	Centroide del momento tensor
D	Distancia a la fuente
DS	Conjunto de datos (data set)
dis	Disimilitud
E	Estimada
eje T	Eje con mayor momento principal

<i>eje B</i>	Eje con valor intermedio del momento principal
<i>eje P</i>	Eje con menor momento principal
<i>FP</i>	Falsos positivos
<i>FN</i>	Falsos negativos
<i>f</i>	Factor de escala
<i>f(M)</i>	Función de densidad de probabilidad de la magnitud
<i>G_j</i>	Grupo de cinco terremotos
<i>g(\hat{b})</i>	Distribución de <i>b</i>
<i>H</i>	Peligrosidad (Hazard)
<i>h</i>	Profundidad
<i>IGN</i>	Instituto Geográfico Nacional
<i>K</i>	Rigidez
<i>Lg</i>	Onda Rayleigh
<i>M</i>	Magnitud
<i>M_c</i>	Magnitud mínima del catálogo
<i>M_L</i>	Magnitud local
<i>M_m</i>	Magnitud límite mínima considerada
<i>M_{máx}</i>	Magnitud máxima
<i>M_{mín}</i>	Magnitud mínima
<i>M_s</i>	Magnitud de las ondas superficiales
<i>M_t</i>	Magnitud límite inferior para la cual el catálogo está completo para la distribución de Pareto
<i>M_w</i>	Magnitud momento
<i>M_x</i>	Magnitud máxima de la distribución de Pareto
<i>M₀</i>	Momento sísmico
\overline{M}	Media de la magnitud

\overline{M}_j	Media de la magnitud de G_j
m_b	Magnitud de las ondas internas
N	Número de terremotos
P	Probabilidad
$RELM$	Regional Earthquake Likelihood Model
r_{jb}	Distancia Joyner-Boore
r_i	Residuos
S_C	Espectro de respuesta calculado
S_R	Espectro de respuesta real
S	Desviación típica
SA	Espectro de respuesta de aceleración
SV	Espectro de respuesta de velocidad relativa
s	Desviación residual
$S.E.$	Error estándar
$silh(j)$	Función de silhouette de j
T	Período
t_i	Fecha de ocurrencia de un terremoto
t_c	Duración del catálogo
$USCGS$	United States Coast and Geodetic Survey
V_s	Velocidad de las ondas transversales
V	Varianza
VP	Verdaderos positivos
VN	Verdaderos negativos
V_{t30}	Velocidad de las ondas de corte medida o estimada a una profundidad de 30 m
x_j	Objeto j

ZSG	Zona sismogenética
α_R	Coeficiente beta de la formulación de Rayleigh
β_R	Coeficiente beta de la formulación de Rayleigh
β	Coeficiente beta de la ley de máxima verosimilitud
$\hat{\beta}^d$	Distribución de $\hat{\beta}$
Δ	Distancia epicentral
Δb	Incremento del valor de b de G_j
Δt_j	Incremento de tiempo de G_j
δ	Función de Heaviside
δ_T	Ángulo del eje T
δ_B	Ángulo del eje B
δ_P	Ángulo del eje P
λ	Tasa anual de superación
μ_i	Centroide del cluster i
ν_i	Tasa sísmica de la fuente puntual
ν	Tasa sísmica
σ	Error estándar
$\Phi(M)$	Distribución de Pareto

Resumen

La Alhambra de Granada es uno de los monumentos nacionales más importantes. El monumento, Patrimonio de la Humanidad, se encuentra situado sobre una colina que domina la depresión de Granada. El río Darro fluye hacia el interior de la depresión y se sitúa en la parte occidental de La Alhambra. Las murallas de La Alhambra, situadas al este de Granada, están próximas al talud generado por la incisión del río Darro. La inestabilidad de taludes al oeste de la colina de La Alhambra ha sido un problema crítico desde la construcción del palacio. En esta zona se ubica el Tajo de San Pedro, que es el talud más empinado de la colina. Es un diedro de 65,5 m de altura, que ha evolucionado hasta situarse a 23,8 m de las murallas del palacio de La Alhambra. Es fruto de las riadas del río Darro, la tectónica, la erosión y, quizás, de las filtraciones provenientes del palacio de La Alhambra.

Actualmente una serie de fallas normales activas cruzan la colina de La Alhambra. Una de estas fallas constituye la cara oeste del diedro. El coeficiente de seguridad del Tajo, sometido a un terremoto de período de retorno de 1000 años, es de 0,73. Existe un proyecto para la instalación de una malla de alambre postesada de alto límite elástico que aumentaría el coeficiente de seguridad del talud a un valor en torno a uno (Justo et *al.*, 2008).

El objetivo de este trabajo de investigación es la obtención de un juego de acelerogramas que posibiliten la realización de un cálculo dinámico del talud sometido a un determinado período de retorno.

La sismicidad de la Península Ibérica se caracteriza por la ocurrencia de terremotos de magnitud moderada, en general inferiores a 5,0, estando los grandes terremotos separados por largos periodos de tiempo (Bufo et *al.*, 1988).

Gutenberg y Richter (1954) estudiaron la distribución del tamaño de los terremotos y observaron que la tasa de terremotos superior a una magnitud dada sigue una distribución potencial que expresaron como $\log N(M) = a - bM$. Dicha expresión relaciona el número de terremotos, $N(M)$, acumulativo (o absoluto) de magnitud mayor que M con la actividad sísmica, a , y la distribución de tamaños, b . El valor del coeficiente b es un parámetro que se utiliza de modo generalizado en los estudios de sismicidad y en los análisis de peligrosidad sísmica. Un valor alto del coeficiente b muestra que predomina el número de terremotos de pequeña magnitud, mientras que un valor bajo es indicativo de una menor diferencia entre el número relativo de terremotos grandes y pequeños.

La ley de Gutenberg-Richter se puede resolver mediante varios métodos. Se ha utilizado el método de máxima verosimilitud (Aki, 1965; Utsu, 1965) que produce estimadas más estables cuando aparecen los terremotos grandes, poco frecuentes, y, además, nos permite obtener el error estándar de b .

Los modelos de sismicidad se suelen clasificar en zonificados o no zonificados, según el área que potencialmente puede generar terremotos se divida en zonas sismogénicas de geometría bien definida o no. Normalmente se adoptan modelos de sismicidad zonificados. Éstos consideran que la sismicidad del área en cuestión puede distribuirse en distintas zonas sismogénicas, que son fuentes de terremotos con características sísmicas y tectónicas homogéneas. Las zonas sismogénicas pueden ser, o bien entidades físicas reconocibles, o bien zonas amplias en las que la sismicidad se considera distribuida uniformemente a lo largo y ancho de toda la zona.

Generalmente, la elección, de uno u otro método de representación de la sismicidad, depende en gran medida de la disponibilidad de datos. Así, en zonas donde se cuenta con un conocimiento relativamente extenso de las fallas sismogénicas, se suelen diseñar estudios de peligrosidad que incluyen como zonas fuente fallas y áreas de sismicidad distribuida. En cambio, en los lugares donde el conocimiento de las fallas sismogénicas no es suficientemente completo o la localización epicentral de los sismos históricos presenta

grandes incertidumbres, se usan o bien métodos con zonas de sismicidad distribuida, o bien métodos no zonificados (Expel, 2008). El modelo de Gutenberg-Richter y alguna de sus variantes (Cosentino et al., 1977) son los modelos más utilizados para caracterizar las zonas sismogénicas.

Para realizar un análisis de la sismicidad lo primero es disponer de una base de datos de terremotos. Se ha utilizado la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) para la Península Ibérica. Se han eliminado réplicas y precursores, se ha determinado la magnitud a partir de la cual todos los terremotos han sido registrados ($m_b \geq 3,0$) y se ha calculado el año de plenitud del catálogo sísmico (1978). En este estudio se han utilizado las zonas sismogénicas definidas por Martín (1984). Para cada zona sismogénica se han determinado los coeficientes de la ley de Gutenberg-Richter, mediante el método de máxima verosimilitud, y la tasa anual de terremotos.

Cabe destacar que en la zona sismogénica 1 (depresión de Granada) la tasa anual de terremotos es significativamente superior al resto de zonas de la Península Ibérica aunque la magnitud de los mismos es moderada.

A continuación se ha realizado un estudio de los mecanismos focales de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica. La deformación de la corteza de la Península Ibérica es debida a la convergencia con dirección NO-SE entre África y Eurasia. Se trata de un límite de placas no homogéneo, con sucesivas zonas oceánicas y continentales en contacto y cambios progresivos en la dirección del estado de los esfuerzos.

En la Península Ibérica se distinguen al menos tres entornos tectónicos diferentes: los bloques estables, los cinturones montañosos alpinos y las depresiones de extensión. Al tratarse de un régimen mayoritariamente compresivo, los mecanismos focales predominantes son invertidos y de rumbo.

Se han analizado las series temporales de los terremotos. Para ello, se han utilizado técnicas de clustering. El clustering (o agrupamiento de datos) es un proceso mediante el cual se agrupan elementos similares obtenidos de una base de datos. No se debe confundir este término con clustering de terremotos (Console et al., 2007). El clustering se basa en clasificar los datos de una base de datos en clusters o grupos, de modo que los objetos que pertenecen a

un mismo cluster sean similares entre sí, mientras que los objetos que pertenecen a clusters distintos sean diferentes. Se ha elegido este método debido a que puede considerar la influencia de varios parámetros a la vez y a los buenos resultados que se han obtenido en su aplicación a otras series temporales, aparentemente estocásticas, como son los precios de la electricidad (Martínez-Álvarez *et al.*, 2007).

Se persigue encontrar modelos de comportamiento lógicos en una serie que, en principio, presenta un comportamiento totalmente estocástico. Si la ocurrencia de terremotos presentase alguna serie repetida en el tiempo, los resultados que se obtuviesen se podrían utilizar a través de modelos de distribución de probabilidades.

Se han aplicado las técnicas de clustering para las zonas sismogénicas 26 y 27 (Mar de Alborán y zona oeste de la falla Azores Gibraltar, respectivamente) de modo que cada cluster queda representado por la media de la magnitud de los terremotos, la variación de $b(t)$ y el tiempo transcurrido en la serie de 5 terremotos. La elección de estas zonas se basa en la cantidad de datos disponibles y en la presencia de varios terremotos de magnitud superior a 4,5 en el período de tiempo estudiado (1978-2007). Los resultados obtenidos demuestran que previo a un terremoto de magnitud superior a 4,5 se suele producir un incremento del valor de b (cluster 3) para luego decrecer (cluster 1).

Una vez analizada la sismicidad de la Península Ibérica se deben obtener leyes de atenuación que relacionen el espectro de respuesta de aceleración (SA) y de velocidad relativa (SV) con la magnitud momento y la distancia a la falla, según el tipo de terreno en el emplazamiento y el tipo de falla. El propósito original en esta fase era la obtención de una ley de atenuación a partir de los datos tomados en la Península Ibérica pero, dada la escasez de registros disponibles, se ha desarrollado una ley a partir de la base de datos de terremotos europeos.

La ley obtenida incluye el tipo de falla que ha producido el terremoto. La ley se ha realizado para 25 períodos comprendidos entre 0,04 y 4,00 s, para un amortiguamiento relativo del 0, 2, 5, 10 y 20 %, tanto para SA como para SV. Los registros utilizados de la base de datos se han limitado a una distancia a la falla inferior a 100 km y una magnitud momento superior a 4,5. El amplio número de parámetros incorporados en este estudio ha

permitido desarrollar una ley que se espera pueda servir para la mayor parte de las estructuras de interés en arquitectura e ingeniería.

Por último, se presenta el método probabilista de estimación de acelerogramas de cálculo basado en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme, a partir del cual podemos seleccionar acelerogramas de cálculo.

La respuesta dinámica de una estructura ante un movimiento sísmico se puede calcular por dos métodos: análisis dinámico no lineal (mediante acelerogramas), y análisis dinámico lineal elástico (empleando espectros de respuesta). El primer método implica la realización de un análisis estructural para todos los acelerogramas considerados para obtener una envolvente de cálculo. Este procedimiento es muy laborioso y sólo se utiliza en las últimas fases de cálculo. El análisis dinámico lineal elástico mediante espectros de respuesta resulta más adecuado para la obtención de acelerogramas ya que el espectro de respuesta es el parámetro del movimiento del terreno mejor relacionado con la respuesta estructural.

La UNESCO propuso la definición de peligrosidad comúnmente aceptada (UNDRO, 1979) según la cual la peligrosidad, H , es la probabilidad de superación de un valor umbral, S_0 , de la variable característica del movimiento del terreno, S , en un emplazamiento, x , durante un tiempo, t .

La peligrosidad sísmica se puede determinar de modo determinista o probabilista. El método determinista asume la hipótesis de la estacionariedad de la sismicidad, considerando que los terremotos en el futuro se producirán de forma análoga a como lo hicieron en el pasado. Su gran ventaja es su sencillez de aplicación pero la probabilidad de ocurrencia de tales terremotos es, en general, poco conocida. Los métodos probabilistas integran la contribución de todos los posibles terremotos que puedan afectar a un emplazamiento dado, y consideran las leyes de recurrencia de los sismos. El resultado son estimaciones de la probabilidad de superación, para cada valor de un determinado parámetro del movimiento del terreno esperado en el emplazamiento, durante el período de tiempo considerado, quedando la peligrosidad representada mediante curvas de probabilidad.

Los métodos probabilistas a su vez se clasifican en paramétricos y no paramétricos. Los métodos no paramétricos evalúan la peligrosidad mediante funciones de distribución de

valores extremos. Las más utilizadas son las de Gumbel (1958). La metodología de los métodos paramétricos fue propuesta inicialmente por Cornell (1968) y se basa en la adopción de un método de zonas sismogénicas, con las que se realiza una compartimentación del área de influencia, y en el ajuste de la sismicidad de cada zona a un modelo de recurrencia, sumando posteriormente la contribución de todas las fuentes, para obtener la función de probabilidad que representa la peligrosidad en el emplazamiento. Los pasos que se deben realizar con esta metodología son los siguientes:

1.- Modelos de sismicidad. Se determinan las zonas sismogénicas en el área de influencia, en concreto, las 27 zonas sismogénicas definidas por Martín (1984) para la Península Ibérica.

2.- Modelo de recurrencia. Se admite que la sismicidad se distribuye de modo aleatorio y se ajusta a la ley de Gutenberg y Richter truncada superiormente, de manera que los parámetros de dicha ley (a y b) resulten característicos del modelo. Además, para cada zona se define una magnitud máxima y mínima, que establece los límites de validez del modelo.

3.- Modelo de atenuación. Las leyes de atenuación, en función de la distancia y la magnitud, se han obtenido a partir de la base de datos de terremotos europeos en función del tipo de terreno en el emplazamiento y del mecanismo focal de la falla que produce el terremoto.

4.- Ecuación probabilista de peligrosidad. Se estima la peligrosidad total, sumando las probabilidades obtenidas por la acción de todas las zonas que influyen en el emplazamiento. Las zonas sismogénicas han sido modeladas como áreas y no como fuentes sísmicas puntuales. Para ello, las zonas sismogénicas se dividen en elementos lo suficientemente pequeños para poderse asimilar a fuentes sísmicas puntuales (Carrasco, 2001).

Con esta metodología se han calculado las probabilidades de superación para varios valores del espectro de respuesta de aceleración para un tiempo de exposición de 50 y 100 años para las ciudades de Sevilla y Granada, obteniéndose las respectivas curvas de peligrosidad sísmica. Si repetimos el proceso para varios períodos del espectro, y obtenemos de cada curva de peligrosidad el valor del espectro correspondiente a una misma probabilidad de superación, podemos dibujar punto a punto un espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme.

Una vez obtenidas las curvas de peligrosidad sísmica uniforme (para un tiempo de exposición de la estructura, fijada una probabilidad de superación admisible, para un determinado emplazamiento y para el tipo de terreno en el mismo) para poder seleccionar acelerogramas de cálculo, se busca en la base de datos acelerogramas que hayan sido registrado en el mismo tipo de terreno. Determinamos el factor de escala, f , por el que hay que multiplicarlo para hacer mínima la desviación típica, s , entre el logaritmo del espectro de peligrosidad sísmica uniforme calculado y el logaritmo del espectro de respuesta correspondiente al espectro real. De entre todos los acelerogramas, elegimos aquellos cuya desviación típica sea menor para los períodos fundamentales de la estructura a calcular.

Por último, se comparan los espectros de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme, según la metodología propuesta, con respecto al espectro de respuesta elástica de la norma NCSR-02, para Sevilla y Granada. Las leyes de atenuación empleadas han sido desarrolladas en este texto y las publicadas por Ambraseys *et al.*, 2005. Se comprueba la similitud en los resultados obtenidos mediante ambas leyes. El espectro calculado para Granada es inferior al de la norma. Ello es debido a que en el intervalo de tiempo para el que se ha calculado el valor de b (1978-2007) no se han producidos terremotos importantes. En el caso de Sevilla, el espectro calculado y el de la norma presentan un buen ajuste.

Como ejemplo de la metodología presentada se han seleccionado acelerogramas de cálculo para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada. La probabilidad de superación elegida ha sido del 5% para un período de exposición de 50 años, lo que equivale a un período de retorno de 974 años. El tipo de terreno en el emplazamiento es roca. Se han seleccionado 10 acelerogramas de la base de datos europea cuya desviación típica varía entre 0,011 y 0,13.

El coeficiente de seguridad obtenido mediante un método pseudo-estático es 1,34 en su estado actual. Este valor se eleva hasta 1,55 al incluir el anclaje y la malla propuesta por Justo *et al.*, 2005. Si se somete el talud a una acción horizontal según la norma el coeficiente de seguridad del talud, con la malla y los anclajes pretensados, es 1,01.

El análisis del talud en función del tiempo, sometido a un acelerograma de diseño, de los puntos de anulación de la tracción y de los puntos de plastificación demuestra que el máximo de estos puntos se produce tras la aceleración de pico máxima del acelerograma. El análisis entre la tensión cortante y de rotura muestra que la parte más superficial del talud está

próximo a la rotura. La malla y el pretensado de los anclajes reducen la tensión cortante del talud con lo que se mejora su resistencia, elevando su coeficiente de seguridad y reduciendo las tensiones y deformaciones.

Capítulo 1

Relación magnitud-frecuencia

1.1 Introducción

La distribución del tamaño de los terremotos se ha estudiado desde principios del siglo XX. Ishimoto e Iida (1939), y Gutenberg y Richter (1942) observaron que la tasa de terremotos N de magnitud $\geq M_0$ sigue una distribución potencial:

$$N(M_0) = \alpha M_0^{-B} \quad (1.1)$$

Gutenberg y Richter (1954) expresaron esta relación para la distribución de la frecuencia de la magnitud de los terremotos como:

$$\log_{10} N(M) = a - bM \quad (1.2)$$

Relacionando el número de sucesos $N(M)$ acumulativo (o absoluto) con magnitud mayor que M con la actividad sísmica, a , y la distribución de tamaños, b . El coeficiente a depende del volumen y de la ventana temporal elegida y es el logaritmo del número de terremotos con magnitud mayor que cero. El valor del coeficiente b es un parámetro que refleja la tectónica de la región analizada (Lee y Yang, 2006) y se ha relacionado con las características físicas de la región, de forma que un valor alto del coeficiente implica que predomina el número de terremotos de pequeña magnitud, y, por tanto, la región tiene poca resistencia, mientras que un valor bajo es indicativo de una menor diferencia entre el número relativo de terremotos grandes y pequeños, indicando una mayor resistencia en el material (Udías y Mezcuca, 1986). Valores altos de b se consideran indicadores de un nivel bajo de tensión en una zona sismogénica (Scholz, 1968; Wyss, 1973). Un incremento en las heterogeneidades del material o un incremento en el gradiente térmico, también dan como resultado valores altos de b (Mogi, 1962; Warren y Latham, 1970). Por el contrario, valores bajos de b están relacionados con condiciones de tensión alta en una zona sismogénica (Gibowitz, 1974). Valores anormalmente bajos de b se consideran precursores potenciales a largo plazo de terremotos que podrían desencadenar en un gran terremoto (Li Quan *et al.*, 1978; Monterroso, 1999).

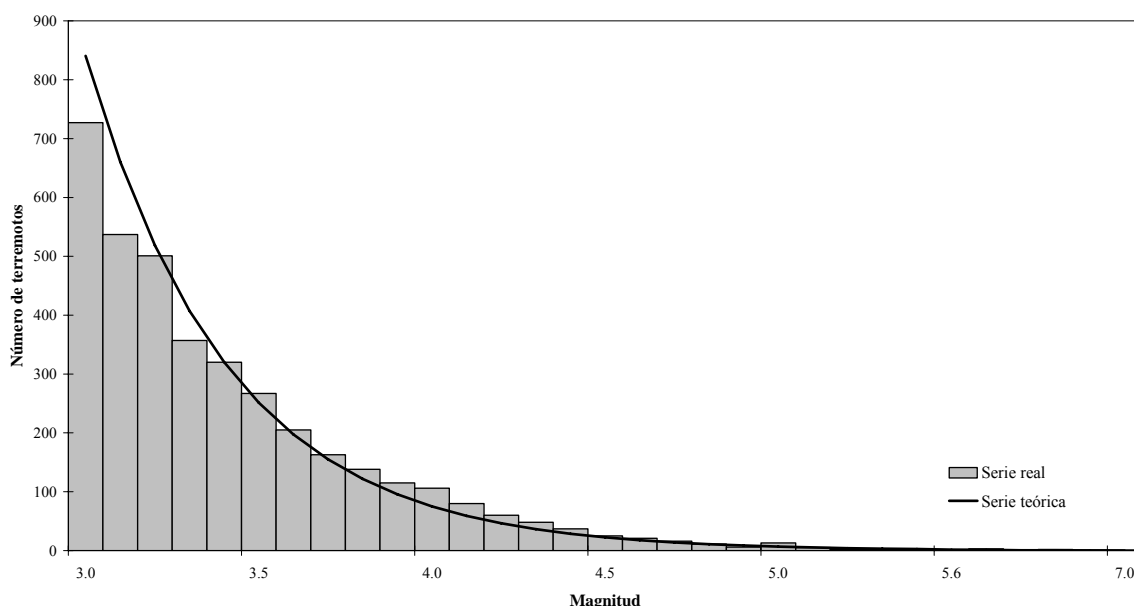


Figura 1.1. Histograma de los terremotos de la Península Ibérica comparado con la función de densidad teórica, normalizada.

Hoy día todavía existe cierta controversia entre los investigadores sobre las variaciones espaciales y temporales de b . Mientras que algunos autores como (Okal y Romanovicz, 1994; Kagan 1997, 1999, 2002) sugieren que el valor es universal y constante, otros (Wiemer y Benoit, 1996; Ayele y Kulhanek, 1997; Wiemer *et al.*, 1998; Gerstenberger *et al.*, 2001) afirman que existen variaciones espaciales y temporales en los valores del coeficiente b . Es cierto que en un período largo de tiempo y en regiones grandes $b \approx 1$, sin embargo, se observan variaciones significativas en áreas limitadas en períodos cortos de tiempo. Los terremotos locales se suelen asociar con variaciones de b de duración días o incluso horas (Grunthal *et al.*, 1982). Kulhanek (2005) recopila algunos ejemplos de los datos observados por diferentes autores:

- $1,0 \leq b \leq 1,6$ Mogi (1962), sismicidad global, $b \approx 1$ para latitud $\geq 40^\circ$, mientras que $b \approx 1,6$ para latitud $\leq 40^\circ$.
- $0,3 \leq b \leq 1,8$ Hurtig y Stiller (1984), sismicidad global.
- $0,6 \leq b \leq 1,5$ Udías y Mézcua (1997), sismicidad global.
- $0,8 \leq b \leq 1,2$ McNally (1989), sismicidad global.
- $0,5 \leq b \leq 1,5$ McGarr (1984), temblores en minas (Sudáfrica) y terremotos tectónicos.
- $0,6 \leq b \leq 1,6$ Monterroso y Kulhanek (2003), sismicidad en Centro América.
- $0,6 \leq b \leq 2,6$ Nuannin *et al.* (2002), temblores en minas, Zinkgruvan, Suecia.

El valor de b es un coeficiente que se ha utilizado de modo generalizado en los estudios de sismicidad y en los análisis de peligrosidad sísmica. La mayoría de los estudios de peligrosidad asumen un valor constante de b . Cualquier variación espacial o temporal del valor de b afectará a los mapas de peligrosidad.

1.2 Resolución de la relación magnitud-frecuencia

1.2.1 Método de los mínimos cuadrados

Gutenberg y Richter utilizaron el método de los mínimos cuadrados para estimar los coeficientes de su relación magnitud-frecuencia. Shi y Bolt (1982) demuestran que el valor de

b se puede obtener mediante una regresión de mínimos cuadrados, pero la presencia de sólo unos pocos terremotos grandes influye en el resultado del valor de b de modo significativo. En la regresión de mínimos cuadrados de la ecuación (1.2), la varianza de una observación, $var_i = \sum r_i^2 / (n-1)$, es sólo una medida de la desviación de los datos sobre la curva lineal. El problema es obtener una fórmula para la estimación de la varianza misma de b . Weichert (1980) señala que la hipótesis que se hace normalmente de variables aleatorias distribuidas independiente e idénticamente, que se realiza con el método de los mínimos cuadrados, se rompe por la acumulación de sucesos $N(M)$.

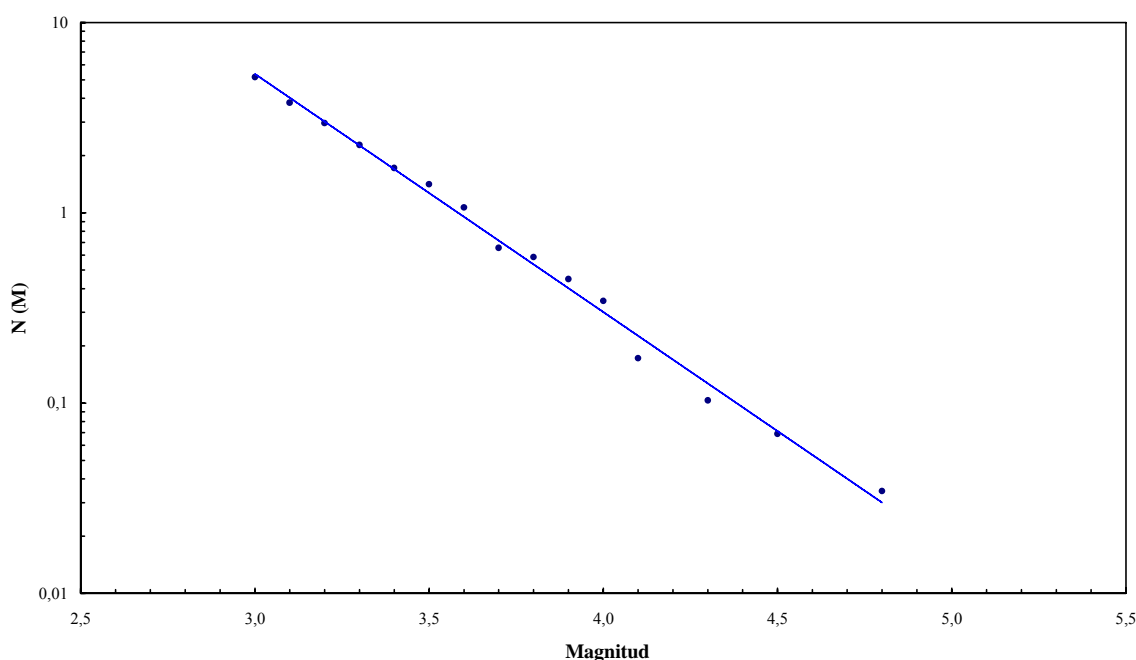


Figura 1.2. Ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de los mínimos cuadrados, para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007.

1.2.2 Método de máxima verosimilitud

Como alternativa al método de los mínimos cuadrados surge el método de máxima verosimilitud, que produce estimadas más estables cuando aparecen los terremotos grandes, poco frecuentes.

Si se supone que la magnitud de los terremotos que sucedieron en una determinada región, y en un cierto período de tiempo, son variables aleatorias distribuidas independiente e

idénticamente de acuerdo con la ley de Gutenberg-Richter (1.2), esta hipótesis es equivalente a suponer que la densidad de probabilidad de magnitud M es exponencial con media $1/\beta$:

$$f(M, \beta) = \beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}, \quad M > M_0 \quad (1.3)$$

Donde M_0 es la magnitud límite (Ranalli, 1969).

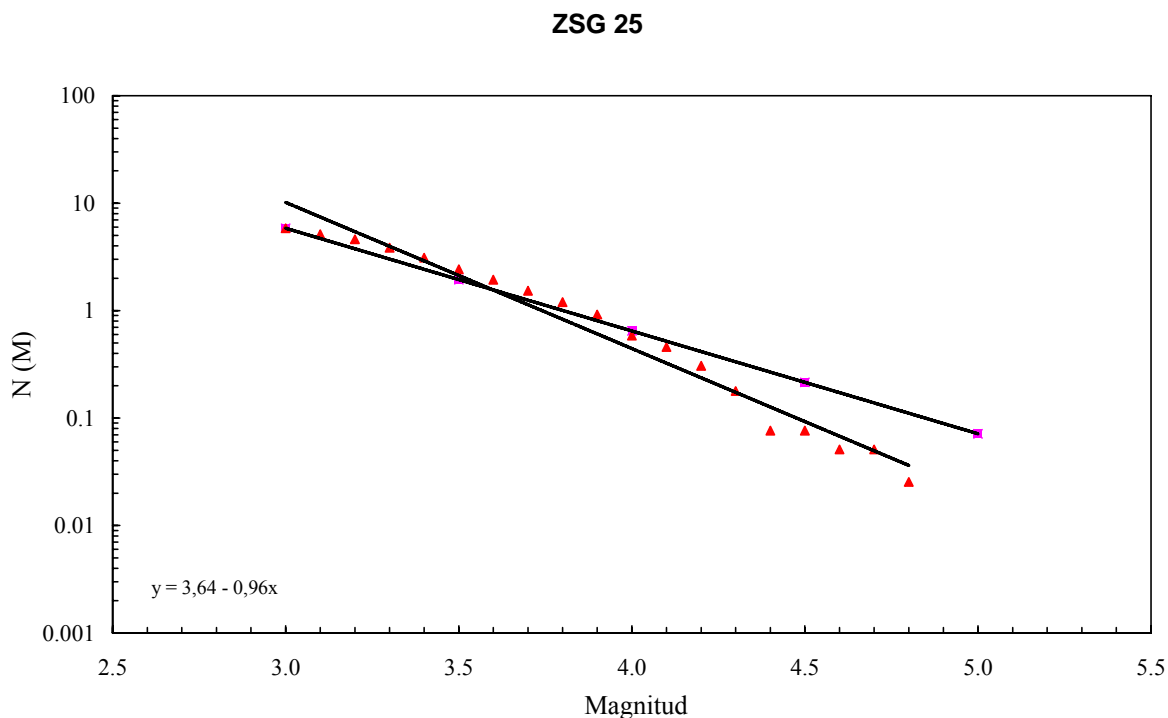


Figura 1.3. Comparación de la ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de los mínimos cuadrados (recta) y mediante el método de máxima verosimilitud (recta con puntos), para la zona sismogénica del norte de Marruecos y campo de Gibraltar.

Las fórmulas de máxima verosimilitud para β fueron obtenidas por Aki (1965) y Utsu (1965), para magnitudes continuas o exactas y una magnitud máxima infinita, por Page (1968) para magnitudes continuas y un máximo finito, y por Karnik (1971) para un intervalo de datos de magnitud.

La estimación de máxima verosimilitud de β es (Aki, 1965; Utsu, 1965):

$$\beta = \frac{1}{M - M_0} \quad (1.4)$$

Siendo $\beta = b/\log e$, \bar{M} es la media de la magnitud, y M_0 es la magnitud límite mínima considerada.

1.2.2.1 Obtención de las variables

Si se tiene una muestra de n terremotos de magnitudes M_1, M_2, \dots, M_n . Se definen y_i e Y mediante las siguientes fórmulas (Aki, 1965):

$$y_i = \frac{\partial}{\partial \beta} \ln f(M_i, \beta) \quad (1.5)$$

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (1.6)$$

El teorema del límite central indica que la distribución de la suma de variables aleatorias tiende a una distribución normal cuando la cantidad de variables es muy grande. La función de distribución de Y será gaussiana si n es suficientemente grande y si las variables que se suman (y_i) son independientes, idénticamente distribuidas, y con media y varianza finita.

$$y = \frac{\partial}{\partial \beta} \ln f(M_i, \beta) = \frac{e^{-\beta(M-M_0)} - \beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}}{\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}} = \frac{1}{\beta} + M_0 - M \quad (1.7)$$

La media de y es cero ya que:

$$E(y) = \int_{M_0}^{\infty} y f(M, \beta) dM = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right) e^{-\beta(M-M_0)} dM = 0 \quad (1.8)$$

La varianza de y es $\frac{1}{\beta^2}$:

$$\text{var}(y) = \int_{M_0}^{\infty} y^2 f(M, \beta) dM = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right)^2 e^{-\beta(M-M_0)} dM = \frac{1}{\beta^2} \quad (1.9)$$

Más detalles sobre (1.8) y (1.9) se puede encontrar en el anejo 1.

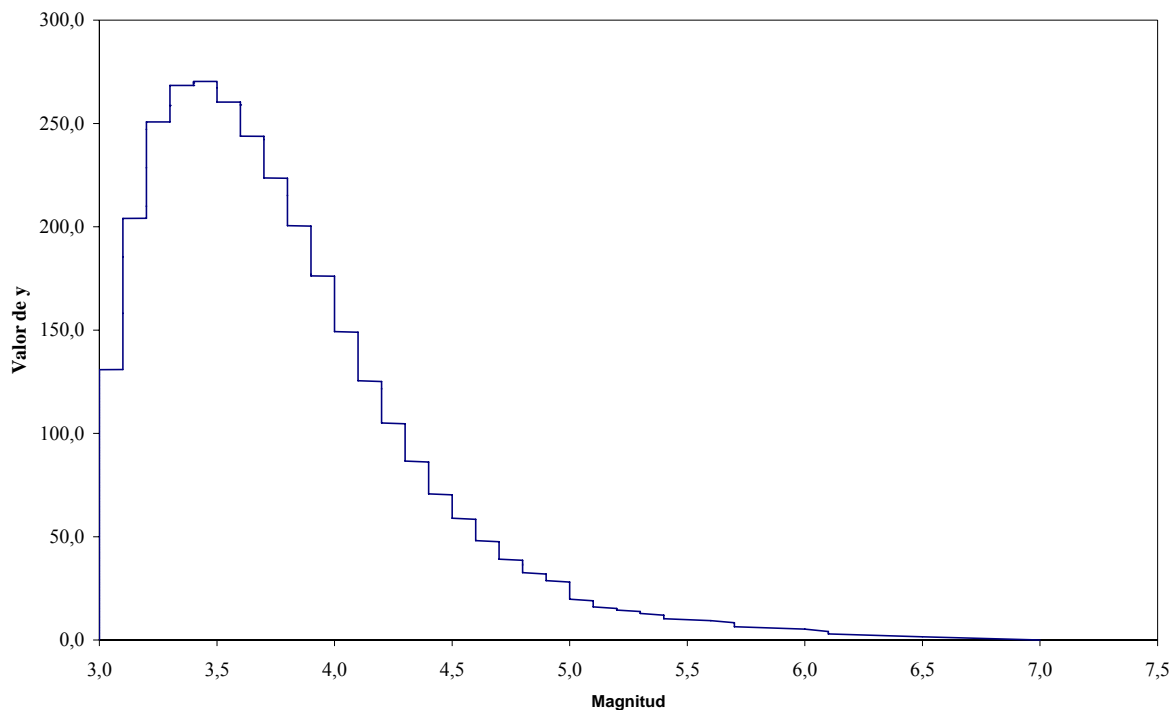


Figura 1.4. Función de distribución de Y para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007.

El teorema del límite central nos dice que la media de la distribución normal es $n \cdot E(y)$ y su varianza $n \cdot var(y)$. Por lo tanto, la media de Y será cero, y la varianza de Y será n/β^2 .

Para que la distribución de Y sea una distribución normal estándar $f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$ se

debe realizar la siguiente transformación $z = \frac{Y - E(y)}{\sigma}$ donde $\sigma = \frac{\sqrt{n}}{\beta}$. Se deduce que la

probabilidad ε de que $\beta Y/\sqrt{n}$ caiga entre $-d_\varepsilon$ y $+d_\varepsilon$ viene dada por $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-d_\varepsilon}^{+d_\varepsilon} e^{-x^2/2} dx$. Los

límites de confianza vienen dados por:

$$-d_\varepsilon \leq \frac{\beta}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right) \leq +d_\varepsilon \quad (1.10)$$

Despejando β :

$$\frac{(1 - d_\varepsilon / \sqrt{n})}{\sum_{i=1}^n M_i / n - M_0} \leq \beta \leq \frac{(1 + d_\varepsilon / \sqrt{n})}{\sum_{i=1}^n M_i / n - M_0} \quad (1.11)$$

El valor central de $\beta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n M_i / n - M_0}$ es la solución de $Y = 0$. Este es el valor de β que

maximiza la función de verosimilitud $\prod_i f(M_i, \beta)$.

Como se ha visto a partir de una base datos de terremotos se puede obtener el valor del coeficiente β mediante el método de máxima verosimilitud (1.4).

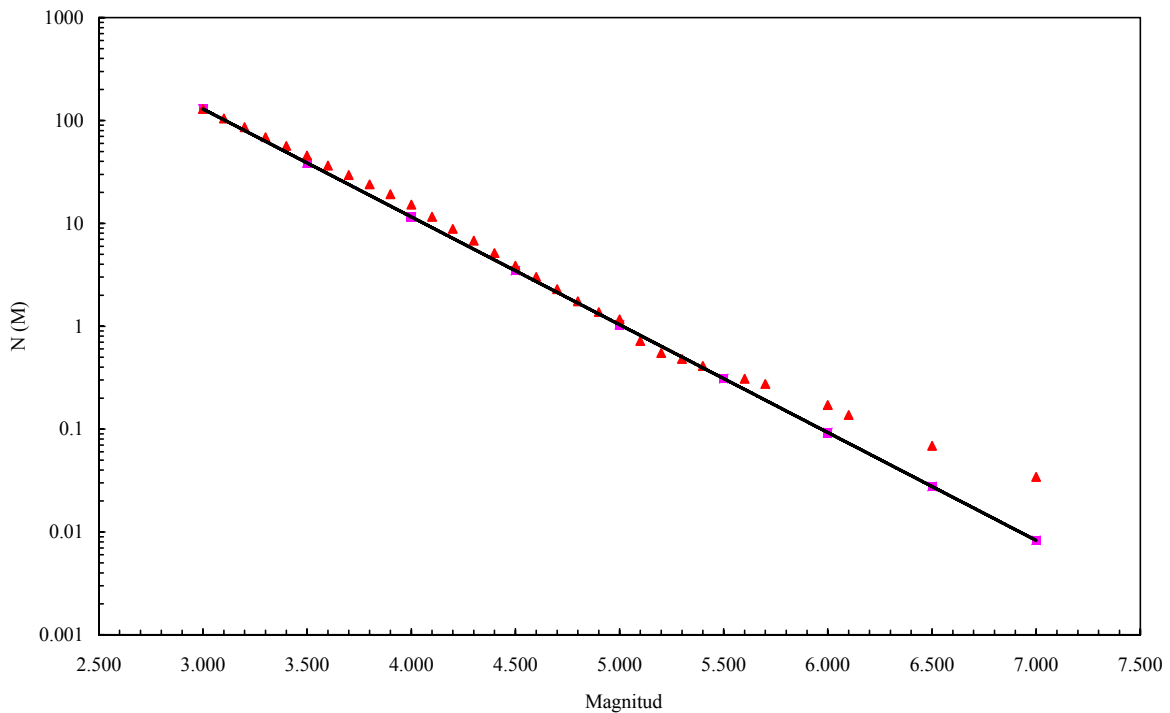


Figura 1.5. Ley de Gutenberg-Richter, calculada con el método de máxima verosimilitud, para los terremotos de la Península Ibérica, tomados de la base de datos del IGN para el período 1978-2007. La serie real aparece en puntos y la serie teórica en forma de recta.

Para obtener la relación entre b y β se observa como en la figura 1.5 $\log_{10} f(M, \beta) = a - bM$, sustituyendo (1.3) $\log_{10}(\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}) = a - bM$. Para resolver la

ecuación se deriva respecto a la magnitud $\frac{\partial}{\partial M} \left[\log_{10} \left(\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)} \right) \right] = \frac{\partial}{\partial M} (a - bM)$,

resolviendo $\log_{10} e \frac{\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)} (-\beta)}{\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}} = -b$. Por tanto,

$$b = \beta \cdot \log_{10} e \quad (1.12)$$

En la literatura científica el valor del coeficiente b también aparece representado como:

$$b = \frac{\log_{10} e}{M - M_0} \quad (1.13)$$

$$b = \frac{1}{\text{Ln}(10)(\overline{M} - M_0)} \quad (1.14)$$

El valor del coeficiente a se obtiene simplemente como:

$$a = \log_{10} N(M) + b(M) \quad (1.15)$$

1.2.2.2 Distribución de b

La ecuación (1.10) está relacionada sólo con Y , y consecuentemente, es difícil estimar información sobre la distribución misma de b .

De modo más directo, la distribución de $\hat{\beta}$ es:

$$\hat{\beta}^d = 2n\beta / X_{2n}^2 \quad (1.16)$$

Esta forma chi-cuadrada fue dada por Utsu (1966) y obtenida por Zhang y Song (1981):

$$\overline{M} - M_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (M_i - M_0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i / \beta \quad (1.17)$$

Donde e_i son unidades exponenciales independientes que están distribuidas como $X_2^2/2$.

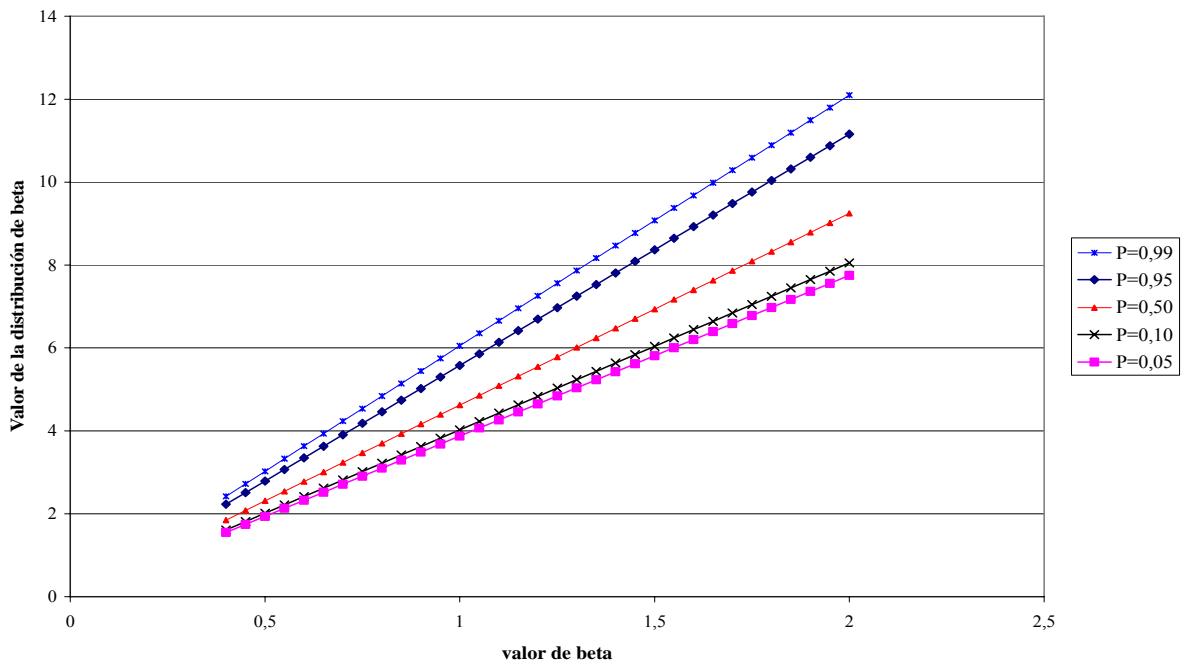


Figura 1.6. Relación entre el valor de la distribución de $\hat{\beta}$ y el valor de β para los límite de confianza (0,99; 0,95; 0,50; 0,10; 0,05).

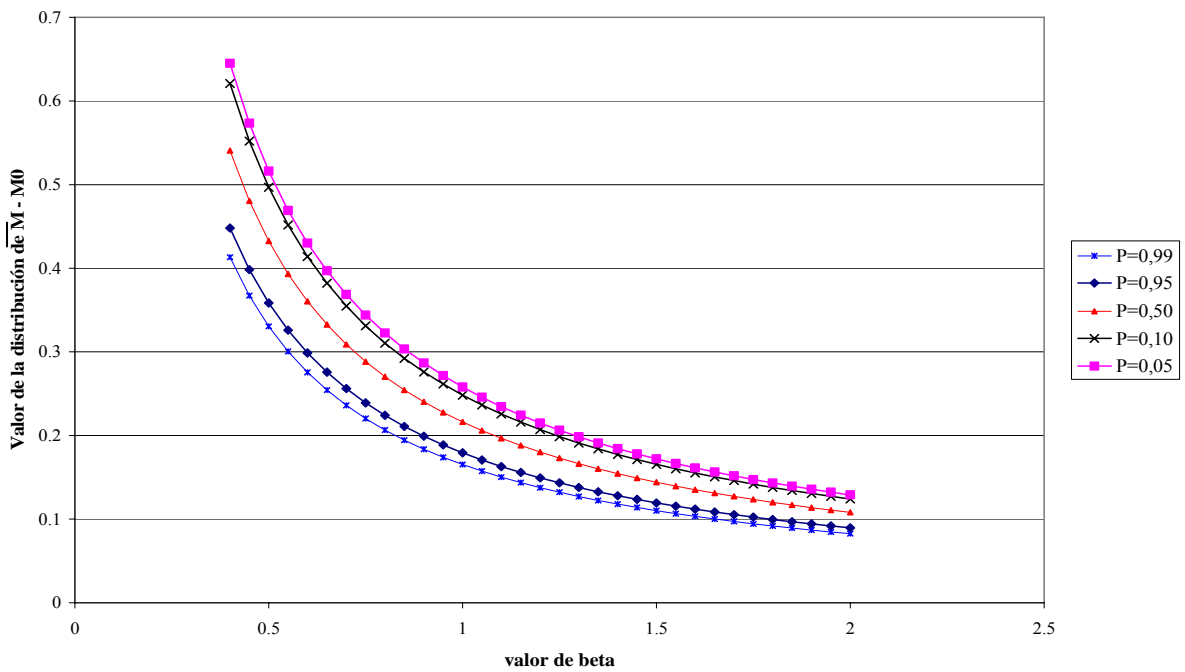


Figura 1.7. Relación entre el valor de la distribución de $\overline{M} - M_0$ y el valor de β para los límite de confianza (0,99; 0,95; 0,50; 0,10; 0,05).

Por la propiedad aditiva de X^2 ,

$$\overline{M} - M_0^d = X_{2n}^2 / 2n\beta \quad (1.18)$$

De (1.16) se deduce que:

$$E(\hat{\beta}) = \beta n / (n-1), n > 1 \quad (1.19)$$

$$\text{var } \hat{\beta} = \beta^2 n^2 / [(n-1)^2 (n-2)], n > 2 \quad (1.20)$$

Una vez que se ha conseguido la distribución, los intervalos de confianza se pueden obtener mediante tablas de la distribución de X^2 , por ejemplo, para un nivel de confianza del 90 por ciento:

$$X_{2n}^2(0,05) < \frac{2nb}{\hat{b}} < X_{2n}^2(0,95) \quad (1.21)$$

Todo lo anterior se puede aplicar cuando b es constante en el tiempo.

Shi y Bolt (1982) estudian la distribución de b considerando la distribución de M_i sin asumir la constancia de b . Por el teorema del límite central, la función de distribución de \overline{M} , $\overline{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i$ se aproxima a una distribución normal, para n grande, si cada M_i tiene media y varianza finitas, y los M_i son independientes. Por lo tanto, en el límite, la distribución de \overline{M} se puede expresar como:

$$f(\overline{M}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \text{var } \overline{M}}} \exp\left[-\frac{(\overline{M} - E(\overline{M}))^2}{2 \text{var } \overline{M}}\right] \quad (1.22)$$

De (1.3) se deduce:

$$E(M) = M_0 + \frac{1}{\beta} \quad (1.23)$$

$$\text{var } M = \frac{1}{\beta^2} \quad (1.24)$$

$$E(\overline{M}) = E(M) = M_0 + \frac{1}{\beta^2} \quad (1.25)$$

$$\text{var } \overline{M} = \frac{1}{n} \text{var } M = \frac{1}{n\beta^2} \quad (1.26)$$

Ya que $\beta(\overline{M})$ es una función decreciente de modo monótono de \overline{M} , existe una función inversa de un solo valor:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{\overline{M} - M_0} \rightarrow \overline{M}(\hat{\beta}) = \frac{1}{\hat{\beta}} + M_0 \quad (1.27)$$

Entonces la distribución de \hat{b} es:

$$g(\hat{b}) = \left| f(\overline{M}(b)) \frac{d\overline{M}(\hat{b})}{d\hat{b}} \right| = \frac{1}{\sqrt{2\pi \text{var } \overline{M}}} \frac{\log e}{\hat{b}^2} \exp\left(-\left(1/b - 1/\hat{b}\right)^2 \log^2 e / 2 \text{var } \overline{M}\right) \quad (1.28)$$

En general, el valor de b cambia con el tiempo y la localización, ya que se debería contemplar como un proceso estocástico no estacionario, por lo tanto, su media y varianza deberían cambiar también. Sin embargo, cuando se toman muestras en una ventana espacial y temporal pequeña, el valor de b se puede tomar como estacionario. En ese caso la función de distribución $g(\hat{b})$ se simplifica y se puede escribir como:

$$g(\hat{b}) = \sqrt{\frac{n}{2\pi}} \frac{b}{\hat{\beta}^2} \exp\left(-n(b/\hat{b} - 1)^2 / 2\right) \quad (1.29)$$

La fórmula exacta para la función de distribución $g(\hat{b})$ para un valor de b constante fue dado por Utsu, 1966:

$$g(\hat{b}) = \frac{n^n}{(n-1)!} \frac{b^n}{\hat{b}^{n+1}} \exp(-nb/\hat{b}) \quad (1.30)$$

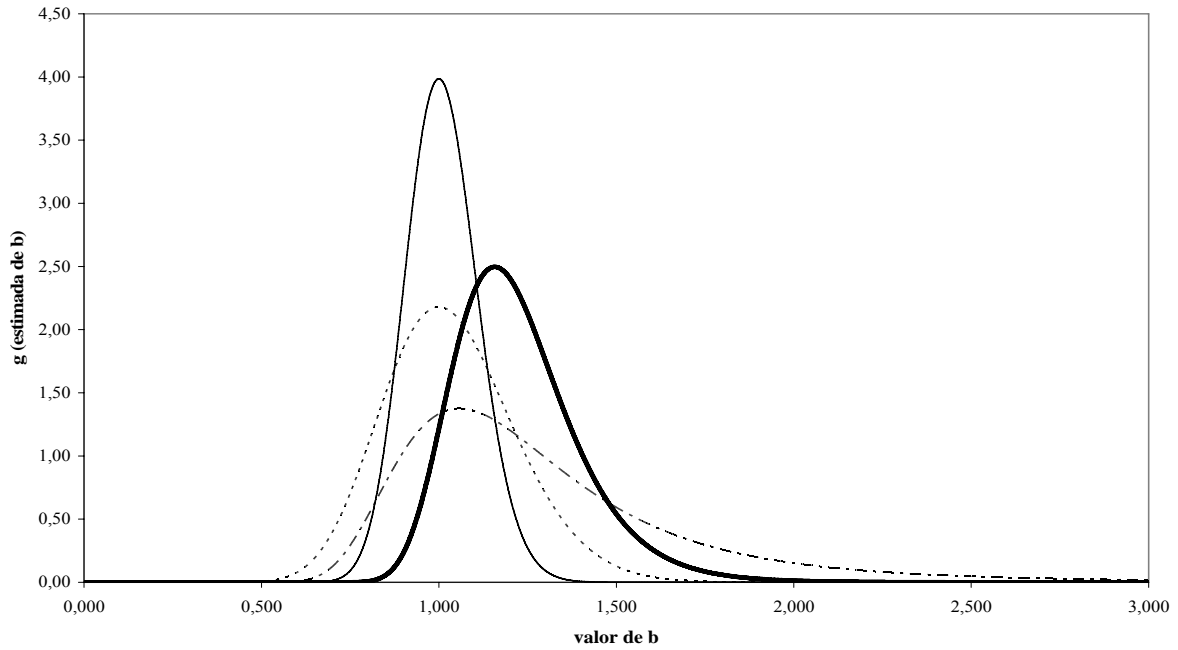


Figura 1.8. Funciones de densidad $g(\hat{b})$ calculadas con (1.28) para $b = 1,20$ con $\sigma(\bar{M}) = 0,05$ (línea continua gruesa) y $\sigma(\bar{M}) = 0,10$ (línea a trazos y puntos); y con (1.30) $b = 1,00$ con $n = 100$ (línea continua) y $n = 30$ (línea a trazos).

Shi y Bolt (1982) demostraron que para muestras grandes y variaciones temporales del valor de b lentas, el error estándar de b es:

$$\sigma(\hat{b}) = 2,30b^2\sigma(\bar{M}) \quad (1.31)$$

Siendo:

$$\sigma^2(\bar{M}) = \sum_{i=1}^n (M_i - \bar{M})^2 / n(n-1) \quad (1.32)$$

En la tabla 1.1 se presentan los errores calculados a partir de (1.28) y (1.30) para un límite de confianza del 90 por ciento.

b	Fórmula (1.28)						Fórmula (1.30)			
	$\sigma(\bar{M}) = 0,03$		$\sigma(\bar{M}) = 0,05$		$\sigma(\bar{M}) = 0,10$		N=50		N=100	
	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +
0,40	-0,02	0,02	-0,03	0,03	-0,05	0,07	-0,08	0,11	-0,06	0,07
0,41	-0,02	0,02	-0,03	0,03	-0,06	0,07	-0,08	0,11	-0,06	0,07
0,42	-0,02	0,02	-0,03	0,04	-0,06	0,08	-0,09	0,11	-0,06	0,08
0,43	-0,02	0,02	-0,03	0,04	-0,06	0,08	-0,09	0,11	-0,07	0,08
0,44	-0,02	0,02	-0,04	0,04	-0,06	0,09	-0,09	0,12	-0,07	0,08
0,45	-0,02	0,02	-0,04	0,04	-0,07	0,09	-0,09	0,12	-0,07	0,08
0,46	-0,02	0,02	-0,04	0,04	-0,07	0,10	-0,09	0,12	-0,07	0,08
0,47	-0,03	0,03	-0,04	0,05	-0,07	0,10	-0,10	0,12	-0,07	0,08
0,48	-0,03	0,03	-0,04	0,05	-0,08	0,11	-0,10	0,13	-0,07	0,09
0,49	-0,03	0,03	-0,04	0,05	-0,08	0,11	-0,10	0,13	-0,07	0,09
0,50	-0,03	0,03	-0,04	0,05	-0,08	0,12	-0,10	0,13	-0,08	0,09
0,51	-0,03	0,03	-0,05	0,05	-0,08	0,12	-0,11	0,14	-0,08	0,09
0,52	-0,03	0,03	-0,05	0,06	-0,09	0,13	-0,11	0,14	-0,08	0,09
0,53	-0,03	0,03	-0,05	0,06	-0,09	0,13	-0,11	0,14	-0,08	0,10
0,54	-0,03	0,03	-0,05	0,06	-0,09	0,14	-0,11	0,14	-0,08	0,10
0,55	-0,03	0,04	-0,05	0,06	-0,10	0,14	-0,11	0,15	-0,08	0,10
0,56	-0,03	0,04	-0,06	0,06	-0,10	0,15	-0,12	0,15	-0,09	0,10
0,57	-0,04	0,04	-0,06	0,07	-0,10	0,16	-0,12	0,15	-0,09	0,10
0,58	-0,04	0,04	-0,06	0,07	-0,11	0,16	-0,12	0,15	-0,09	0,10
0,59	-0,04	0,04	-0,06	0,07	-0,11	0,17	-0,12	0,16	-0,09	0,11
0,60	-0,04	0,04	-0,06	0,08	-0,11	0,18	-0,12	0,16	-0,09	0,11
0,61	-0,04	0,04	-0,06	0,08	-0,12	0,18	-0,13	0,16	-0,09	0,11
0,62	-0,04	0,05	-0,07	0,08	-0,12	0,19	-0,13	0,16	-0,09	0,11
0,63	-0,04	0,05	-0,07	0,08	-0,12	0,20	-0,13	0,17	-0,10	0,11
0,64	-0,04	0,05	-0,07	0,09	-0,13	0,20	-0,13	0,17	-0,10	0,12
0,65	-0,05	0,05	-0,07	0,09	-0,13	0,21	-0,13	0,17	-0,10	0,12
0,66	-0,05	0,05	-0,07	0,09	-0,13	0,22	-0,14	0,17	-0,10	0,12
0,67	-0,05	0,05	-0,08	0,10	-0,14	0,23	-0,14	0,18	-0,10	0,12
0,68	-0,05	0,06	-0,08	0,10	-0,14	0,24	-0,14	0,18	-0,10	0,12
0,69	-0,05	0,06	-0,08	0,10	-0,14	0,24	-0,14	0,18	-0,10	0,12
0,70	-0,05	0,06	-0,08	0,11	-0,15	0,25	-0,14	0,19	-0,11	0,13
0,71	-0,05	0,06	-0,09	0,11	-0,15	0,26	-0,15	0,19	-0,11	0,13
0,72	-0,05	0,06	-0,09	0,11	-0,16	0,27	-0,15	0,19	-0,11	0,13
0,73	-0,06	0,07	-0,09	0,12	-0,16	0,28	-0,15	0,19	-0,11	0,13
0,74	-0,06	0,07	-0,09	0,12	-0,16	0,29	-0,15	0,20	-0,11	0,13
0,75	-0,06	0,07	-0,09	0,12	-0,17	0,30	-0,15	0,20	-0,11	0,14
0,76	-0,06	0,07	-0,10	0,13	-0,17	0,31	-0,16	0,20	-0,12	0,14
0,77	-0,06	0,07	-0,10	0,13	-0,18	0,32	-0,16	0,20	-0,12	0,14
0,78	-0,06	0,08	-0,10	0,13	-0,18	0,33	-0,16	0,21	-0,12	0,14
0,79	-0,07	0,08	-0,10	0,14	-0,18	0,34	-0,16	0,21	-0,12	0,14
0,80	-0,07	0,08	-0,11	0,14	-0,19	0,35	-0,16	0,21	-0,12	0,14
0,81	-0,07	0,08	-0,11	0,15	-0,19	0,36	-0,17	0,21	-0,12	0,15
0,82	-0,07	0,08	-0,11	0,15	-0,20	0,37	-0,17	0,22	-0,12	0,15
0,83	-0,07	0,09	-0,11	0,15	-0,20	0,38	-0,17	0,22	-0,13	0,15
0,84	-0,07	0,09	-0,12	0,16	-0,20	0,39	-0,17	0,22	-0,13	0,15
0,85	-0,08	0,09	-0,12	0,16	-0,21	0,40	-0,17	0,23	-0,13	0,15
0,86	-0,08	0,09	-0,12	0,17	-0,21	0,41	-0,18	0,23	-0,13	0,15
0,87	-0,08	0,09	-0,12	0,17	-0,22	0,43	-0,18	0,23	-0,13	0,16
0,88	-0,08	0,10	-0,13	0,18	-0,22	0,44	-0,18	0,23	-0,13	0,16
0,89	-0,08	0,10	-0,13	0,18	-0,23	0,45	-0,18	0,24	-0,13	0,16
0,90	-0,08	0,10	-0,13	0,18	-0,23	0,46	-0,18	0,24	-0,13	0,16
0,91	-0,09	0,10	-0,14	0,19	-0,23	0,48	-0,19	0,24	-0,14	0,16
0,92	-0,09	0,11	-0,14	0,19	-0,24	0,49	-0,19	0,24	-0,14	0,17
0,93	-0,09	0,11	-0,14	0,20	-0,24	0,51	-0,19	0,25	-0,14	0,17
0,94	-0,09	0,11	-0,14	0,20	-0,25	0,52	-0,19	0,25	-0,14	0,17
0,95	-0,09	0,11	-0,15	0,21	-0,25	0,53	-0,19	0,25	-0,14	0,17
0,96	-0,10	0,12	-0,15	0,21	-0,26	0,55	-0,20	0,25	-0,14	0,17

b	Fórmula (1.28)						Fórmula (1.30)			
	$\sigma(\bar{M}) = 0,03$		$\sigma(\bar{M}) = 0,05$		$\sigma(\bar{M}) = 0,10$		N=50		N=100	
	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +
0,97	-0,10	0,12	-0,15	0,22	-0,26	0,56	-0,20	0,26	-0,15	0,17
0,98	-0,10	0,12	-0,15	0,22	-0,27	0,58	-0,20	0,26	-0,15	0,18
0,99	-0,10	0,12	-0,16	0,23	-0,27	0,59	-0,20	0,26	-0,15	0,18
1,00	-0,10	0,13	-0,16	0,23	-0,28	0,61	-0,20	0,27	-0,15	0,18
1,01	-0,11	0,13	-0,16	0,24	-0,28	0,62	-0,21	0,27	-0,15	0,18
1,02	-0,11	0,13	-0,17	0,24	-0,29	0,64	-0,21	0,27	-0,15	0,18
1,03	-0,11	0,14	-0,17	0,25	-0,29	0,66	-0,21	0,27	-0,16	0,19
1,04	-0,11	0,14	-0,17	0,25	-0,30	0,67	-0,21	0,28	-0,16	0,19
1,05	-0,11	0,14	-0,18	0,26	-0,30	0,69	-0,21	0,28	-0,16	0,19
1,06	-0,12	0,14	-0,18	0,27	-0,31	0,71	-0,22	0,28	-0,16	0,19
1,07	-0,12	0,15	-0,18	0,27	-0,31	0,73	-0,22	0,28	-0,16	0,19
1,08	-0,12	0,15	-0,18	0,28	-0,32	0,74	-0,22	0,29	-0,16	0,19
1,09	-0,12	0,15	-0,19	0,28	-0,32	0,76	-0,22	0,29	-0,16	0,20
1,10	-0,12	0,16	-0,19	0,29	-0,33	0,78	-0,22	0,29	-0,17	0,20
1,11	-0,13	0,16	-0,19	0,29	-0,33	0,80	-0,23	0,29	-0,17	0,20
1,12	-0,13	0,16	-0,20	0,30	-0,34	0,82	-0,23	0,30	-0,17	0,20
1,13	-0,13	0,17	-0,20	0,31	-0,34	0,84	-0,23	0,30	-0,17	0,20
1,14	-0,13	0,17	-0,20	0,31	-0,35	0,86	-0,23	0,30	-0,17	0,21
1,15	-0,13	0,17	-0,21	0,32	-0,35	0,88	-0,23	0,31	-0,17	0,21
1,16	-0,14	0,18	-0,21	0,33	-0,36	0,90	-0,24	0,31	-0,17	0,21
1,17	-0,14	0,18	-0,21	0,33	-0,36	0,92	-0,24	0,31	-0,18	0,21
1,18	-0,14	0,18	-0,22	0,34	-0,37	0,94	-0,24	0,31	-0,18	0,21
1,19	-0,14	0,19	-0,22	0,35	-0,37	0,96	-0,24	0,32	-0,18	0,21
1,20	-0,15	0,19	-0,22	0,35	-0,38	0,99	-0,25	0,32	-0,18	0,22
1,21	-0,15	0,19	-0,23	0,36	-0,38	1,01	-0,25	0,32	-0,18	0,22
1,22	-0,15	0,20	-0,23	0,37	-0,39	1,03	-0,25	0,32	-0,18	0,22
1,23	-0,15	0,20	-0,23	0,37	-0,39	1,05	-0,25	0,33	-0,19	0,22
1,24	-0,15	0,20	-0,24	0,38	-0,40	1,08	-0,25	0,33	-0,19	0,22
1,25	-0,16	0,21	-0,24	0,39	-0,40	1,10	-0,26	0,33	-0,19	0,23
1,26	-0,16	0,21	-0,24	0,39	-0,41	1,12	-0,26	0,33	-0,19	0,23
1,27	-0,16	0,21	-0,25	0,40	-0,41	1,15	-0,26	0,34	-0,19	0,23
1,28	-0,16	0,22	-0,25	0,41	-0,42	1,17	-0,26	0,34	-0,19	0,23
1,29	-0,17	0,22	-0,25	0,42	-0,43	1,19	-0,26	0,34	-0,19	0,23
1,30	-0,17	0,22	-0,26	0,42	-0,43	1,22	-0,27	0,34	-0,20	0,23
1,31	-0,17	0,23	-0,26	0,43	-0,44	1,24	-0,27	0,35	-0,20	0,24
1,32	-0,17	0,23	-0,27	0,44	-0,44	1,27	-0,27	0,35	-0,20	0,24
1,33	-0,18	0,24	-0,27	0,45	-0,45	1,29	-0,27	0,35	-0,20	0,24
1,34	-0,18	0,24	-0,27	0,46	-0,45	1,32	-0,27	0,36	-0,20	0,24
1,35	-0,18	0,24	-0,28	0,46	-0,46	1,34	-0,28	0,36	-0,20	0,24
1,36	-0,18	0,25	-0,28	0,47	-0,46	1,37	-0,28	0,36	-0,20	0,25
1,37	-0,19	0,25	-0,28	0,48	-0,47	1,39	-0,28	0,36	-0,21	0,25
1,38	-0,19	0,26	-0,29	0,49	-0,48	1,42	-0,28	0,37	-0,21	0,25
1,39	-0,19	0,26	-0,29	0,50	-0,48	1,44	-0,28	0,37	-0,21	0,25
1,40	-0,19	0,26	-0,29	0,50	-0,49	1,47	-0,29	0,37	-0,21	0,25
1,41	-0,20	0,27	-0,30	0,51	-0,49	1,49	-0,29	0,37	-0,21	0,25
1,42	-0,20	0,27	-0,30	0,52	-0,50	1,52	-0,29	0,38	-0,21	0,26
1,43	-0,20	0,28	-0,31	0,53	-0,50	1,54	-0,29	0,38	-0,22	0,26
1,44	-0,20	0,28	-0,31	0,54	-0,51	1,57	-0,29	0,38	-0,22	0,26
1,45	-0,21	0,29	-0,31	0,55	-0,52	1,59	-0,30	0,38	-0,22	0,26
1,46	-0,21	0,29	-0,32	0,56	-0,52	1,62	-0,30	0,39	-0,22	0,26
1,47	-0,21	0,29	-0,32	0,57	-0,53	1,65	-0,30	0,39	-0,22	0,27
1,48	-0,21	0,30	-0,33	0,58	-0,53	1,67	-0,30	0,39	-0,22	0,27
1,49	-0,22	0,30	-0,33	0,59	-0,54	1,70	-0,30	0,40	-0,22	0,27
1,50	-0,22	0,31	-0,33	0,59	-0,55	1,72	-0,31	0,40	-0,23	0,27
1,51	-0,22	0,31	-0,34	0,60	-0,55	1,75	-0,31	0,40	-0,23	0,27
1,52	-0,23	0,32	-0,34	0,61	-0,56	1,77	-0,31	0,40	-0,23	0,27
1,53	-0,23	0,32	-0,35	0,62	-0,56	1,80	-0,31	0,41	-0,23	0,28

b	Fórmula (1.28)						Fórmula (1.30)			
	$\sigma(\bar{M}) = 0,03$		$\sigma(\bar{M}) = 0,05$		$\sigma(\bar{M}) = 0,10$		N=50		N=100	
	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +	error -	error +
1,54	-0,23	0,33	-0,35	0,63	-0,57	1,82	-0,31	0,41	-0,23	0,28
1,55	-0,23	0,33	-0,35	0,64	-0,58	1,85	-0,31	0,41	-0,23	0,28
1,56	-0,24	0,34	-0,36	0,65	-0,58	1,87	-0,32	0,41	-0,23	0,28
1,57	-0,24	0,34	-0,36	0,66	-0,59	1,89	-0,32	0,42	-0,24	0,28
1,58	-0,24	0,35	-0,37	0,67	-0,59	1,92	-0,32	0,42	-0,24	0,29
1,59	-0,24	0,35	-0,37	0,68	-0,60	1,94	-0,32	0,42	-0,24	0,29
1,60	-0,25	0,36	-0,37	0,69	-0,61	1,97	-0,33	0,42	-0,24	0,29
1,61	-0,25	0,36	-0,38	0,71	-0,61	1,99	-0,33	0,43	-0,24	0,29
1,62	-0,25	0,36	-0,38	0,72	-0,62	2,01	-0,33	0,43	-0,24	0,29
1,63	-0,26	0,37	-0,39	0,73	-0,63	2,04	-0,33	0,43	-0,25	0,29
1,64	-0,26	0,38	-0,39	0,74	-0,63	2,06	-0,33	0,44	-0,25	0,30
1,65	-0,26	0,38	-0,39	0,75	-0,64	2,08	-0,34	0,44	-0,25	0,30
1,66	-0,26	0,39	-0,40	0,76	-0,64	2,10	-0,34	0,44	-0,25	0,30
1,67	-0,27	0,39	-0,40	0,77	-0,65	2,13	-0,34	0,44	-0,25	0,30
1,68	-0,27	0,40	-0,41	0,78	-0,66	2,15	-0,34	0,45	-0,25	0,30
1,69	-0,27	0,40	-0,41	0,79	-0,66	2,17	-0,34	0,45	-0,25	0,31
1,70	-0,28	0,41	-0,42	0,81	-0,67	2,19	-0,35	0,45	-0,26	0,31
1,71	-0,28	0,41	-0,42	0,82	-0,68	2,21	-0,35	0,45	-0,26	0,31
1,72	-0,28	0,42	-0,42	0,83	-0,68	2,23	-0,35	0,46	-0,26	0,31
1,73	-0,29	0,42	-0,43	0,84	-0,69	2,25	-0,35	0,46	-0,26	0,31
1,74	-0,29	0,43	-0,43	0,85	-0,70	2,27	-0,35	0,46	-0,26	0,31
1,75	-0,29	0,43	-0,44	0,87	-0,70	2,29	-0,36	0,46	-0,26	0,32
1,76	-0,29	0,44	-0,44	0,88	-0,71	2,31	-0,36	0,47	-0,26	0,32
1,77	-0,30	0,45	-0,45	0,89	-0,72	2,33	-0,36	0,47	-0,27	0,32
1,78	-0,30	0,45	-0,45	0,90	-0,72	2,35	-0,36	0,47	-0,27	0,32
1,79	-0,30	0,46	-0,45	0,92	-0,73	2,36	-0,36	0,48	-0,27	0,32
1,80	-0,31	0,46	-0,46	0,93	-0,74	2,38	-0,37	0,48	-0,27	0,32
1,81	-0,31	0,47	-0,46	0,94	-0,74	2,40	-0,37	0,48	-0,27	0,33
1,82	-0,31	0,47	-0,47	0,95	-0,75	2,42	-0,37	0,48	-0,27	0,33
1,83	-0,32	0,48	-0,47	0,97	-0,76	2,43	-0,37	0,49	-0,27	0,33
1,84	-0,32	0,49	-0,48	0,98	-0,76	2,45	-0,38	0,49	-0,28	0,33
1,85	-0,32	0,49	-0,48	0,99	-0,77	2,46	-0,38	0,49	-0,28	0,33
1,86	-0,33	0,50	-0,49	1,01	-0,78	2,48	-0,38	0,49	-0,28	0,34
1,87	-0,33	0,50	-0,49	1,02	-0,78	2,50	-0,38	0,50	-0,28	0,34
1,88	-0,33	0,51	-0,50	1,04	-0,79	2,51	-0,38	0,50	-0,28	0,34
1,89	-0,34	0,52	-0,50	1,05	-0,80	2,52	-0,39	0,50	-0,28	0,34
1,90	-0,34	0,52	-0,50	1,06	-0,80	2,54	-0,39	0,50	-0,29	0,34
1,91	-0,34	0,53	-0,51	1,08	-0,81	2,55	-0,39	0,51	-0,29	0,34
1,92	-0,35	0,54	-0,51	1,09	-0,82	2,57	-0,39	0,51	-0,29	0,35
1,93	-0,35	0,54	-0,52	1,11	-0,82	2,58	-0,39	0,51	-0,29	0,35
1,94	-0,35	0,55	-0,52	1,12	-0,83	2,59	-0,40	0,52	-0,29	0,35
1,95	-0,36	0,55	-0,53	1,13	-0,84	2,61	-0,40	0,52	-0,29	0,35
1,96	-0,36	0,56	-0,53	1,15	-0,84	2,62	-0,40	0,52	-0,29	0,35
1,97	-0,36	0,57	-0,54	1,16	-0,85	2,63	-0,40	0,52	-0,30	0,36
1,98	-0,37	0,57	-0,54	1,18	-0,86	2,64	-0,40	0,53	-0,30	0,36
1,99	-0,37	0,58	-0,55	1,19	-0,87	2,65	-0,41	0,53	-0,30	0,36
2,00	-0,37	0,59	-0,55	1,21	-0,87	2,66	-0,41	0,53	-0,30	0,36
2,00	-0,37	0,59	-0,55	1,21	-0,87	2,66	-0,41	0,53	-0,30	0,36

Tabla 1.1. Error para el valor del coeficiente b (0,40-2,00), calculado para las fórmulas (1.28) y (1.30) para un nivel de confianza del 90%.

1.3 Desviaciones de la linealidad y variaciones

La ley de Gutenberg-Richter muestra una relación lineal entre $\log N$ y M . Sin embargo, la relación lineal sólo se mantiene para un determinado rango de magnitudes $M_1 \leq M \leq M_2$. Para las magnitudes más grandes ($M \geq 7,3$) y las más pequeñas no se mantiene la relación lineal.

- Para las magnitudes más pequeñas es, en general, la falta de sensibilidad de los aparatos, que no recoge los terremotos más pequeños, la causa de la falta de plenitud de los catálogos. Sin embargo, estudios recientes sugieren que en realidad el número de terremotos de magnitudes pequeñas es en realidad menos numeroso de lo que se podría suponer por la extrapolación de los terremotos de magnitudes moderadas (Lombardi, 2003).
- Para magnitudes grandes, este fenómeno de no-linealidad, se suele achacar a la saturación que sufren las escalas de magnitud y a la duración limitada de los catálogos sísmicos, ya que los terremotos más grandes pueden no haberse presentado en el período de tiempo que comprende el catálogo. Algunos autores han utilizado la magnitud momento, que no se satura para magnitudes grandes, en sus estudios. Observan como a partir de una magnitud momento límite o máxima la distribución se aleja del comportamiento lineal, proponiendo entonces nuevas leyes. Pacheco *et al.* (1992) encuentran que la ruptura de la relación lineal, desde los terremotos pequeños a los grandes, se produce cuando la dimensión del suceso iguala la altura de la capa sismogénica (figura 1.9). Es decir, las limitaciones geométricas son distintas según sean terremotos grandes o terremotos pequeños. Mientras que los terremotos pequeños pueden crecer en longitud y altura, los terremotos más grandes están confinados entre la superficie de la Tierra y la capa rígida-viscosa en el fondo. Esta diferencia en la dimensionabilidad de los terremotos tiene consecuencias en las propiedades de escala desde los terremotos pequeños a los grandes.

Se ha señalado con anterioridad que los investigadores no se ponen de acuerdo sobre las variaciones espaciales y temporales del valor de b . Kulhanek (2005) señala varias causas como posibles explicaciones de las variaciones observadas en el valor del coeficiente b :

- Tensiones altas y bajas ocasionan series de terremotos con valores de b bajos y altos (Scholz, 1968; Wyss, 1973).
- Grandes heterogeneidades en el material se corresponden con mayores valores de b (Mogi, 1962).
- Ensayos de laboratorio (Warren y Latham, 1970) han demostrado que un incremento en el gradiente térmico causa un incremento del valor del coeficiente b de 1,2 a 2,7.
- Suyehiro *et al.*, (1964) han demostrado que las réplicas tiene un valor de b alto, por el contrario, los precursores muestran un valor de b bajo.
- Los enjambres, normalmente relacionados con la actividad volcánica, generan un valor del coeficiente b muy alto que puede llegar hasta 2,5.
- Se ha observado que el valor del coeficiente b varía lateralmente y con la profundidad.
- Estudios paleosísmicos se desvían a veces de la ley Gutenberg-Richter determinada sismológicamente
- Con muestras temporales pequeñas, el valor de b se estima razonablemente bien para los terremotos pequeños, pero no para los grandes.
- Investigaciones actuales demuestran que las fallas de empuje están asociadas con valores más bajos de b que las fallas normales.

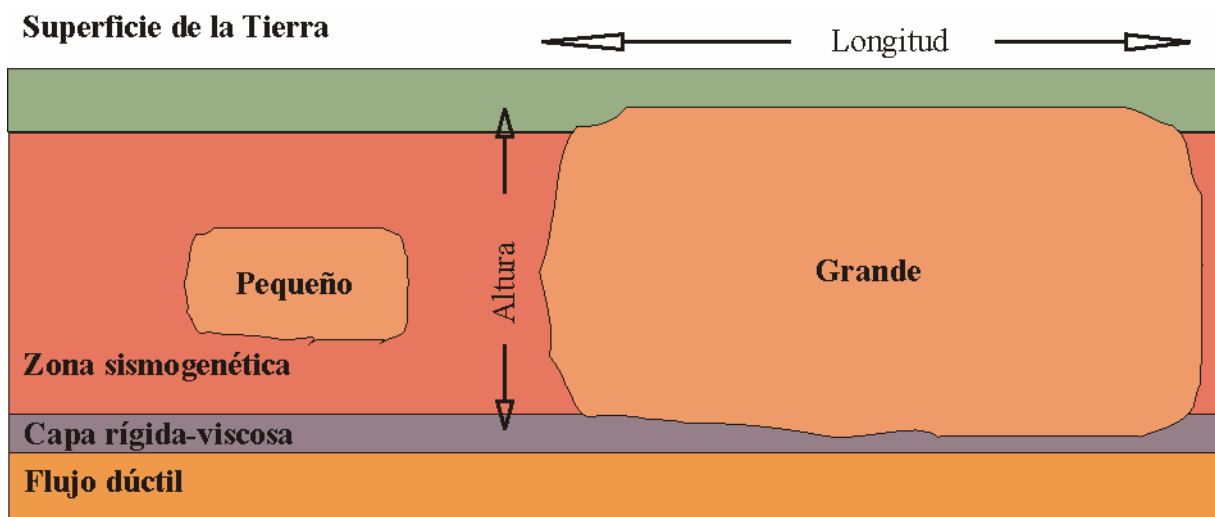


Figura 1.9. Modelo teórico para los terremotos grandes y pequeños en la corteza terrestre.

Kagan (1999) considera que el valor del coeficiente b es una constante universal para los catálogos de terremotos superficiales desagrupados y los sucesos profundos. Señala como causas de las variaciones de los valores de b :

- Las diferencias se pueden atribuir a fluctuaciones aleatorias debidas a un número insuficiente de terremotos catalogados en las zonas sísmicas.
- Errores sistemáticos pueden influir significativamente en la estimada del valor de b , que puede diferir significativamente y sin correlación previa obvia para varios regímenes tectónicos, dependiendo de la escala de magnitud utilizada (Kagan, 1991; Frochlich y Davis, 1993).
- Las regiones sísmicas pueden tener diferentes propiedades físicas que pueden influir en el valor del coeficiente b : la edad de la capa de subducción, la tasa de convergencia de la placa, composición de la capa, ángulo de buzamiento, etc. (McCaffrey, 1997).

1.4 Relaciones momento sísmico-frecuencia

La distribución del tamaño de los terremotos pequeños y medianos sigue la ley de Gutenberg-Richter. Sucede de manera similar para terremotos moderados y grandes en regiones sismogénicas grandes (Utsu, 1999).

La distribución del momento sísmico es un tema de investigación reciente (Utsu, 1999; Godano y Pingue, 2000; Main, 2000; Leonard *et al.* 2001; Kagan 2002). Y pretende resolver la distribución de los terremotos más grandes.

La magnitud momento (M_0) se estima utilizando el momento sísmico escalar:

$$M_0 = \frac{2}{3} \log_{10} M - 6 \quad (1.33)$$

Donde el momento se mide en Newton metro (Nm).

Para el momento sísmico escalar la ley de Gutenberg-Richter (1.2) se puede transformar en la distribución de Pareto:

$$\Phi(M) = BM_t^B M^{-1-B} \text{ para } M_t \leq M \quad (1.34)$$

Siendo B el parámetro índice de la distribución, $B = \frac{2}{3}b$ (ver ec. 1.33) y M_l la magnitud límite inferior para la cual el catálogo está completo.

La cola de densidad de distribución debe tener una caída más fuerte que M^{-1-B} con $B > 1$. El problema se resuelve generalmente introduciendo en la distribución un parámetro adicional llamado momento máximo (M_x).

Kagan (2002) señala varios requerimientos para la distribución estadística del momento sísmico:

- La distribución debe tener una parte invariante con la escala extendida, que describa los terremotos pequeños y moderados.
- La distribución debe tener un número pequeño de parámetros libres, si se asume que por encima del borde superior los terremotos siguen una distribución potencial con exponente universal B , los datos disponibles en la distribución de momento sísmico no requieren o no soportan más de dos grados de libertad (Utsu, 1999).
- No se garantiza un corte pronunciado en la cola de los sucesos grandes ya que contradice el comportamiento conocido de los sistemas dinámicos físicos disipativos que requieren una transición suave.

Según se observa en la figura (1.10) Kagan (2002) estudia cuatro distribuciones teóricas para describir la relación momento sísmico-frecuencia:

- La distribución característica.
- La distribución truncada de Pareto o Gutenberg-Richter.
- La distribución curvada de Gutenberg-Richter (Pareto).
- La distribución gamma.

Según se observa las cuatro funciones de distribución se comportan de modo similar a la ley de Gutenberg-Richter hasta aproximadamente un momento sísmico de 10^{20} Nm (equivalente a una magnitud momento de 7,3), a partir del cual la tasa decae de modo exponencial. Las dos funciones que mejor se comportan para describir la distribución de

terremotos más grandes son la distribución gamma y la distribución de curvada de Gutenberg-Richter.

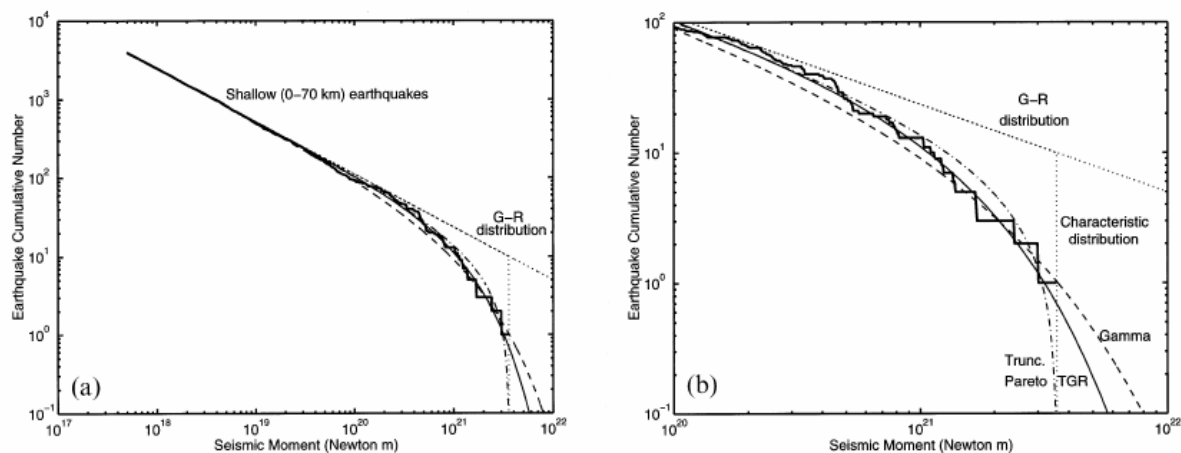


Figura 1.10. Número acumulativo de terremotos versus el logaritmo del momento sísmico para la distribución global de terremotos superficiales en el catálogo de Harvard entre 1/1/1977 y 31/12/2000. La distribución característica, línea de puntos; la distribución truncada de Pareto, línea de puntos y rayas; la distribución curvada de Gutenberg-Richter, línea continua fina; la distribución gamma, línea de trazos (Kagan, 2002).

1.5 Conclusiones

La distribución del tamaño de los terremotos ha sido objeto de numerosas investigaciones desde principios del siglo XX. En 1954 Gutenberg y Richter enunciaron la ley que lleva su nombre y que relaciona el número de terremotos (N) con la magnitud (M) (1.2).

El coeficiente a de la ley de Gutenberg y Richter refleja la actividad sísmica. El valor del coeficiente b es un parámetro muy utilizado en los estudios de peligrosidad sísmica. Un valor alto del coeficiente indica que predomina el número de terremotos de pequeña magnitud. Por el contrario, un valor bajo es indicativo de una menor diferencia entre el número relativo de terremotos grandes y pequeños. El coeficiente b tiene normalmente un valor alrededor de 1,0.

Algunos investigadores afirman que el valor de b es universal y constante. Sin embargo, otros argumentan que existen variaciones espaciales y temporales en los valores del coeficiente b . En un periodo largo de tiempo y en regiones grandes $b \approx 1$, sin embargo, se observan variaciones significativas en áreas limitadas y períodos cortos de tiempo.

Gutenberg y Richter utilizaron el método de los mínimos cuadrados para resolver su ecuación. Este método adolece de varios problemas: la presencia incluso de sólo unos pocos terremotos grandes influye en el resultado significativamente, y este método no nos permite estimar la varianza misma de b .

Como alternativa al método de los mínimos cuadrados surge el método de máxima verosimilitud, que produce estimadas más estables cuando el número de terremotos grandes poco frecuentes cambia y, además, nos permite obtener el error estándar de b lo que permiten realizar pruebas estadísticas.

Se ha observado que, en general, la distribución del tamaño de los terremotos pequeños y moderados sigue la ley de Gutenberg y Richter. Sin embargo, el número de terremotos más grandes es menos frecuente de lo que cabría esperar. Por ello, se han sugerido leyes nuevas que describen la caída en la frecuencia de los terremotos más grandes.

Capítulo 2

Sismicidad de la Península Ibérica

2.1 Introducción

La sismicidad es el conjunto de todos los parámetros que definen el fenómeno del terremoto en la región focal, es decir, la descripción completa del fenómeno sísmico en su origen (Martín, 1984).

Para estudiar la sismicidad resulta importante, no sólo conocer la distribución espacial de los terremotos, sino también su ocurrencia en el tiempo. Ésta se puede asimilar a un proceso de sucesos puntuales, resultado de la relajación de esfuerzos que actúan de forma continua sobre una región. La forma más adecuada de estudiar las irregularidades de las series temporales de los terremotos es mediante un modelo estadístico.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Catálogo sísmico

López y Muñoz (2003) recopilaron las distintas fuentes de cálculo de la magnitud sísmica propuestas por distintos autores, cuyas estimaciones aparecen en los boletines de sismos próximos y en los catálogos españoles.

La base de datos utilizada es el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Desde 1961 el IGN calcula de manera rutinaria la magnitud de los sismos españoles. El IGN edita y distribuye sus boletines semanales, mensuales y definitivos, para la zona comprendida entre 35°N y 44°N, y 10°W y 5°E, desde 1981 hasta nuestros días. Para la estimación de la magnitud utiliza las fórmulas de amplitud y período, del máximo de tren de onda S , de Mezcua y Martínez-Solares (1983).

Para la determinación de la magnitud y la localización de los sismos anteriores a 1961 se ha utilizado el catálogo “Sismicidad del Área Ibero-Magrebí” (Mezcua y Martínez-Solares, 1983), donde aparecen datos de magnitud, calculada por duración, para los sismos anteriores a 1962. Para el período comprendido entre 1962-1980 la magnitud se calculó mediante la amplitud y el período.

La dificultad de medir la amplitud máxima en registros analógicos y su limitado rango dinámico, que hace que aparezcan en general saturados, haciendo casi imposible la obtención de la magnitud de manera fiable, ha impulsado a algunos autores como Tsumura (1967) a desarrollar fórmulas basadas en la duración de los registros. Lee *et al.* (1972) propusieron una fórmula basada en la duración total del registro, desde la primera fase P hasta que se alcanza el nivel de ruido, al final de la cola del tren de onda S . Esto ha llevado a utilizar una fórmula por duración para los sismos anteriores a 1962, y otra, a partir de la amplitud y período, para los sismos posteriores.

La fórmula de la magnitud a partir de la amplitud se obtuvo a partir de los registros de fase Lg o, en general, el máximo tren de ondas S , de una selección de terremotos de la zona

ibérica, cuyas magnitudes eran conocidas por haber sido calculadas con anterioridad por el United States Coast and Geodetic Survey (USCGS).

Para el ajuste de esta magnitud se utilizaron 30 terremotos del área de la Península Ibérica, pertenecientes al periodo 1962-1975, registrados en las estaciones de Toledo, Málaga y Alicante. Se realizó un ajuste de todas las observaciones a la magnitud calculada por el USCGS, del tipo:

$$m_{USCGS} = \log(A/T) + a \log \Delta + b \quad (2.1)$$

Donde A , T son la amplitud del desplazamiento del suelo y el periodo del máximo de tren de ondas S , respectivamente; Δ , la distancia epicentral; a y b las incógnitas, obteniéndose una fórmula que se decidió aplicar sólo hasta 3° de distancia epicentral:

$$m_{b,Lg} = \log \frac{A}{T} + 1,05 \log \Delta^\circ + 3,93 \quad \text{para } \Delta < 3^\circ \quad (2.2)$$

Para distancias mayores se decidió utilizar la magnitud del USCGS:

$$m_{b,Lg} = \log \frac{A}{T} + 1,66 \log \Delta^\circ + 3,30 \quad \text{para } \Delta > 3^\circ \quad (2.3)$$

Se comprobó sobre los datos su buen ajuste.

2.2.2 Condiciones exigibles al catálogo sísmico

Kulhanek (2005) señala los requisitos que debe cumplir un catálogo sísmico para la determinación del valor de b :

- El catálogo debe estar formado por terremotos cuya magnitud se haya calculado con el mismo formato. Para catálogos globales o regionales es mejor utilizar la magnitud de las ondas superficiales, M_S . Si los datos también incluyen terremotos con foco intermedio y profundo, se debe utilizar la magnitud de las ondas internas, m_b . Si el catálogo incluye

terremotos muy grandes se debe utilizar la magnitud momento, M_w , para evitar los efectos de saturación. Para catálogos locales se debe utilizar la magnitud local, M_L .

- El intervalo de tiempo que comprende el catálogo debe ser, al menos comparable, y, si es posible, mayor que el período de retorno del mayor terremoto esperado.
- Dependiendo del tipo de estudio, puede ser deseable generar sub-catálogos correspondientes a sub-regiones geográficas con características específicas diferentes.
- Para garantizar la plenitud de los datos, el análisis debe comprender únicamente terremotos con magnitudes iguales o mayores a la magnitud umbral, M_c .
- Para evitar los datos dependientes, el catálogo debe ser desagrupado eliminando las réplicas y los precursores.
- Siempre es deseable que el catálogo cubra un rango grande de magnitudes. Se requiere que cubra al menos tres o más unidades de magnitud.
- Antes del análisis, se debe emplear el número acumulativo de terremotos en función del tiempo se emplea para descubrir cambios drásticos en las tasas examinadas.
- En algunos estudios especiales es necesario examinar la estabilidad temporal o estacionariedad de los datos (estudiando las variaciones espaciales de b). Para ello se dividen los datos en varias partes para diferentes periodos de tiempo y se evalúan separadamente.

2.3 Marco metodológico

2.3.1 El catálogo sísmico del IGN

No se puede afirmar que el catálogo sísmico cumpla la condición de homogeneidad, en lo referente a los valores de magnitud, ya que el cálculo de los terremotos anteriores a 1962 se calcula por un procedimiento distinto. Sin embargo, como se verá más adelante, sólo se tomarán los datos del catálogo sísmico a partir de 1978 que es su año de plenitud para una magnitud $m_b \geq 3,0$. La sismicidad en la Península Ibérica es moderada con muy pocos terremotos de magnitud superior a cinco. El catálogo del IGN incluye datos de terremotos de foco intermedio y profundo. Por tanto, la utilización de la magnitud de las ondas internas resulta adecuada como unidad de medida del tamaño de los terremotos.

El procedimiento seguido para la localización espacial de los terremotos fue descrito por Mezcu y Martínez Solares (1983). Para los terremotos ocurridos durante los primeros años de la época instrumental, la localización de epicentros se realizaba a partir de la información macrosísmica disponible, o bien gráficamente, cuando los registros de las estaciones entonces existentes lo han permitido. Para los terremotos ocurridos a partir de 1955, la localización espacial de los terremotos se realizaba mediante el programa informático HYPO 71, basado en los tiempos de llegada de las distintas ondas a las estaciones de registro y en un modelo de la corteza, determinado a partir de perfiles sísmicos profundos y dispersión de ondas superficiales. Así, los errores de localización han ido disminuyendo muy rápidamente, pasando de un valor medio de 25 km en 1964 a un error de 3 km en la actualidad (Giner, 1996).

Por tanto, no puede afirmarse que exista homogeneidad en la localización espacial de los terremotos. Sin embargo, el uso de métodos zonificados, que consideran la sismicidad repartida dentro de áreas fuente, hace que los errores de localización tengan escasa influencia al realizar el modelo de la sismicidad.

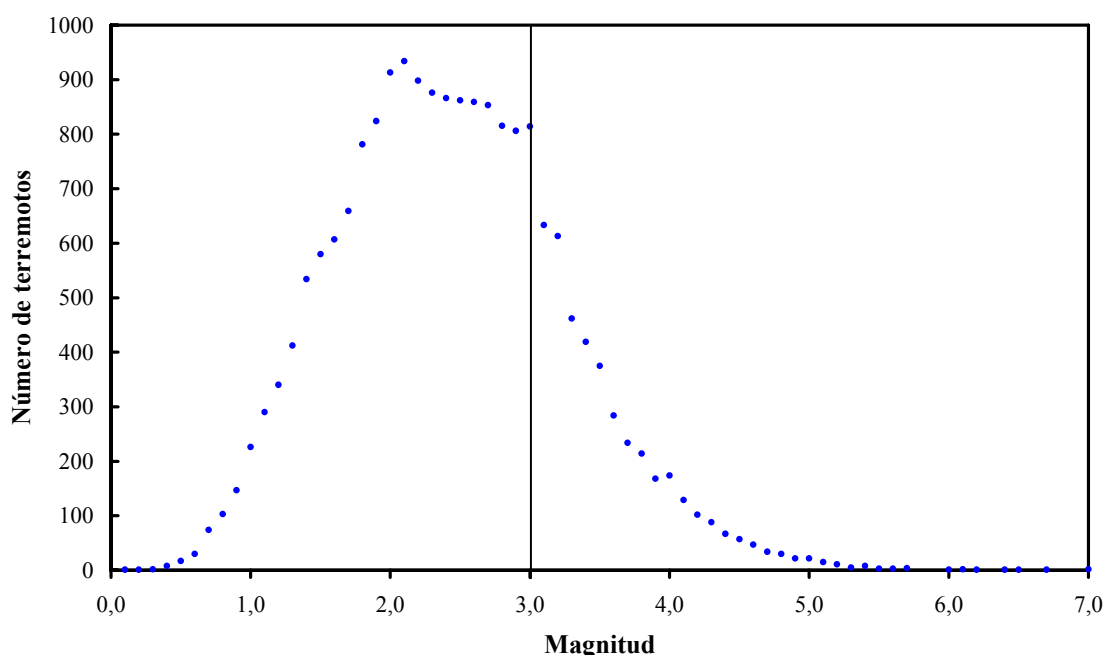


Figura 2.1. Número de terremotos de la base de datos del IGN, eliminado réplicas y precursores, frente a su magnitud.

En la figura 2.1 se representa la relación entre el número de terremotos del catálogo sísmico (eliminando réplicas y precursores) y la magnitud. Se observa como sigue una ley

exponencial desde una magnitud de 3,0. Dicha magnitud es la magnitud umbral o límite (M_c) a partir de la cual todos los terremotos han sido registrados.

La representación gráfica de la ley de Gutenberg-Richter (figura 2.2), para la frecuencia acumulada de terremotos y la magnitud, sigue aproximadamente una línea recta para los terremotos comprendidos entre 3,0 y 7,0.

Una vez obtenido el catálogo sísmico, el primer paso es la determinación, para toda el área y para cada magnitud, del año de plenitud del catálogo sísmico, definido como el año desde el cual todos los terremotos de magnitud mayor o igual a m_b han sido registrados. Para cada magnitud se ha representado el tiempo, en orden invertido, en el eje de abscisas, como aparece indicado en la figura 2.3, y el número acumulado de terremotos de magnitud mayor o igual que 3,0 en ordenadas.

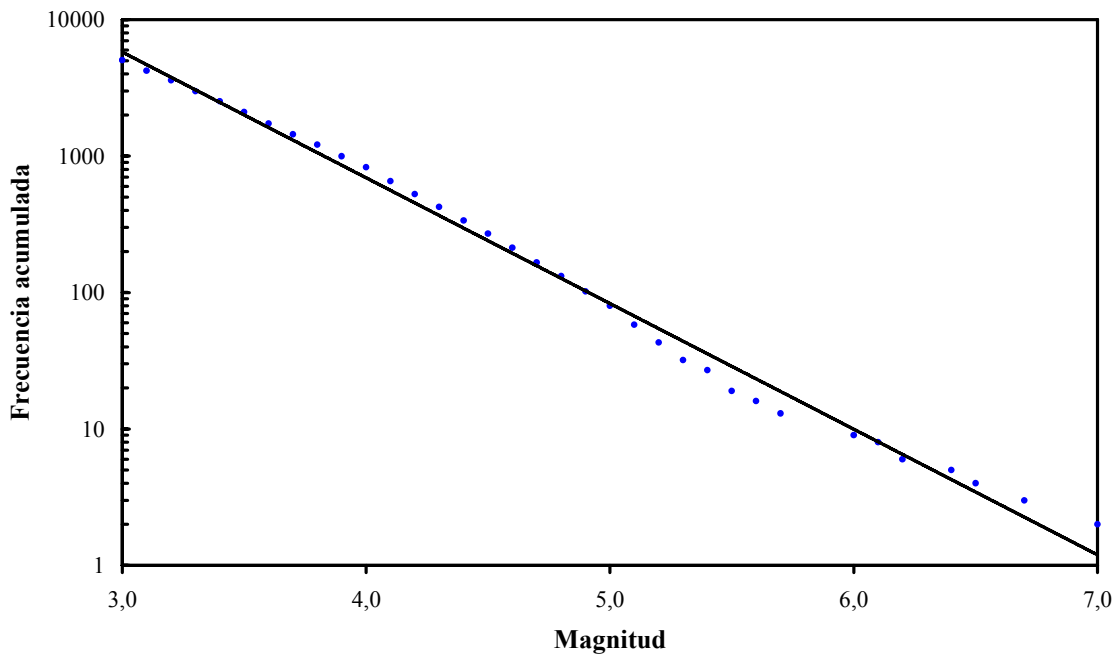


Figura 2.2. Ley de Gutenberg-Richter para los terremotos del catálogo del IGN, eliminando réplicas y precursoros.

Se observa que la pendiente de la curva, que representa la tasa anual, es constante hasta el año 1978, disminuyendo para años anteriores. Si se admite una ocurrencia de terremotos poissoniana, la tasa anual debería ser independiente del tiempo, de modo que el decrecimiento sistemático de esta tasa, cuando se acerca a los años iniciales del catálogo, se debe interpretar como una falta de plenitud debido al pequeño número de estaciones sismológicas que

operaban en aquel momento. En este caso, 1978 es el año de plenitud para una magnitud mayor o igual a 3,0.

Siguiendo este procedimiento, los años de plenitud del catálogo para magnitudes que varían desde 3,0 a 5,0 se muestran en la tabla 2.1. El año de plenitud decrece a medida que la magnitud aumenta, debido a que los terremotos mayores han sido registrados y catalogados antes.

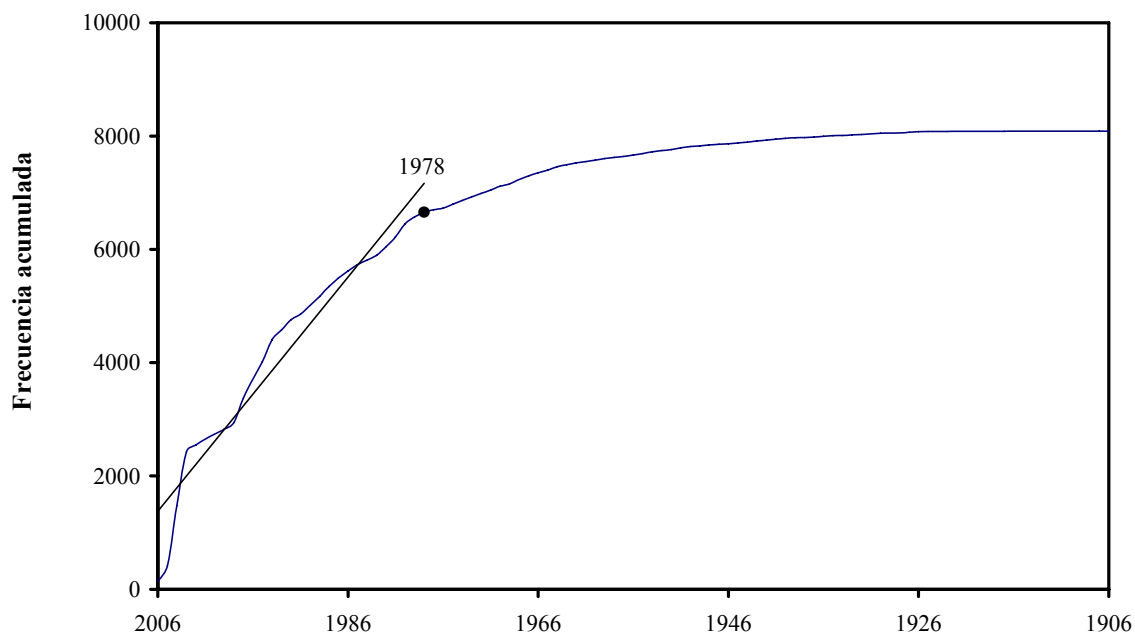


Figura 2.3. Determinación del año de plenitud del catálogo sísmico para $m_b \geq 3,0$.

$m_b \geq 3,0$	$m_b \geq 3,5$	$m_b \geq 4,0$	$m_b \geq 4,5$	$m_b \geq 5,0$
1978	1964	1950	1945	1941

Tabla 2.1. Año de plenitud del catálogo sísmico del IGN.

2.4 Análisis de los resultados

2.4.1 Ley de Gutenberg-Richter en la Península Ibérica

Se ha utilizado el método de máxima verosimilitud (1.4, 1.12) para obtener el valor del coeficiente b de la ley de Gutenberg y Richter. Se ha demostrado que el catálogo está completo para $m_b \geq 3,0$. Se han eliminado tanto réplicas como precursoros y se han escogido sólo los terremotos comprendidos entre 35°N y 44°N , y 10°W y 5°E . La muestra tiene 4.017

terremotos, cuyas magnitudes varían entre 3,0 y 7,0, en el período de 29 años comprendido entre 1978 y 2007.

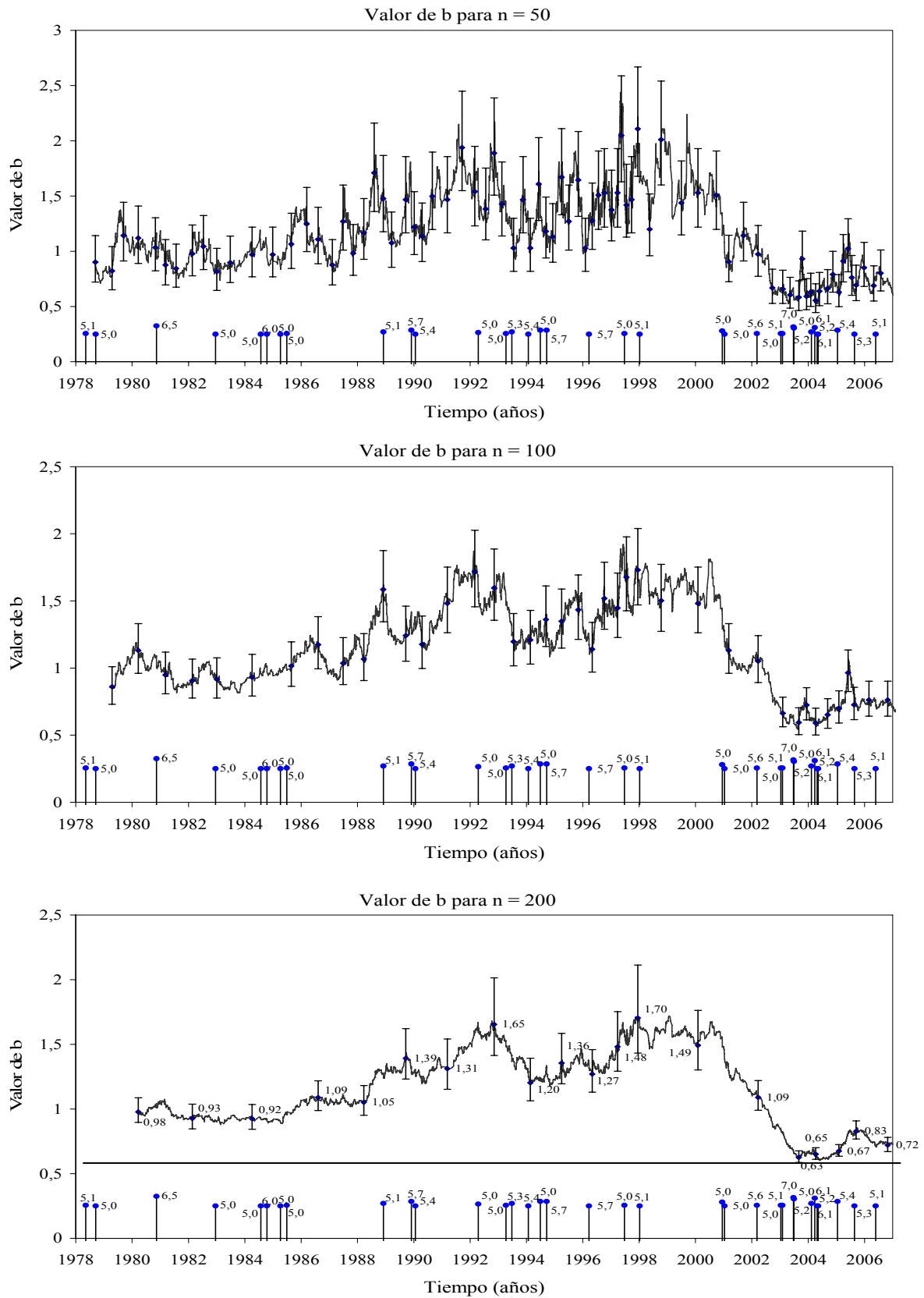


Figura 2.4. Variaciones del valor de b e intervalos de probabilidad del 90 por ciento para grupos de 50, 100 y 200 terremotos.

En primer lugar se ha estudiado la hipótesis de estacionariedad del valor de b , obteniéndose un valor de 1,02. El error estándar es $b = 1,02 \pm 0,016$ y ha sido calculado a partir de (1.31).

En la figura 2.4 aparece representada la curva $b(t)$ para intervalos de 50, 100 y 200 terremotos. También se representan los intervalos de probabilidad del 90 por ciento calculados a partir de (1.28), para los intervalos de 50 y 100 terremotos, y a partir de (1.30), para los intervalos de 200 terremotos (tabla 1.1).

La curva $b(t)$ presenta mayores fluctuaciones a medida que el intervalo de terremotos considerados disminuye. En la figura 2.4 se han representado también los terremotos de magnitud $\geq 5,0$. Se observa como existe cierta correlación entre las variaciones del valor de b y la ocurrencia de los terremotos más grandes. Así, por ejemplo, en el período comprendido entre 2003 y 2005, donde el valor del coeficiente b es mínimo, se corresponde con un período de abundancia de terremotos grandes.

El valor de b oscila entre un valor mínimo de 0,59 (+0,10, -0,09) en 2004 y un valor máximo de 1,73 (+0,31, -0,28) en 1998. En la figura 2.4 también se ha dibujado el valor obtenido para todos los datos mediante el método de máxima verosimilitud: 1,02. Se observa que existen variaciones significativas del valor de b en un período largo de tiempo y, por tanto, no se puede afirmar que el valor del coeficiente b permanezca estable con el tiempo.

Shi y Bolt (1982) obtuvieron un valor de 0,95 para los terremotos de magnitud $\geq 2,5$ en el centro de California. A. M. Lombardi (2003) obtuvo un valor de 0,96 para todos los terremotos a partir de la base de datos del sur de California. Kagan (2002) sugiere que el exponente B es universal ($B = 0,60 - 0,65$) para la distribución del momento sísmico lo que equivale a $b = 0,95 - 0,975$ para todos los terremotos de magnitud moderada. La sismicidad en la Península Ibérica es moderada con muy pocos terremotos grandes, por tanto es lógico suponer que el valor del coeficiente b sea algo mayor que en otras regiones (a mayor valor del coeficiente menor número relativo de terremotos grandes).

2.4.2 Ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

Una zona sismogénica es una fuente de terremotos con características sísmicas y tectónicas homogéneas. Esto quiere decir que el proceso de generación de sismos es, en cada zona, espacial y temporalmente homogéneo. Puede ser lineal, como una falla, una línea de fallas, o un conjunto de fallas paralelas que están próximas a una distancia considerable de la fuente; por el contrario, un área de fuentes puede ser un área donde las fallas sean demasiado numerosas, orientadas de modo aleatorio o no bien definidas. Desde un punto de vista tectónico una zona sismogénica puede incluir una o varias estructuras tectónicas. Por lo tanto, la determinación de su geometría debe basarse en datos sísmicos y tectónicos.

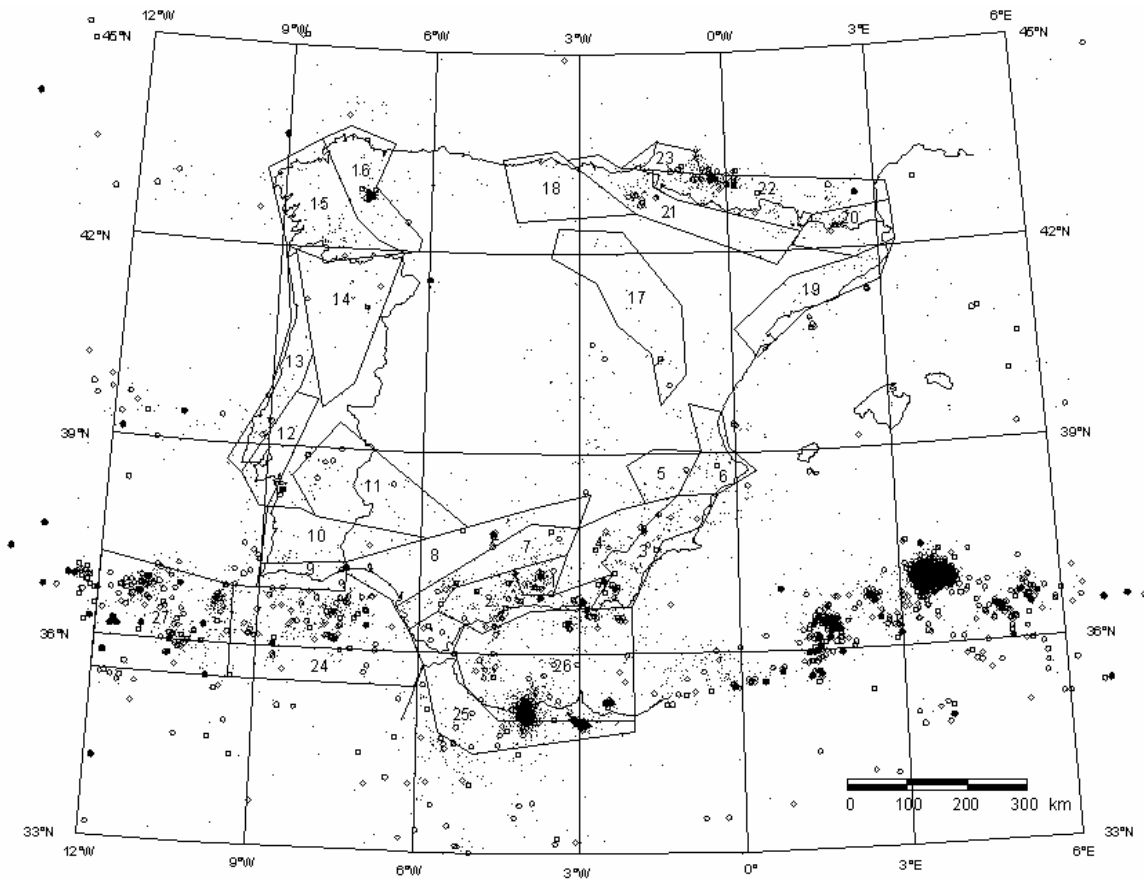


Figura 2.5. Zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984) y epicentros para el periodo 1978-2007 para terremotos de magnitud $\geq 3,0$.

De acuerdo con la hipótesis de la tectónica de placas, la deformación de la corteza terrestre tiene lugar en los límites entre sus placas. En el modelo idealizado de la tectónica de placas los límites son zonas de extensión (cadenas oceánicas), zonas de subducción (trincheras oceánicas), y fallas de transformación (tales como la falla de San Andrés). Los

desplazamientos relativos en las zonas de subducción y en las fallas de transformación ocurren en fallas bien definidas. Los desplazamientos a lo largo de estas fallas se asocian con grandes terremotos. Sin embargo, la deformación de la corteza terrestre es más compleja y normalmente asociada con zonas relativamente amplias; este es el caso del oeste de Andalucía, donde se supone que la falla Azores-Gibraltar puede ser una zona de subducción, pero los terremotos se asocian con amplias zonas de deformación (área de fuentes).

ZSG	Descripción
1.	Depresión de Granada
2.	Zona meridional de la región Bética
3.	Zona este del sistema Bético
4.	Cuenca cuaternaria de Guadix-Baza
5.	Zona de sismicidad moderada al norte del Sistema Bético
6.	Zona de sismicidad moderada que incluye la depresión de Valencia
7.	Zona Subbética
8.	Cuenca terciaria de la depresión del Guadalquivir
9.	Orla meridional portuguesa o Algarvia
10.	Unidad Surportuguesa
11.	Unidad tectónica Ossa Morena
12.	Cuenca del Bajo Tajo
13.	Orla Occidental Portuguesa
14.	Norte de Portugal
15.	Oeste de Galicia
16.	Este de Galicia
17.	Macizo Ibérico
18.	Oeste de la Cadena Pirenaica
19.	Cadena Costera Catalana
20.	Este de la Cadena Pirenaica
21.	Sur de la Cadena Pirenaica
22.	Norte de la Cadena Pirenaica
23.	Noreste de la Cadena Pirenaica
24.	Zona este de la falla Azores Gibraltar
25.	Norte de Marruecos y campo de Gibraltar
26.	Mar de Alborán
27.	Zona oeste de la falla Azores Gibraltar

Tabla 2.2. Zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).

En este estudio las zonas sismogénicas para la Península Ibérica se han elegido a partir de las fuentes establecidas por Martín (1984). Las veintisiete zonas están descritas en la tabla 2.2. Las zonas se han establecido teniendo en cuenta datos tectónicos, geológicos, sísmicos y gravimétricos.

Veintisiete zonas (fig. 2.5) afectan a la Península Ibérica. Algunos espacios vacíos entre ellas corresponden a zonas asísmicas, principalmente la meseta española. En el anejo 2 se muestra el año de plenitud calculado para las 27 zonas sismogénicas para $m_b \geq 3,0$, de modo similar a la fig. 2.3. En el anejo 3 aparece representada la ley de Gutenberg-Richter.

El estudio se ha realizado de modo similar a lo expuesto para la Península Ibérica completa obteniéndose los siguientes resultados:

ZSG	N	Tasa anual $M \geq 3,0$	Área (km ²)	Tasa anual/ Área (km ²)	\hat{a}	\hat{b}	β	$\sigma(\hat{b})$
1	150	5,14	3835	1,34E-03	4,95	1,41	3,25	0,13
2	228	7,82	13979	5,59E-04	4,45	1,18	2,72	0,08
3	127	4,36	13251	3,29E-04	4,50	1,29	2,96	0,13
4	66	2,26	11957	1,89E-04	4,18	1,27	2,93	0,17
5	22	0,87	7066	1,24E-04	4,80	1,62	3,73	0,41
6	39	1,38	9735	1,42E-04	6,66	2,17	5,00	0,39
7	113	4,32	13954	3,10E-04	5,18	1,51	3,49	0,14
8	43	1,47	22228	6,63E-05	2,91	0,92	2,11	0,15
9	21	0,77	6371	1,21E-04	3,49	1,20	2,76	0,29
10	44	2,56	15717	1,63E-04	7,40	2,33	5,37	0,39
11	52	2,35	27694	8,47E-05	4,69	1,44	3,31	0,23
12	20	0,50	9803	5,08E-05	2,73	1,01	2,33	0,11
13	37	1,41	13029	1,09E-04	4,01	1,29	2,96	0,25
14	37	1,75	26049	6,71E-05	4,43	1,40	3,22	0,22
15	81	4,02	22597	1,78E-04	6,81	2,07	4,76	0,22
16	55	2,87	15475	1,85E-04	5,08	1,54	3,55	0,32
17	29	1,07	26993	3,96E-05	5,28	1,75	4,03	0,42
18	17	0,58	15738	3,70E-05	4,40	1,54	3,54	0,33
19	32	1,18	16032	7,35E-05	5,78	1,90	4,38	0,39
20	54	1,68	10622	1,58E-04	5,11	1,63	3,75	0,28
21	82	2,63	19946	1,32E-04	5,01	1,53	3,52	0,20
22	384	12,32	22383	5,51E-04	5,52	1,48	3,40	0,08
23	60	2,06	4301	4,78E-04	4,68	1,46	3,35	0,20
24	395	13,55	46329	2,92E-04	4,02	0,96	2,22	0,05
25	229	5,85	24600	2,38E-04	3,64	0,96	2,20	0,05
26	531	18,21	48669	3,74E-04	4,67	1,14	2,62	0,05
27	442	15,16	38955	3,89E-04	3,27	0,70	1,60	0,03

Tabla 2.3. Valores obtenidos mediante el método de máxima verosimilitud para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).

El valor más bajo del coeficiente b (poca diferencia entre el número relativo de pequeños y grandes terremotos) se obtiene en la zona sismogénica 27 (zona oeste de la falla Azores Gibraltar) que ha sido la responsable de terremotos de gran intensidad producidos en el pasado. Le siguen, aunque a bastante distancia, la zona 8, 24 y 25, es decir, la cuenca terciaria de la depresión del Guadalquivir, la zona este de la falla Azores Gibraltar y el norte de Marruecos y campo de Gibraltar, respectivamente.

Por el contrario, los valores más altos del coeficiente b de la ley de Gutenberg-Richter se obtienen en las zonas sismogénicas 10, 6 y 15 (unidad Surportuguesa, depresión de Valencia y oeste de Galicia).

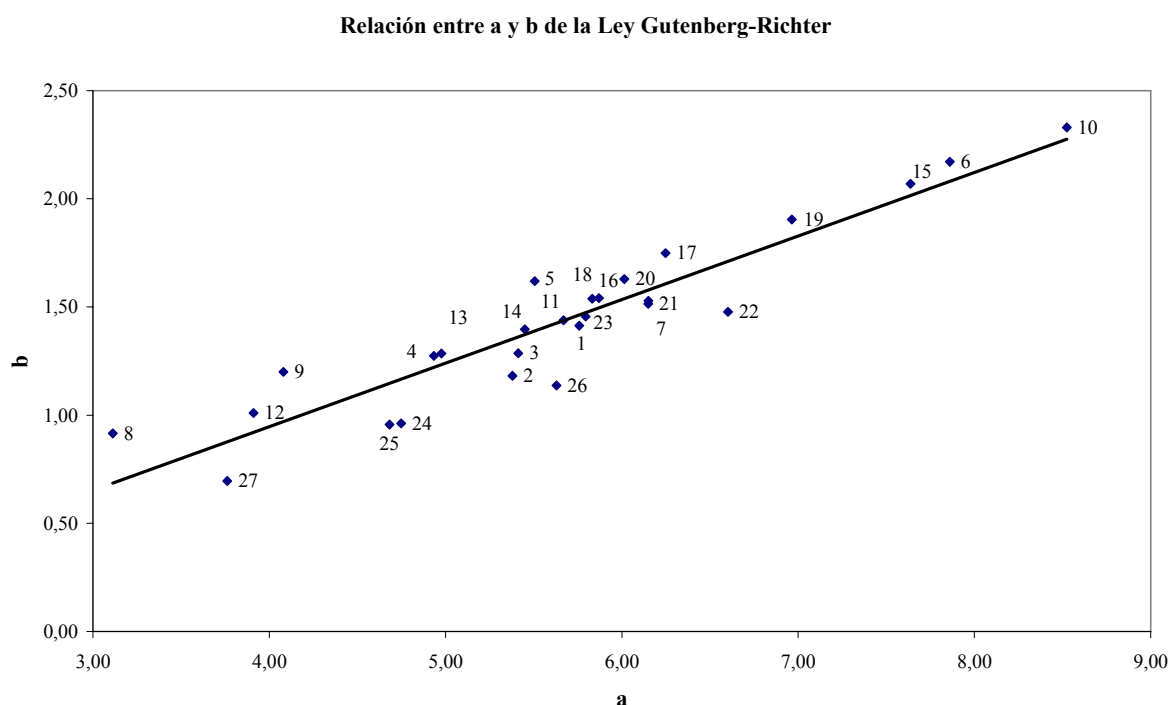


Figura 2.6. Relación entre el coeficiente a y b de la ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).

En la figura 2.6 se relacionan los valores obtenidos para el coeficiente a y b de la ley de Gutenberg-Richter. Se observa como existe una correlación clara entre ambos coeficientes aumentando el valor de la actividad sísmica, a , a medida que aumenta la distribución de tamaños, b .

Se ha estudiado del mismo modo la relación entre el coeficiente b y la tasa anual de terremotos por kilómetro cuadrado no observándose una correlación clara (figura 2.7). Sin

embargo, cabe destacar la alta tasa de terremotos por kilómetro cuadrado observados en la depresión de Granada comparada con el resto de zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

El macizo ibérico y el oeste de los Pirineos son las zonas que presentan una menor actividad sísmica.

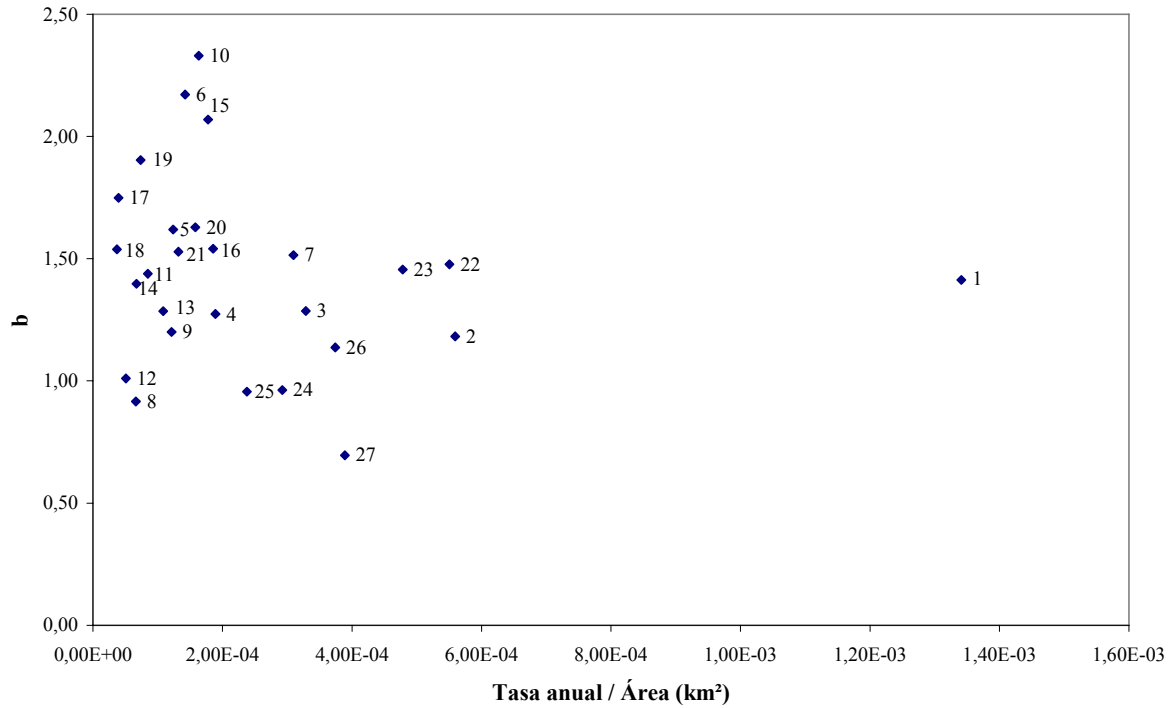


Figura 2.7. Relación entre la tasa anual por km² y el coeficiente b de la ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica (Martín, 1984).

2.5 Conclusiones

La sismicidad en la Península Ibérica es moderada con muy pocos terremotos de magnitud superior a cinco.

Se ha estudiado su sismicidad a partir de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) que calcula de manera rutinaria la magnitud de los sismos españoles desde 1961. Para ello, en primer lugar, se ha determinado la magnitud límite del catálogo, es decir, la magnitud a partir de la cual todos los terremotos han sido registrados y catalogados, obteniéndose un valor de $m_b \geq 3,0$. Una vez determinada la magnitud límite se ha

determinado el año de plenitud del catálogo sísmico para los sismos que superen dicha magnitud. El año de plenitud del catálogo sísmica es 1978 en este caso.

El método utilizado para la obtención del coeficiente b de la ley de Gutenberg-Richter para toda la Península Ibérica es el método de máxima verosimilitud. Obteniéndose un valor de 1,02 y un error estándar de 0,016. Se ha estudiado la variación del valor de b con el tiempo $b(t)$ concluyendo que no puede afirmarse que el valor del coeficiente b permanezca estable con el tiempo ya que existen variaciones significativas en su valor desde 0,59 (+0,11, -0,09) en 2004 a 1,737 (+0,31, -0,26) en 1998.

El valor más bajo del valor del coeficiente b de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica se ha obtenido en la zona oeste de la falla Azores Gibraltar, que ha sido la responsable de terremotos de gran intensidad producidos en el pasado (terremoto-maremoto de Lisboa de 1755). La depresión de Granada es la zona donde la tasa anual de terremotos por kilómetro cuadrado es mayor.

Capítulo 3

Utilización de reconocimiento de datos en la predicción de series temporales de terremotos

3.1 Introducción

Una serie temporal es una secuencia de valores observados a lo largo del tiempo y, por tanto, ordenados cronológicamente. Dada esta definición, es fácil encontrar datos que pueden ser representados como series temporales en muchas áreas de investigación.

El estudio del comportamiento pasado de una variable puede ser muy valioso para la predicción de su comportamiento futuro. Si, dado un conjunto de valores pasados, no se pueden predecir sus valores futuros con fiabilidad, se dice que la serie temporal es estocástica. Este estudio se encuadra en este contexto.

Si asumimos que la naturaleza de las series temporales de los terremotos es estocástica, la aproximación propuesta intenta demostrar que estas series temporales poseen algunos patrones temporales, posibilitando la realización de un modelo y, por tanto, haciendo posible su predicción. Para evitar los datos dependientes, tanto las réplicas como los precursores han sido eliminados de las series temporales de los terremotos utilizadas (Kulhanek, 2005).

Las series temporales de los terremotos y su predicción se analizan mediante la aplicación de técnicas de clustering (o agrupamiento). Para ser exacto, las zonas sismogénicas se utilizan como fuentes de terremotos. Una zona sismogénica es una fuente de terremotos con características sísmicas y tectónicas homogéneas. Esto quiere decir que el proceso de generación de terremotos es homogéneo espacial y temporalmente en cada zona. Puede ser lineal, como una falla, una línea de fallas o un conjunto de fallas paralelas. Sin embargo, una zona puede ser un área donde las fallas sean demasiado numerosas, estén orientadas de modo aleatorio o no estén bien definidas. Desde un punto de vista tectónico, una zona sismogénica puede incluir una o varias estructuras tectónicas y su geometría se basa en información histórica, sísmica y tectónica.

Durante más de cien años se ha buscado encontrar métodos fiables para predecir terremotos (Geller, 1997). La utilización de datos de sismicidad histórica en la predicción de terremotos es absolutamente relevante hoy día. De hecho, hay un grupo de trabajo muy importante conocido como RELM (Regional Earthquake Likelihood Model), que ha surgido con el objetivo de desarrollar varios modelos de las estimaciones de riesgo (Field, 2007).

Por tanto, el objetivo es encontrar patrones y poder realizar modelos del comportamiento de las series temporales que comprenden la ocurrencia de terremotos de magnitud moderada ($\geq 4,5$). Una vez que se extraigan dichos patrones, se utilizarán para predecir el comportamiento del sistema de modo tan preciso como sea posible.

Aunque las técnicas de clustering se han utilizado con éxito para estudiar series temporales (Martínez-Álvarez et al., 2007; Sfetsos y Siriopoulos, 2004), su aplicación a la ocurrencia de terremotos como una fase crucial para su predicción no ha sido explotada. Debemos remarcar que un grupo de terremotos menores precediendo o siguiendo a un terremoto mayor se denomina clustering por los sismólogos. Sin embargo, este concepto no se debe confundir con las técnicas de clustering que aquí se utilizan, que son uno de los

principales objetivos de la inteligencia artificial. En este sentido, la novedad reside en el descubrimiento de patrones basados en clustering y su utilización como precursores sísmicos en los datos temporales de los terremotos españoles.

El análisis de clusters es la base de muchos algoritmos de clasificación que producen modelos de sistemas (Yan y Ye, 2007). El objetivo principal de este análisis es generar agrupamientos de datos de una base de datos con la intención de producir una representación exacta del comportamiento del sistema. Por lo tanto, estos algoritmos están diseñados para extraer información útil y encontrar patrones en las series de datos.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Métodos de predicción basados en la sismicidad pasada

Numerosos autores han propuesto distintos métodos para predecir la ocurrencia de terremotos. En este apartado se describen brevemente los 15 modelos propuestos por el RELM.

Es destacable el trabajo de Shen et al. (2007), en el cual los autores han desarrollado un método basado en una tasa de tensión geodésica observada a lo largo de un período de tiempo, una década concretamente, para el sur de California.

El trabajo de Ward (2007) añadió cinco modelos nuevos al RELM. El primero, similar al trabajo presentado por Kagan (2007), se basa en el estudio de la sismicidad pasada y predecía terremotos de magnitud mayor o igual a 5,0. El segundo modelo es similar al propuesto por Shen et al. (2007). El tercero se basa en el análisis de los datos de las fallas. El cuarto modelo es una combinación de los tres primeros modelos y, finalmente, el último se basa en simulaciones de terremotos (Ward, 2000).

Kagan et al. (2007) han realizado predicciones de terremotos de magnitud mayor o igual a 5,0 para cinco años en el sur de California. Estas predicciones están basadas en un catálogo de terremotos históricos utilizando la metodología descrita por Kagan y Jackson (1994).

Helmstetter et al. (2007) han desarrollado un método independiente del tiempo basado en la sismicidad suavizada para California, similar al del Kafka y Levin (2000), pero incluyendo los terremotos más pequeños y eliminando las réplicas. El grupo de trabajo *California Earthquake Probability* (Petersen et al., 2007) ha presentado el *Uniform California Earthquake Rupture Forecast v. 1* compuesto de cuatro tipos de fuentes de terremotos con sismicidad distribuida, similar al *National Seismic Hazard Map* (Frankel et al., 2002).

Otro modelo de predicción para cinco años es el *Asperity-based Likelihood Method* (ALM), que supone una distribución de los terremotos según la ley de Gutenberg-Richter (Wiemer y Schorlemmer, 2007) y considera que la distribución de tamaños de micro-terremotos recientes es la información más importante para predecir terremotos de magnitud mayor o igual a 5,0.

El modelo de *Pattern Informatics* (Holliday et al., 2007) predice las zonas donde es más probable que suceda un terremoto en el futuro próximo (de 5 a 10 años) basándose en descubrir zonas con una actividad sísmica alta.

Bird y Liu (2007) propusieron un método con dos pasos para estimar la sismicidad media a largo plazo de cualquier región. El primer paso incorpora todos los datos de la tectónica de las placas, la geología, la geodesia y la dirección de la tensión en el modelo. El segundo convierte la deformación o tasa momento en una tasa de terremotos mediante la aplicación de la peligrosidad sísmica deducida de hipótesis tectónicas. Los autores afirman que las predicciones realizadas utilizando la teoría de la tectónica de placas son más exactas que aquellas basadas en muestras pasadas.

Gerstenberguer et al. (2007) desarrollaron un método para situar en un mapa la probabilidad de ocurrencia de terremotos durante las próximas 24 horas basándose en una estadística de réplicas y precursores.

El método de Rhoades (2007) lleva a cabo predicciones para un año basándose en el concepto de que cada terremoto es un precursor según su escala. Para ese objetivo, los terremotos previos de menor magnitud se han utilizado para predecir los de mayor magnitud.

Ebel et al. (2007) han propuesto dos métodos para predecir terremotos. El primer método se basa en la asunción de que la media de varias variables estadísticas, tales como la ocurrencia espacial y temporal de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,0, durante el período de predicción es la misma que la media de esas variables durante los últimos 70 años. El segundo método utiliza el modelo de Markov de tasa no observable para realizar predicciones para el día siguiente.

Finalmente, Murru et al. (2008) han desarrollado un modelo de predicción a corto plazo basado en la propagación de secuencias de réplicas simulando la propagación de una epidemia.

3.2.2 El valor de b como precursor sísmico

El valor de b de la ley de Gutenberg-Richter es un parámetro importante ya que refleja la tectónica, las propiedades geofísicas de las rocas y las variaciones de presión de los fluidos en la región implicada (Lee y Yang, 2006; Zollo et al., 2002). Por tanto, el análisis de su variación se ha utilizado a menudo en la predicción de terremotos (Nuannin et al., 2005). Es importante conocer como se ha obtenido la secuencia de los valores de b , antes de presentar conclusiones sobre su variación. Los estudios de Gibowitz (1974) y Wiemer et al. (2002) sobre las variaciones del valor de b en el transcurso del tiempo se refieren a réplicas. Encontraron un incremento del valor de b tras terremotos grandes en Nueva Zelanda y un decrecimiento importante previo al siguiente terremoto. En general, demostraron que el valor de b tiende a decrecer cuando ocurren muchos terremotos en un área local durante un período de tiempo corto.

Nuannin et al. (2005) y Schorlemmer et al. (2005) dedujeron que el valor de b es un medidor de la tensión que depende inversamente de la tensión diferencial. Nuannin et al. (2005) estudiaron los terremotos en la región de Andaman-Sumatra y realizaron un análisis muy detallado sobre las variaciones del valor de b . Para analizar sus variaciones utilizaron un método de una ventana que se desplaza con el tiempo. Del catálogo de terremotos, el valor de b se obtenía para los cincuenta terremotos precedentes. Entonces, la ventana se movía el tiempo correspondiente a cinco terremotos. Concluyeron que los terremotos están

normalmente precedidos por un largo decrecimiento en el valor de b , aunque en algunos casos un pequeño incremento en este valor precede al terremoto.

Sammonds et al. (1992) explican los cambios de tensión que se producen en la falla y las variaciones del valor de b que rodean un terremoto importante. Ellos afirman que: *“un estudio sistemático de la variaciones del valor de b en función del tiempo ha demostrado que los terremotos grandes están normalmente precedidos por un incremento a medio plazo en el valor de b , seguido por un decrecimiento en las semanas/meses anteriores al terremoto. La aparición de estos cambios en el valor de b permite que se pueda predecir la ocurrencia de terremotos con hasta siete años de antelación”*.

3.3 Marco metodológico

3.3.1 Descripción de los datos sísmicos españoles

En el capítulo 2 se explica en profundidad el catálogo sísmico del Instituto Geográfico Nacional (IGN) utilizado en este trabajo. Sin embargo, se van a destacar los aspectos más importantes que se han tenido en cuenta para su aplicación en este capítulo.

López y Muñoz (2003) revisaron como se habían calculado las magnitudes que aparecen en los boletines y catálogos españoles. La magnitud basada en la amplitud se ha obtenido a partir de los registro de ondas Rayleigh o, generalmente, a partir de máximo del tren de la ondas S. Las ecuaciones para estimar la magnitud se corrigieron utilizando una selección de terremotos, cuya magnitud había sido calculada por el United States Coast and Geodetic Survey (USCGS). Posteriormente, la dificultad para medir la amplitud máxima de los registros analógicos, que produce estimaciones de las magnitudes poco precisas, ha animado a algunos autores como Tsumura (1967) a desarrollar fórmulas basadas en la duración de las señales. Lee et al. (1972) definieron una fórmula basada en la duración de la traza existente entre la llegada de las ondas-P y el fin de las ondas-S. Debido al desarrollo de estas fórmulas, los datos registrados antes de 1962 fueron calculados utilizando la duración de los terremotos y los posteriores a 1962 utilizando la amplitud y período de las ondas.

Una vez que las réplicas y los precursores se han eliminado del catálogo (para evitar los datos dependientes), el primer paso es determinar el año de plenitud del catálogo sísmico para cada área, definido como el año desde el cual todos los terremotos de magnitud mayor o igual que M han sido registrados. Se ha calculado que 1978 es el año de plenitud del catálogo sísmico del *IGN* para los terremotos de magnitud mayor o igual a 3,0 (ver fig. 2.3).

Las estimaciones de la magnitud en el catálogo no son homogéneas ya que el cálculo de los registros anteriores a 1962 se realizó mediante un procedimiento distinto. Sin embargo, no afecta en este estudio ya que sólo se utilizan los registros desde 1978 en adelante, ya que esa es la fecha de plenitud del catálogo sísmico para magnitudes superiores o iguales a la magnitud límite o umbral (Ranalli, 1969).

El procedimiento utilizado para la localización de los terremotos ha sido descrito por Mezcua et al. (2004). La localización de los epicentros de los terremotos más antiguos se ha realizado gráficamente. Posteriormente, se ha utilizado la aplicación HYPO 71, basada en el tiempo de llegada de las ondas a las estaciones y en un modelo de la corteza. Los errores en la localización de los epicentros se han reducido de un error medio de 25 km en 1964 a 3 km en 1996 (Giner, 1996).

3.3.2 Obtención del valor de b

La obtención del valor de b se describe con profundidad en el capítulo 1. Se han utilizado las zonas sismogénicas establecidas por Martín (1989) para la Península Ibérica. Las veintisiete zonas se enumeran en la tabla 2.2. Los epicentros de los terremotos sucedidos desde 1978 se muestran en la fig. 2.5.

En primer lugar, se eliminan tanto réplicas como precursores de la base de datos. La magnitud límite (Ranalli, 1969) para el catálogo del *IGN* es 3,0 (ver fig. 2.1) y el año de plenitud del catálogo sísmico para dicha magnitud es 1978 (ver fig. 2.3). Los terremotos de la base de datos se clasifican, según la localización de su epicentro, en cada zona sismogénica. Por el momento, la metodología propuesta sólo se puede aplicar a las zonas sismogénicas 26 y 27 (Mar de Alborán y zona oeste de la falla Azores-Gibraltar, respectivamente) ya que no

hay datos suficientes en el resto de zonas para llevar a cabo este análisis. El valor de b se ha obtenido a partir de (1.4) según el método de máxima verosimilitud (Aki, 1965; Utsu, 1965), con los cincuenta terremotos precedentes.

3.3.3 Reconocimiento de patrones en datos sísmicos temporales

En esta sección se describe la metodología propuesta para descubrir modelos en las series temporales de terremotos.

Cada terremoto i se define como:

$$E_i = (M_i, b_i, t_i) \quad (3.1)$$

donde M_i es la magnitud del terremoto, b_i es el valor de b asociado con el terremoto y t_i es la fecha en la cual el terremoto tuvo lugar.

El valor de b se obtiene de (1.4), considerando los cincuenta terremotos que le preceden. A continuación, los datos se agrupan en grupos de cinco terremotos ordenados cronológicamente siguiendo la metodología propuesta por Nuannin en al. (2005). De este modo, se obtiene una ley más simple y más sencilla de interpretar. Cada grupo G_j se representa por la media de la magnitud de los cinco terremotos, el tiempo transcurrido entre los cinco terremotos y la variación del valor de b en este intervalo de tiempo:

$$G_j = \{E_{k-4}, \dots, E_k\} \text{ con } k = 5j \text{ y } j = 1, \dots, [N/5] \quad (3.2)$$

donde N es el número de terremotos de la base de datos y $[N/5]$ es el mayor integrador menor o igual a $N/5$.

De este modo,

$$G_j = (\bar{M}_j, \Delta b_j, \Delta t_j) \quad (3.3)$$

donde,

$$\bar{M}_j = \frac{1}{5} \sum_{i=k-4}^k M_i, \text{ con } k=5j \quad (3.4)$$

$$\Delta b = b_k - b_{k-4}, \text{ con } k=5j \quad (3.5)$$

$$\Delta t_j = t_k - t_{k-4}, \text{ con } k=5j \quad (3.6)$$

Finalmente, se compone el juego de datos compuesto por la secuencia temporal de todos los G_j ,

$$DS = \{G_1, G_2, \dots, G_{[N/5]}\} \quad (3.7)$$

El objetivo es encontrar patrones en los datos que precedan la ocurrencia de un terremoto de magnitud mayor o igual a 4,5. Para ello se aplica el algoritmo *K-means* a la base de datos obtenida, DS , con el objetivo de clasificar las muestras en grupos. Previamente, se debe determinar el número óptimo de clusters ya que el algoritmo *K-means* necesita dicha información como dato de partida. Con ese objetivo, se aplica un índice de validación muy conocido (la función de silhouette) sobre los datos agrupados según distintos números de clusters. De este modo, cada muestra se considera sólo por la etiqueta asignada por el algoritmo de *K-means* en un análisis posterior. Una vez que estas etiquetas se han obtenido, se buscan secuencias de etiquetas específicas que sirvan como precursoras de terremotos de magnitud moderada a grande.

3.3.4 El algoritmo K-means

MacQueen (1968) presentó por primera vez el algoritmo *K-means*, que utiliza el centroide de cada cluster como punto más representativo. El centroide de un grupo de elementos es el centro de gravedad de todos los elementos del cluster. Por tanto, sólo se puede aplicar cuando la media de cada cluster se pueda definir, es decir, el algoritmo *K-means* sólo puede clasificar bases de datos que contengan datos cuantitativos.

El algoritmo une n objetos en K grupos y aumenta la similitud dentro del cluster al mismo tiempo. Esta similitud se mide con respecto al centroide de los objetos que pertenecen al

cluster. Entonces, el objetivo es minimizar la varianza dentro del cluster definida por la siguiente función de error cuadrática:

$$V = \sum_{i=1}^K \sum_{x_j \in C_i} |x_j - \mu_i|^2 \quad (3.8)$$

donde K es el número de clusters, C_i , es el cluster i , μ_i es el centroide del cluster i y x_j es el objeto j que se va a agrupar.

El algoritmo *K-means* es un método eficiente y simple, especialmente útil cuando se manejan grandes bases de datos y converge extremadamente rápido en la mayoría de los casos. En este trabajo el algoritmo *K-means* se aplica varias veces para evitar que se obtengan mínimos locales y para reducir la dependencia de los centros iniciales de los clusters que se seleccionan de modo aleatorio.

3.3.5 Seleccionar el número óptimo de clusters

El número de clusters seleccionado para llevar a cabo una clasificación es una de las decisiones más críticas en las técnicas de clustering. Tomar un gran número de clusters no implica necesariamente una clasificación mejor. Por el contrario, los resultados podrían no resultar claros y ser confusos.

La selección del número de clusters óptimo es hoy día una tarea por resolver. Recientemente, se han realizado varios estudios para determinar dicho número (Hamerly y Elkan, 2003; Yan y Ye, 2007) y su aplicación se ha demostrado que es útil en muchas aplicaciones de ingeniería. En ese sentido, el índice de *silhouette* (Kaufmann y Rousseeuw, 1990) da una medida de la separación de los clusters y se puede utilizar como un método general con el objetivo de determinar el número óptimo de clusters.

Si x_j es un objeto que pertenece al cluster C_i . La media de la disimilitud de x_j con todos los otros objetos incluidos en C_i , $a(j)$ se evalúa de la siguiente manera:

$$a(j) = \frac{1}{\text{tamaño}(C_i)} \sum_{x_i \in C_i} d(x_i, x_j), \text{ con } x_i \neq x_j \quad (3.9)$$

donde $d(\cdot, \cdot)$ es una medida de distancia. De modo análogo, la disimilitud media de x_j con todos los objetos que pertenecen a C_m con $m \neq i$ se denomina $dis(x_j, C_m)$ y se define por:

$$dis(x_j, C_m) = \min\{d(x_j, x_l), \forall l \in C_m\}, \text{ con } m \neq i \quad (3.10)$$

El siguiente paso consiste en evaluar $dis(x_j, C_m)$ para cada $m \neq i$ y, por lo tanto, la menor disimilitud se elige de la siguiente manera:

$$b(j) = \min\{dis(x_j, C_m), \forall m \neq i\} \quad (3.11)$$

De este modo, $b(j)$ representa la disimilitud de x_j con su cluster vecino más próximo. Finalmente, para determinar cómo de bien se ha agrupado un objeto x_j se aplica el índice de *silhouette* siguiente:

$$silh(j) = \frac{b(j) - a(j)}{\max\{a(j), b(j)\}} \quad (3.12)$$

Su valor varía desde -1 a +1, donde +1 y -1 indican puntos de asignación de clusters adecuados o cuestionables, respectivamente. Si un cluster C_i es un conjunto que contiene un solo miembro, entonces $silh(j)$ no está definida y la elección convencional es establecer $silh(j) = 0$. El mejor clustering se obtiene cuando se maximiza la media de $silh(j)$ sobre los n objetos que se van a clasificar.

3.4 Análisis de los resultados

En esta sección se presentan los patrones obtenidos mediante la aplicación del algoritmo de *K-means* a los datos sísmicos. Se describe el proceso de clustering seguido mostrando como se ha seleccionado el número de clusters. Posteriormente, se muestra una medida de la calidad de los resultados y se lleva a cabo un análisis estadístico con el objetivo de determinar si los resultados obtenidos mediante clustering son significativos.

3.4.1 Clustering de datos

La figura 3.1 representa la media de los valores del índice de silhouette y el número de clusters para las zonas sismogénicas 26 y 27. Se puede observar que el número óptimo de clusters es tres ya que el índice alcanza un valor máximo para tres en ambas áreas. Nótese que los valores máximos son iguales a 0,69 y 0,75 para las zonas 26 y 27, respectivamente, lo que representa una gran exactitud. La figura 3.2 muestra los valores del índice de *silhouette* para todos los terremotos de la base de datos que han sido agrupados. Se puede observar el ajuste excelente de los datos al número de clusters elegido ya que casi no aparecen valores negativos. Los valores negativos indican terremotos con una asignación de cluster inadecuada.

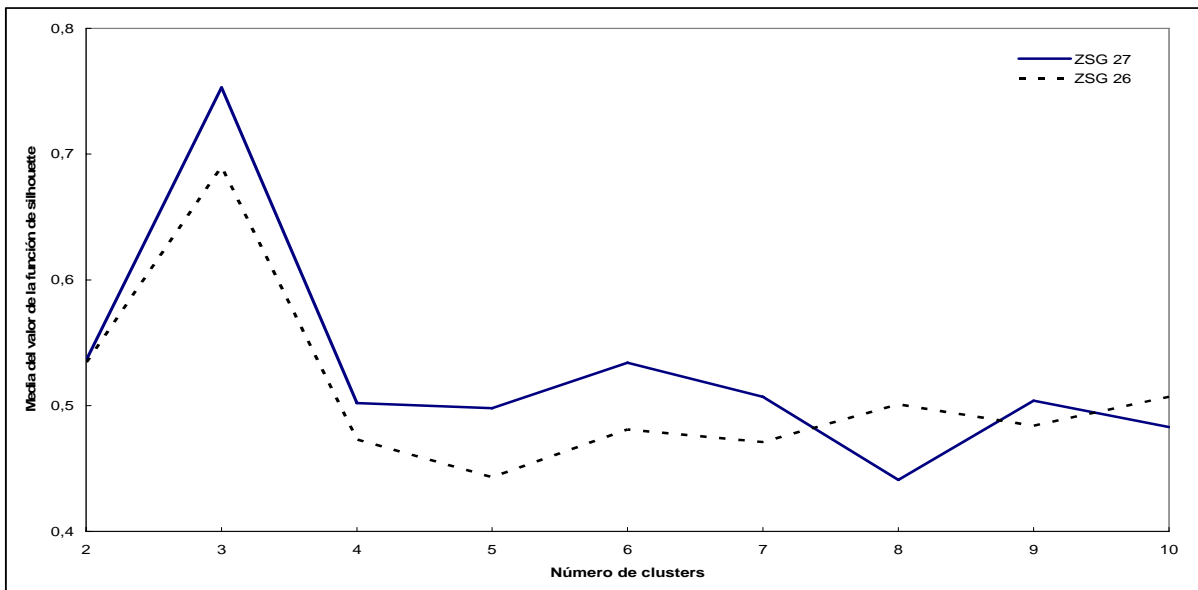


Figura 3.1. Valores de los centroides calculados mediante el algoritmo de *K-means* para las zonas sismogénicas 26 y 27.

La tabla 3.1 muestra los valores de los centroides de los clusters obtenidos mediante la utilización del algoritmo de *K-means* y el porcentaje de terremotos que pertenecen a cada cluster para las zonas sismogénicas 26 y 27. Una vez que los terremotos han sido agrupados, los valores 1, 2 y 3 son las etiquetas asignadas a los diferentes clusters. Debemos destacar que la mayoría de los terremotos pertenecen al cluster 1 y 3 en la zona 26 (34,38% y 56,24%, respectivamente). Con respecto al valor de b , los clusters 1, 2 y 3 se caracterizan de la siguiente manera: el cluster 1 presenta un decrecimiento del valor de b , el cluster 2 un

incremento próximo a cero y, finalmente, el cluster 3 un incremento del valor de b . Además, la magnitud del centroide del cluster 1 es mayor que la del cluster 2, y éste a su vez es mayor que la del cluster 3 en ambas zonas. Finalmente, todos los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 se han clasificado dentro del cluster 1 y se caracterizan, por lo tanto, por un decrecimiento del valor de b .

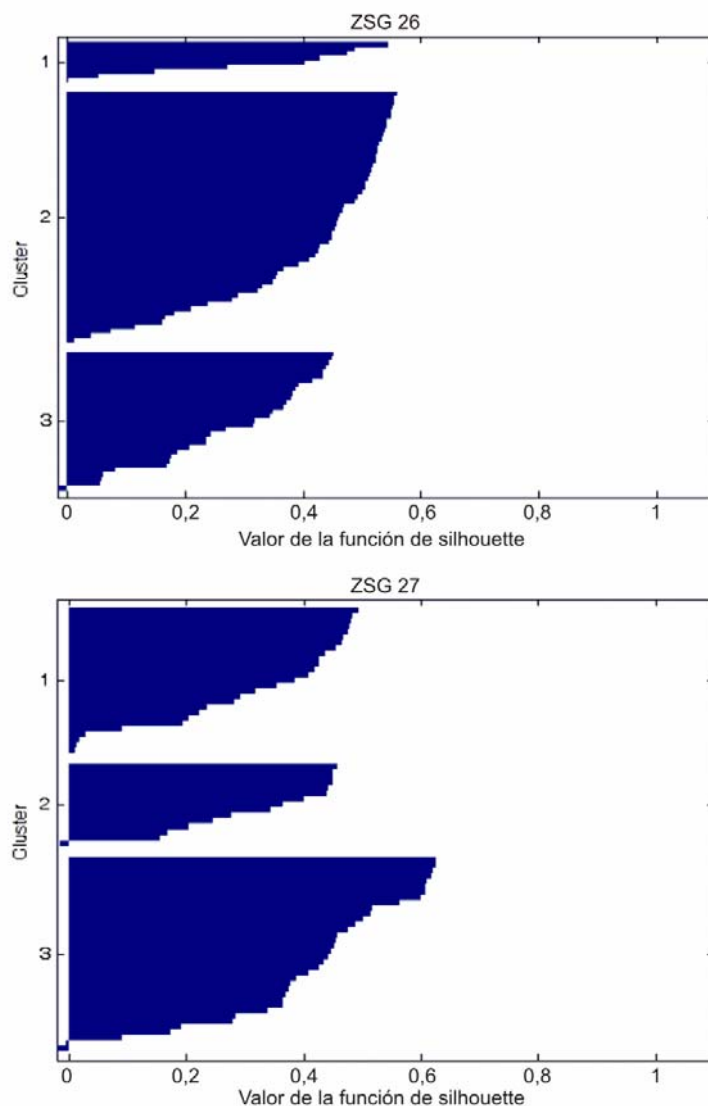


Figura 3.2. Valores de la función de silhouette para 3 clusters para las zonas sismogénicas 26 y 27.

Las figuras 3.3 y 3.4 representan la base de datos de terremotos, DS, clasificados en los 3 clusters con la evolución del valor de b desde 1978 a 2007. Todos los terremotos de la base de datos con magnitud mayor o igual a 4,5 se indican mediante un círculo negro.

La zona sismogénica 26 se caracteriza por una sismicidad moderada con un valor de b de la ley de Gutenberg-Richter de 1,14, obtenido de (1.4,) y una desviación estándar de 0,05,

obtenida de (1.31). La zona sismogénica 27 presenta una mayor tasa de terremotos importantes con un valor de b de $0,70 \pm 0,03$. A pesar de que la tasa anual de terremotos por kilómetro cuadrado es similar en ambas zonas ($3,75E-04$ en la zona 26 y $3,89E-04$ en la zona 27), los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 son mucho más frecuentes en la zona oeste de la falla Azores-Gibraltar que en el Mar de Alborán. Se sabe que el valor de b refleja la tectónica de la región analizada (Lee y Yang, 2006) y, por tanto, un valor alto indica que las rocas de la zona tienen menor resistencia y, consecuentemente, el número de terremotos de menor magnitud es más frecuente (Lowrie, 2007).

	M	Δb	Δt	Porcentaje (%)
ZSG 26				
Cluster 1	3,56	-0,047	0,16	56,28 %
Cluster 2	3,39	-0,013	0,83	9,38 %
Cluster 3	3,28	+0,028	0,16	34,38 %
ZSG 27				
Cluster 1	3,99	-0,028	0,140	34,62 %
Cluster 2	3,54	-0,005	0,091	43,59 %
Cluster 3	3,33	+0,035	0,519	21,79 %

Tabla 3.1. Valores de los centroides calculados mediante el algoritmo de *K-means* para las zonas sismogénicas 26 y 27.

De la figura 3.3 se puede observar que todos los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 (círculos negros) vienen precedidos por grupos de cinco terremotos que pertenecen al cluster 3, excepto por un terremoto, ocurrido entre el año 1993 y 1994, precedido por un grupo de cinco terremotos que pertenece al cluster 1.

Cuando el grupo de los 5 terremotos precedentes se clasifica dentro del cluster 3, la magnitud media de este grupo es baja y el incremento del valor de b es positivo de acuerdo con la tabla 3.1. Cuando un terremoto de magnitud mayor o igual a 4,5 sucede, el grupo de cinco terremotos, que incluye a este terremoto importante, pertenece al cluster 1. Por lo tanto, se puede destacar que la secuencia de etiquetas que caracterizan los terremotos con magnitud mayor o igual a 4,5 para esta zona es 3-1. El cambio de cluster 3 a cluster 1 implica que el valor de b decrece en un corto período de tiempo, de uno a dos meses (ver tabla 3.1). Por lo

tanto, un crecimiento del valor de b (cluster 3) seguido de un decrecimiento del mismo (cluster 1) se puede considerar un precursor de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 para la zona sismogénica 26.

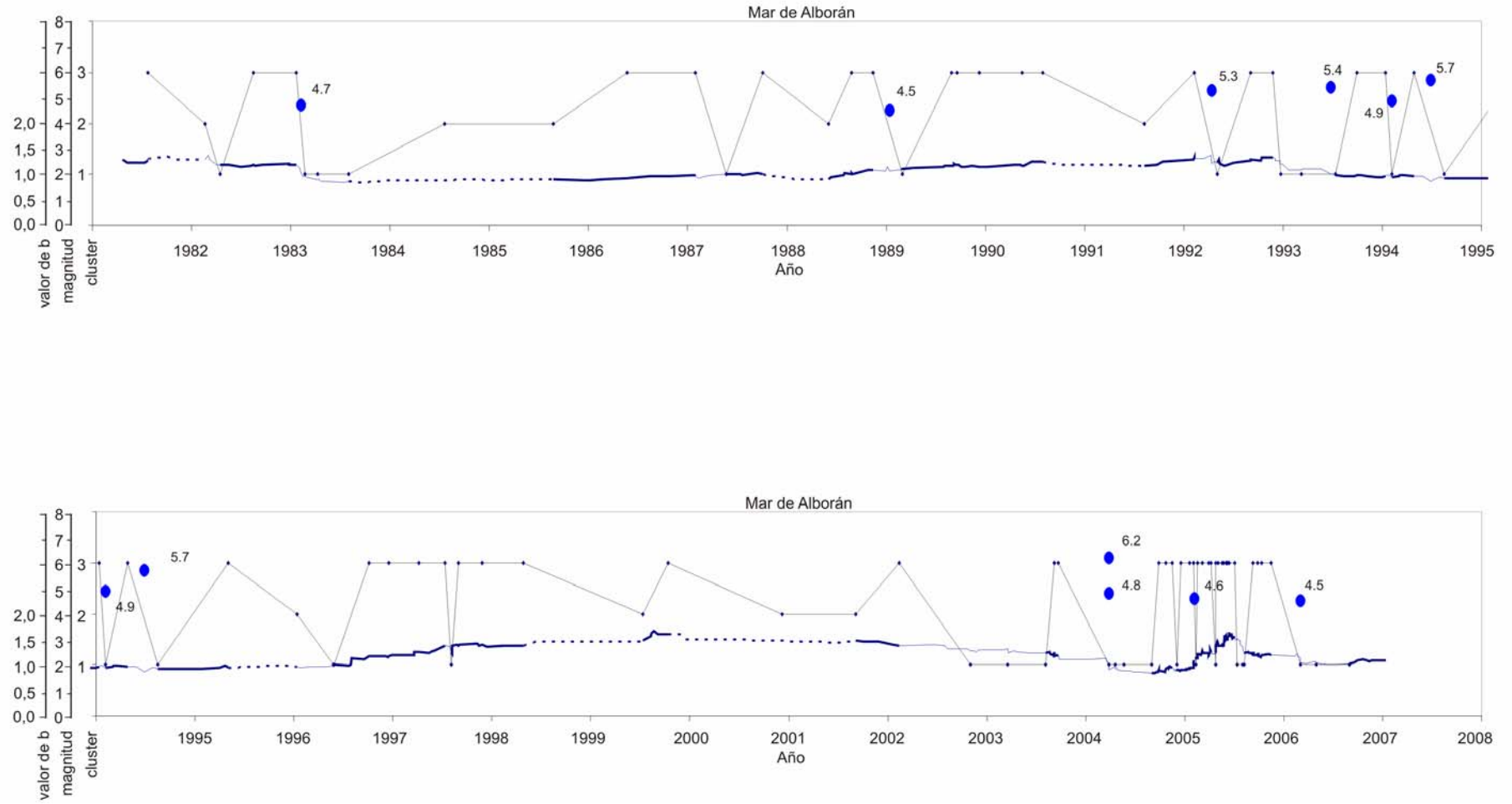


Figura 3.3. Valor de la función $b(t)$, magnitud de los terremotos y de los clusters obtenidos para la zona sísmogénica del Mar de Alborán. Los valores de los parámetros de los centroides de los clusters se representan en la tabla 5.2. Solo se han representado los terremotos de magnitud $\geq 4,5$. La línea gruesa representa el valor de b en función del tiempo para el cluster tipo 3, la línea de puntos para el cluster tipo 2 y la línea fina para el cluster tipo 1.

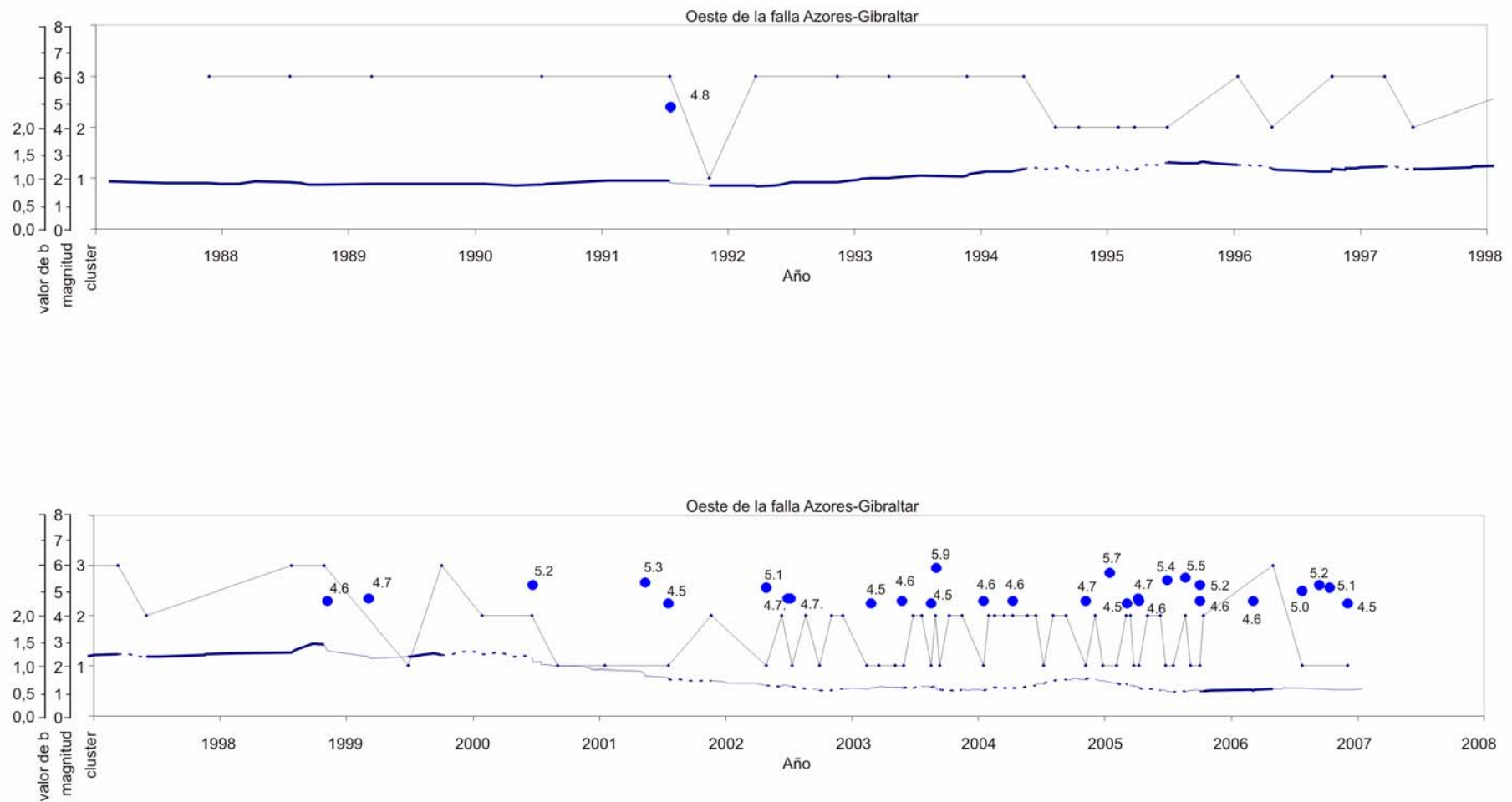


Figura 3.4. Valor de la función $b(t)$, magnitud de los terremotos y de los clusters obtenidos para la zona sísmogénicas del oeste de la falla Azores-Gibraltar. Los valores de los parámetros de los centroides de los clusters se representan en la tabla 5.2. Solo se han representado los terremotos de magnitud $\geq 4,5$. La línea gruesa representa el valor de b en función del tiempo para el cluster tipo 3, la línea de puntos para el cluster tipo 2 y la línea fina para el cluster tipo 1.

Se puede observar que varios grupos de cinco terremotos de pequeña magnitud están clasificados dentro del cluster 2, en el cual el valor de b es casi constante y probablemente no sucedan cambios de tensión importantes.

De la figura 3.4 se puede afirmar que la zona sismogénica 27 sigue un patrón similar al de la zona 26 hasta el año 2000. Es decir, cuando un terremoto medio-grande sucede los grupos de cinco terremotos cambian de cluster 3 a 1. Desde el año 2000 tiene lugar un período de mayor actividad tectónica, sucediendo muchos terremotos de magnitud superior o igual a 4,5. Este período se caracteriza por cortos intervalos de tiempo en los cuales los grupos de cinco terremotos cambian de cluster 2 a 1, de cluster 1 a 2 y de cluster 1 a 1. Sin embargo, todos los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 (círculos negros) se clasifican dentro de un cluster 1 y la mayoría de ellos están precedidos por grupos de cinco terremotos que pertenecen al cluster 2 o 1 (secuencia de etiquetas 2-1 y 1-1). Se puede observar que la mayoría de los terremotos anteriores clasificados dentro del cluster 1 están, a su vez, precedidos por terremotos que pertenecen al cluster 2. Denominamos 1-1² al subgrupo de terremotos clasificados dentro del cluster 1, precedidos por terremotos que pertenecen al cluster 1 y que están, a su vez, precedidos por clusters 2. Además, tres terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 clasificados dentro del cluster 1 también aparecieron en el último cuarto del año 2006. Sin embargo, el grupo de cinco terremotos que le precede no está clasificado dentro del cluster 2 sino como cluster 3, en contra de lo que sucede en la secuencia 1-1². A esta secuencia se la denomina 1-1³. Por lo tanto, las secuencias que caracterizan los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 para la zona 27 son 2-1, 1-1² y 1-1³.

Entonces, un decrecimiento del valor de b precedido por un incremento, se puede considerar un precursor para terremotos de magnitud moderada a grande para esta zona debido a los cambios de cluster 3 a 1 en la secuencia 1-1³ y de cluster 2 a 1 en las secuencias 1-1² y 2.1 (tabla 3.1).

Es más, se puede observar que varios terremotos de pequeña magnitud, que sucedieron antes de 1995 con un mayor período de tiempo entre ellos, se clasifican dentro del cluster 3 lo que implica un mayor incremento del valor de b .

En resumen, cuando un grupo de pequeños terremotos se clasifica dentro del cluster 2 o 3 y el valor de b empieza a decrecer, puede predecirse la ocurrencia de un terremoto de

magnitud mayor o igual a 4,5 en el futuro próximo y, es más, este terremoto será etiquetado dentro de un cluster 1.

3.4.2 Calidad de los resultados

Todos los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 se clasifican dentro del cluster 1 y la mayoría de estos terremotos vinieron precedidos por otros que pertenecía a un cluster 3 o cluster 2, es decir, por la secuencia de clusters 3-1 o 2-1. Por lo tanto, se van a estudiar ahora la secuencia de etiquetas 3-1, 2-1, 1-1² y 1-1³ para proveer una medida de la calidad de los resultados obtenidos en la sección anterior.

Secuencia	ZSG 26		ZSG 27		Ratio
	Casos	Aciertos	Casos	Aciertos	
1-1 ¹	7	1	3	3	0,40
1-1 ²	1	0	6	7	1,00
1-1 ³	4	0	1	3	0,60
1-2	1	0	14	0	0,00
1-3	16	0	2	0	0,00
2-1	2	0	14	9	0,56
2-2	2	0	16	2	0,11
2-3	5	0	4	1	0,11
3-1	17	9	3	4	0,65
3-2	6	0	4	0	0,00
3-3	35	0	10	0	0,00
Total	96	10	77	29	

Tabla 3.2. Distribución de los terremotos en las secuencias.

La tabla 3.2 muestra la distribución de todos los terremotos según los distintos clusters considerando el cluster en el cual se clasifican los terremotos precedentes. Las columnas de aciertos identifican aquellos grupos de terremotos que incluyen un terremoto cuya magnitud sea mayor o igual a 4,5. Se puede afirmar que la mayoría de los aciertos están representados por secuencias de etiquetas 3-1, 2-1 y 1-1² (13, 9 y 7, respectivamente).

La última columna hace referencia al ratio existente entre el número de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 clasificado en cada secuencia y el total de ocurrencias de la propia secuencia. Se puede observar que el ratio que corresponde a las secuencias 3-1, 2-1 y 1-1² son 0,65, 0,56 y 1, respectivamente. Estos valores son los más altos de entre todas las secuencias excepto para la secuencia 1-1³, que tiene un ratio similar al de las secuencias 3-1 y 2-1 (0,60 con respecto a 0,65 y 0,56, respectivamente). Por lo tanto, la secuencia 1-1³ se considera también representativa, tal y como se afirma en la sección previa.

Los verdaderos positivos (VP) identifican la ocurrencia de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 cuando cualquiera de las secuencias consideradas se presenta. Por el contrario, los falsos negativos (FN) representan el número de casos en los cuales un terremoto de magnitud $\geq 4,5$ también sucede pero no se encuentra ninguna de las secuencias propuestas. Los verdaderos negativos (VN) y los falsos positivos (FP) se refieren a la situación en la que no ocurren terremotos. Sin embargo, los verdaderos negativos indican que ninguna de las secuencias propuestas aparece, mientras que los falsos positivos hacen referencia a la aparición de cualquiera de las secuencias consideradas.

Parámetros	ZSG 26	ZSG 27
VP	9	23
FN	1	6
FP	15	5
VN	71	47
Sensibilidad	90,00%	79,31%
Especificidad	82,56%	90,38%

Tabla 3.3. Resultados de sensibilidad y especificidad.

Para ello valorar objetivamente la calidad de los resultados se utilizan la sensibilidad y la especificidad. En este contexto, la sensibilidad cuantifica el grado de fiabilidad del método cuando suceden los sucesos reales mientras la especificidad mide la fiabilidad del método cuando se descartan las secuencias de etiquetas. Estos índices se definen mediante las siguientes ecuaciones:

$$Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN} \tag{3.13}$$

$$\text{Especificidad} = \frac{VN}{FP + VN} \quad (3.14)$$

La tabla 3.3 mide la calidad de los resultados obtenidos de la distribución de los datos de los terremotos con el tiempo mostrada en la tabla 3.2. Se puede observar que el método obtiene buenos niveles de exactitud, ya que se obtienen sensibilidades del 90,00% y del 79,31% en las zonas 26 y 27, respectivamente. Es más, la especificidad alcanza valores superiores al 80% y al 90% para las zonas 26 y 27, respectivamente. En resumen, no sólo se detectan terremotos de magnitud media-grande con buena fiabilidad, sino que también en aquellos casos en los cuales los terremotos de magnitud menor a 4,5 aparecen se descartan de modo correcto. El comportamiento obtenido se puede considerar relevante para el análisis de datos sísmicos ya que la ocurrencia de terremotos presenta un gran nivel de incertidumbre.

3.4.3 Análisis estadístico

Se aplica el test de Wilcoxon (Wilcoxon, 1945) para demostrar que las distribuciones de magnitud de los terremotos que pertenecen a las secuencias 3-1, 2-1, 1-1³ y 1-1² provienen de la misma distribución con medianas iguales.

El test de Wilcoxon es un test estándar no-paramétrico para dos muestras independientes basadas en datos clasificados. Se ha escogido porque no se satisfacen las condiciones requeridas para aplicar tests paramétricos, tales como la normalidad de los datos. La hipótesis nula es una asunción sobre una población que va a ser comprobada. Esta hipótesis se acepta o se rechaza por el test de acuerdo con el valor de p . Cuando el valor de p es inferior o superior que un cierto nivel significación la hipótesis se rechaza o acepta, respectivamente. Por lo tanto, el nivel de significación es la probabilidad de rechazar una hipótesis nula que sea cierta. Por ejemplo, cuando el nivel de significación es 0,05, la probabilidad de cometer un error rechazando la hipótesis nula es del 5%.

En este contexto, las muestras son las magnitudes máximas de los grupos de cinco terremotos clasificados dentro del cluster 1 para todas las secuencias de clusters 3-1, 2-1, 1-1² y 1-1³ comparadas con el resto de secuencias de dos clusters. Por lo tanto, la hipótesis nula asume que estas magnitudes tienen la misma probabilidad de ocurrir. El nivel de significación se ha establecido en 0,05 ya que es considerado un nivel de significación típico en la mayoría

de los tests estadísticos. El test se ha aplicado a la unión de todas las muestras para las zonas 26 y 27 ya que el número de muestras clasificadas dentro de alguna de las secuencias analizada no es representativo para ambas zonas separadamente. Por ejemplo, la secuencia de etiquetas 2-1 sólo aparece dos veces en la zona 26 y la secuencia 3-1 sólo aparece tres veces en la zona 27.

Secuencias	3-1	2-1	1-13	1-12	Media
1-1 ¹ (7/3)	0,648	0,542	0,867	0,168	4,4
1-1 ² (1/6)	0,363	0,365	0,219	1,000	4,8
1-1 ³ (4/1)	0,376	0,507	1,000	0,34	4,4
1-2 (1/14)	0,013	0,005	0,023	0,005	4,0
1-3 (16/2)	0,000	0,000	0,000	0,000	3,5
2-1 (2/14)	1,000	1,000	0,814	0,365	4,6
2-2 (2/16)	0,004	0,003	0,035	0,003	4,0
2-3 (5/4)	0,002	0,000	0,013	0,002	3,8
3-1 (17/3)	1,000	0,898	0,376	0,390	4,6
3-2 (6/4)	0,001	0,000	0,005	0,000	3,8
3-3 (35/10)	0,000	0,000	0,000	0,000	3,7

Tabla 3.4. Valores de p obtenidos del test de Wilcoxon.

La tabla 3.4 muestra los valores de p obtenidos mediante la aplicación del test de Wilcoxon a las muestras de las zonas sismogénicas 26 y 27, donde el número entre paréntesis representa el número de ocurrencias de cada secuencia de clusters para las zonas 26 y 27, respectivamente. La secuencia 1-1¹ es el subgrupo de terremotos clasificados dentro del cluster 1 y precedidos por terremotos que pertenecen al cluster 1 que están, a su vez, precedidos por terremotos clasificados dentro del cluster 1. La última columna indica la media de las muestras correspondiente a cada secuencia de clusters. Se puede observar que la media de las magnitudes de los terremotos clasificados en las secuencias de clusters 3-1, 2-1 y 1-1² son mayores que las de las otras secuencias (mayor o igual a 4,5, concretamente).

Además, los valores de p obtenidos para las muestras de las secuencias 3-1, 2-1, 1-1³ y 1-1² son superiores a 0,05. Por lo tanto la hipótesis nula no puede ser rechazada y las distribuciones de los terremotos que pertenecen a estas secuencias son, a su vez, acordes con

su magnitud. La hipótesis nula no se puede rechazar tampoco para la muestra correspondiente a la secuencia 1-1¹ ya que los valores obtenidos del test de Wilcoxon son mayores a 0,05. Sin embargo, el número de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 que están clasificados dentro de esta secuencia es bajo respecto al número de ocurrencias totales de esta secuencia (un ratio de 0,4 concretamente) pero estos terremotos tienen magnitudes altas, una magnitud media de 4,4, muy cercana a la magnitud límite considerada.

La hipótesis nula para el resto de secuencias es rechazada ya que los valores de p son inferiores a 0,05 y 0 en muchos casos. Esto quiere decir que las magnitudes de los terremotos clasificados dentro de las secuencias de clusters 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 3-2 y 3-3 tienen una distribución diferente a aquellos de las secuencias 3-1, 2-1, 1-1³ y 1-1². En resumen, las secuencias de clusters 3-1, 2-1, 1-1³ y 1-1² son secuencias significativas para describir patrones como precursores de terremotos de magnitud moderada a grande ($\geq 4,5$).

3.5 Conclusiones

Se ha propuesto la utilización del algoritmo de *K-means* para la obtención de patrones que puedan ser útiles en la predicción de terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5. Los resultados se han obtenido con los datos sísmicos españoles obtenidos del Instituto Geográfico Nacional, resultando una sensibilidad y una especificidad del 90,00% y del 82,56%, para la zona 26, y del 79,31% y del 90,38%, para la zona 27. Además, todos los terremotos de magnitud mayor o igual a 4,5 se han caracterizado por un decrecimiento del valor de b . De este modo, este parámetro se puede considerar un precursor sísmico. Se puede afirmar que la aproximación propuesta mediante el algoritmo de *K-means* tiene un buen comportamiento, particularmente cuando se considera la incertidumbre que existe en la ocurrencia de terremotos.

Capítulo 4

Mecanismos focales de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

4.1 Introducción

La convergencia con dirección NO-SE, entre África y Eurasia, a lo largo de esta parte del límite entre placas, es la responsable de la deformación de la corteza de la Península Ibérica, el Magreb, y las regiones costeras adyacentes en el Mediterráneo y el Atlántico, en la actualidad. (Argus *et al.*, 1989; Kiratzi and Papazachos, 1995; Jiménez-Munt *et al.*, 2001). Se trata de un límite de placas no homogéneo, con sucesivas zonas oceánicas y continentales en contacto y cambios progresivos en la dirección del estado de esfuerzos. La parte correspondiente a la Península Ibérica y Noroccidental de África puede considerarse la zona del contacto más complicada, con una sismicidad moderada en cuanto a la magnitud de los terremotos y flanqueada a ambos lados por una actividad sísmica muy frecuente y con

terremotos de muy elevada magnitud (Mezcua y Rueda, 2006). La actividad sísmica que se desarrolla en la zona es muy importante ya que en esta zona se han producido grandes terremotos como el de Lisboa de 1755. La coexistencia de tectónicas compresivas y extensivas, y la interferencia de la microplaca Ibérica (Andeweg *et al.*, 1999; Calvert *et al.*, 2000) complican el entendimiento de la colisión, y muchos aspectos de la estructura tectónica y del desarrollo de la región son materia de debate entre los expertos. La sismicidad regional es difusa y no se alinea claramente con el límite actual de las placas euroasiática y africana del sur de la Península Ibérica (Buform *et al.*, 1995). La actividad de los terremotos se extiende a regiones intraplaca lejanas como el noroeste y centro de Iberia. Esta amplia distribución de la sismicidad hace que los terremotos sean valiosos indicadores del campo de tensiones regional en cualquier sitio en el que sus mecanismos focales se puedan determinar con exactitud.

4.2 Sismicidad en la Península Ibérica

En el caso de España, la sismicidad se caracteriza por la ocurrencia de terremotos de magnitud moderada, en general inferiores a 5,0, estando los grandes terremotos separados por largos periodos de tiempo (Buform *et al.*, 1988). La otra característica de la sismicidad en España es la ocurrencia de sismos a diferentes profundidades: superficial ($h < 40$ km), intermedia ($40 < h < 150$ km) y muy profunda ($h \approx 650$ km). La mayoría de los sismos son superficiales, mientras que los terremotos de profundidad intermedia y profunda se localizan en el Golfo de Cádiz y en la parte oeste del Mar de Alborán (Buform y Udías, 2003).

Muchos de los terremotos se localizan al este del Arco de Gibraltar y se extienden sobre un área difusa de aproximadamente 500 km de anchura centrada en el Mar de Alborán, conteniendo partes del sudeste de España, el norte de Marruecos y Algeria. La definición de un límite de placas África-Eurasia en esta región es objeto de investigación en la actualidad (Jiménez-Munt *et al.*, 2001). Al oeste de Gibraltar, la mayoría de los terremotos ocurren en la costa sur de Portugal en la proximidad del límite entre las placas de Azores y Gibraltar. Otros focos de sismicidad incluyen el noroeste de España y los Pirineos. Raramente suceden terremotos en otras zonas. Esta sismicidad tan extendida se desarrolla sobre varias regiones geotécnicas con estructura y reología diferente, introduciendo de este modo efectos locales diferentes en las propiedades de propagación de las ondas sísmicas y en el campo de tensiones

de la corteza. En la Península Ibérica se distinguen al menos tres entornos tectónicos diferentes: bloques estables, cinturones montañosos alpinos y depresiones de extensión.

Los bloques estables, incluyendo el macizo herciniano de la Península Ibérica, están contruidos con rocas paleozoicas deformadas cubiertas parcialmente por sedimentos del Mesozoico. Están afectadas por la deformación alpina de modo marginal. Los cinturones montañosos alpinos, están formados por corteza engruesada, están presentes en el límite entre las placas de Iberia y Europa original (los Pirineos), y, en la actualidad, en el contacto entre África e Iberia (cinturón montañoso Bética-Rif-Tell). Las depresiones internas de régimen extensivo del Cenozoico incluyen depresiones flexionadas en las zonas bajas del cinturón alpino (depresión del Ebro al sur de los Pirineos y la depresión del Guadalquivir al norte de la Bética), las grandes depresiones internas del Tajo y el Duero, y en número menor depresiones intra-montañosas en ambas regiones la herciniana y la alpina. Más lejos, un proceso de extensión a escala regional está activo en la parte occidental del Mar Mediterráneo, manifestado en la apertura de la depresión Liguro-Provenzal, la depresión de Valencia, la depresión al sur de Baleares al este de la Península Ibérica, y, desde el Mioceno temprano, la depresión de Alborán al sur de Iberia (Vegas y Banda, 1982).

Es especialmente relevante, para el entendimiento de la colisión entre placas, la depresión de Alborán, localizada en el contacto entre Eurasia y África. En la depresión de Alborán la corteza continental, en las zonas internas del cinturón montañoso Bética-Rif, ha adelgazado considerablemente (el espesor de la corteza en el Mar de Alborán es de aproximadamente 15 km comparado con los más de 35 km en el centro de la Bética (Banda *et al.*, 1993; Casas y Carbo, 1990)). La transición entre la depresión de Alborán y la corteza oceánica del Neógeno hacia el este es gradual (Torné *et al.*, 2000). La distribución de hipocentros de los terremotos de foco intermedio (Seber *et al.*, 1996; Buforn *et al.*, 1995) y las imágenes tomográficas (Calvert *et al.*, 2000; Morales *et al.*, 1999) indican la presencia de material litosférico rígido y frío en la capa superior de la sublitosfera. Consecuentemente, la formación de la depresión de Alborán en un régimen compresivo se puede explicar por una eliminación de la litosfera de debajo de la corteza; sin embargo, el mecanismo todavía no está claro.

A continuación se muestra un resumen de los mecanismos focales en las principales regiones en la Península Ibérica:

1. Iberia. Sobre gran parte de las Península Ibérica suceden mecanismos focales normales (oblicuos), con el eje T orientado NE-SO. La mayoría de los terremotos que suceden en esta región ocurrieron en localizaciones intraplaca fuera de las zonas de mayor deformación Alpina. El estilo de falla normal es el predominante y la orientación media de los ejes T ($\approx N50^\circ E$) sugiere una extensión NE-SO en la parte estable de la Península Ibérica.
2. Portugal. La distribución de la sismicidad en el Portugal continental es muy heterogénea y se centra esencialmente en el sur y su margen oceánico adyacente (Senos y Carrillo, 2003). Esta región presenta una actividad sísmica caracterizada por sismos de magnitud moderada ($M < 5$) y, ocasionalmente, algunos terremotos de magnitud grande ($5 \leq M \leq 7,8$). La zona sísmicamente más activa y capaz de generar los sismos de magnitud más elevada ($M \geq 6$) es el Sur de Portugal en especial la zona del valle del Tejo y la orla costera. Los mecanismos focales en Portugal presentan una gran variabilidad (de rumbo, invertido y oblicuo); sin embargo, se han identificado algunos patrones importantes en las siguientes regiones: margen oeste de Portugal (de rumbo), Algarbe (de rumbo), región de Évora y proximidades (de rumbo), Lisboa y valle del Tejo (normales) y zona límite entre placas (invertidos). La distribución geográfica de la proyección horizontal de los ejes P muestra que la orientación de los ejes es de NO-SE a NNO-SSE. Se comprueba que en el continente y el margen Atlántico Oeste predominan los mecanismos de rumbo y oblicuos, mientras que en el margen sur predominan los mecanismos de rumbo e invertidos. Se puede afirmar que la región se encuentra bajo la influencia de compresión en una dirección media NO-SE y extensión en una dirección media NE-SO (Bezzeghoud y Borges, 2003).
3. Zona costera del sur de Portugal. Cerca de la costa del sur de Portugal se observa la orientación de los ejes P en dirección NNO-SSE ($\approx N160^\circ E$). Los mecanismos focales observados por Stich *et al.*, 2003 son fallas de rumbo e invertidas. Se caracteriza por la alineación de sismos de gran magnitud en la dirección E-O y confinados en una estrecha franja de contacto (Mezcua y Rueda, 2006).
4. Mar de Alborán. En las partes costeras de la Depresión de Alborán, los mecanismos focales son fallas de rumbo principalmente con los ejes P orientados casi N-S ($\approx 170^\circ E$) y los ejes T casi orientados E-O ($\approx N80^\circ E$). La mayoría de los mecanismos incluyen un componente menor de falla normal consistente con la extensión regional observada.

5. En el sur de España, en el Golfo de Cádiz, predominan los mecanismos de falla invertida, con uno de los planos de falla orientado en dirección aproximada E-O y eje de presión horizontal orientado en dirección NNO-SSE. En esta región han ocurrido grandes terremotos de magnitud superior a 6,0 (Buform y Udías, 2003).
6. Sudeste de España (Bética central y la costa del sudeste). Los mecanismos focales en la región son bastante heterogéneos y los tipos de falla varían desde normal a invertido. La región se puede dividir en zona este con predominio de mecanismos de rumbo (este de longitud 2°O) y ejes P orientados casi norte-sur, y una región occidental sin un tipo de falla predominante claro.
7. Nordeste de la Península Ibérica. Los resultados obtenidos por Olivera *et al.*, 2003 muestran un campo de esfuerzos relativamente homogéneo, caracterizado por una orientación predominante N-S que se corresponde con un régimen compresivo o de desgarre. Los mecanismos focales son bastante variados con predominio de fallas de desgarre y, de forma más débil, normales o invertidas.
8. Noroeste de la Península Ibérica. La mayor parte de la actividad se localiza en la mitad meridional de Galicia así como en su extremo oriental, decreciendo progresivamente hacia el oeste de Asturias (López-Fernández *et al.*, 2004). Los mecanismos focales más importantes son fallas invertidas y de desgarre, presentando la mayor parte de las soluciones un carácter mixto entre ambos tipos. Los planos nodales presentan orientaciones NE-SO, con ejes de presión orientados a unos 45° NO-SE.
9. Pirineos. En el Pirineo oriental las soluciones del lado español corresponden a mecanismos de desgarre con cierta componente inversa y eje de presión horizontal orientado en dirección NE-SO. En el Pirineo occidental las soluciones son de desgarre o falla invertidas con eje de presión horizontal y orientación NNO-SSE (Buform y Udías, 2003).

4.3 Sismicidad en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

En la tabla 4.1 y en la figura 4.1 se muestran la orientación de los ejes principales de falla, el régimen de tensiones y los tipos de falla predominantes para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

El método desarrollado por Frohlich y Apperson (1992) se ha utilizado para clasificar los mecanismos focales. Este método utiliza los ángulos de caída (δ_P , δ_B y δ_T) en grados de los ejes P (eje con el menor momento principal), B (eje con el valor intermedio del momento), y T (el eje principal asociado con el mayor momento principal)

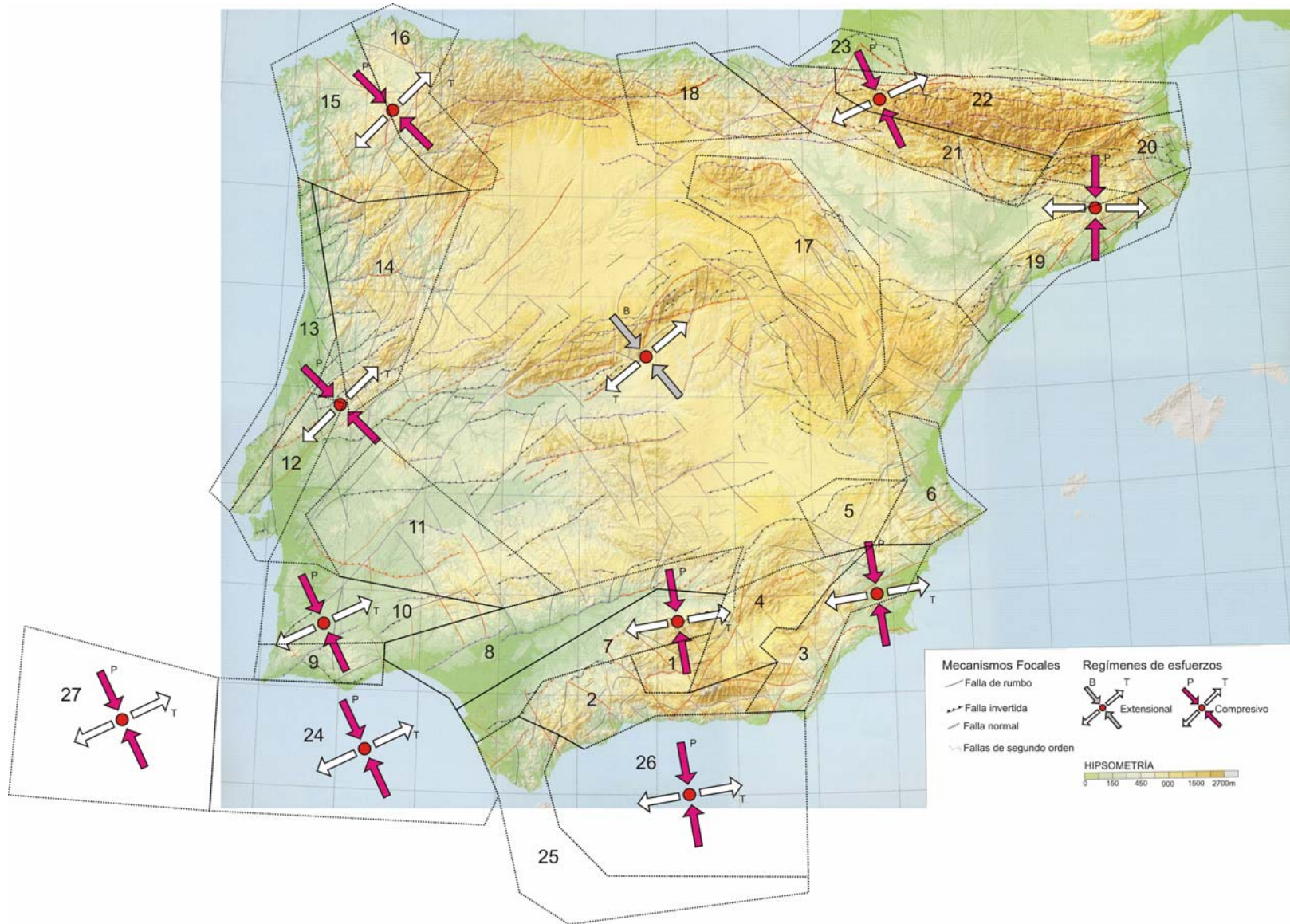


Figura 4.1. Orientación de los ejes, régimen de tensiones y tipos de falla en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

ZSG	Orientación de ejes	Régimen	Tipo de falla
1	P \approx N170°E	Compresivo	Normal / Invertida
2	P \approx N170°E	Compresivo	Normal / Rumbo
3	P \approx N170°E	Compresivo	Rumbo
4	P \approx N170°E	Compresivo	Rumbo / Invertida
5	P \approx N170°E	Compresivo	Normal / Rumbo / Invertida
6	P \approx N170°E	Compresivo	Rumbo
7	P \approx N170°E	Compresivo	Normal / Invertida / Rumbo
8	P \approx N170°E	Compresivo	Invertida / Rumbo
9	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
10	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
11	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
12	P NO-SE	Compresivo	Invertida / Rumbo
13	P NO-SE	Compresivo	Invertida / Rumbo
14	P NO-SE	Compresivo	Invertida / Rumbo
15	P NO-SE	Compresivo	Rumbo / Invertida
16	P NO-SE	Compresivo	Rumbo / Invertida
17	T NE-SO	Compresivo	Rumbo / Invertida / Normal
18	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
19	P N-S	Compresivo	Normal / Rumbo / Invertida
20	P N-S	Compresivo	Invertida / Rumbo
21	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
22	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida
23	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida / Rumbo
24	P NNO-SSE	Compresivo	Invertida
25	P \approx N170°E	Compresivo	Normal / Rumbo
26	P \approx N170°E	Compresivo	Rumbo / Rumbo
27	P \approx N160°E	Compresivo	Invertida / Rumbo

Tabla 4.1. Orientación de los ejes, régimen de tensiones y tipos de falla en las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

4.4 Conclusiones

La convergencia con dirección NO-SE a lo largo del límite de placas entre Eurasia y África es la responsable de la deformación de la corteza terrestre de la Península Ibérica. La sismicidad en la Península Ibérica está caracterizada por la ocurrencia de terremotos de magnitud moderada ($M \leq 5,0$), estando los terremotos grandes separados por períodos largos de tiempo. La parte estable de la Península se caracteriza por una extensión NE-SO. La distribución de la sismicidad en Portugal es muy heterogénea, destaca el sur de Portugal, donde se producen los sismos de magnitud más elevada. En la zona costera del sur de Portugal las fallas son de rumbo e invertidas. Los mecanismos focales en el Mar de Alborán son predominantemente de rumbo, con los ejes P orientados casi N-S. En el Golfo de Cádiz predominan las fallas invertidas. No existe un mecanismo focal que predomine claramente en el sudeste de España, siendo bastante heterogéneos. En el nordeste de la Península Ibérica existe un régimen compresivo o de desgarre con orientación predominante N-S. La mayor parte de la actividad, en el noroeste de la Península Ibérica, se localiza en la mitad meridional de Galicia. En los Pirineos predominan los mecanismos focales de desgarre o invertidos.

Capítulo 5

Leyes de atenuación de los espectros de respuesta

5.1 Introducción

Las ecuaciones para estimar un parámetro particular del movimiento del terreno son una herramienta básica para el establecimiento del riesgo sísmico.

Las leyes de atenuación son funciones que relacionan un parámetro del movimiento del terreno (valores de pico, ordenadas de respuesta espectral, etc.) con la magnitud, la distancia a la fuente, y, en ocasiones, con otras variables del terremoto. De una base de datos de movimientos del terreno se puede generar una ley de atenuación a través de un análisis de regresión. Generalmente se acepta que para un terremoto de magnitud y distancia a la fuente dados, el movimiento del terreno se ajusta a una distribución normal-logarítmica (McGuire, 1976, 1978a y 1978b; Campbell, 1981; Joyner and Boore, 1981; Bender, 1984; Loh *et al.*,

1994) cuya media es el valor dado por la ley de atenuación y cuya desviación estándar es la desviación estándar sobre la regresión.

Tras la magnitud de los terremotos, la distancia a la fuente (epicentral, hipocentral o menor distancia a la falla) y el tipo de terreno en el emplazamiento, la variable más utilizada en las leyes de atenuación es el tipo de falla. Este parámetro es muy útil ya que el tipo de falla en un emplazamiento específico se puede determinar fácilmente (en general, los regímenes compresivos tienen fallas invertidas y de rumbo, y los regímenes extensivos tienen fallas normales y de rumbo). La inclusión de este parámetro debería producir estimadas más precisas en los estudios de riesgo sísmico.

5.2 Marco teórico

5.2.1 Base de datos de movimientos del terreno

En este estudio se ha utilizado la base de datos de terremotos europeos que puede ser consultada desde Internet en la dirección: <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>. Esta base de datos contiene información de más de 3.000 registros de terremotos europeos procesados y con formato uniforme, la información asociada de las estaciones, y los parámetros de las ondas. Estos registros se han obtenido en estaciones permanentes, a nivel de suelo, de 22 países de Europa, el Mediterráneo y las regiones del Medio Este. Douglas (2004a) ha demostrado, a través de un método basado en el análisis de la varianza, que hay poca evidencia de diferencias regionales entre los registros obtenidos en el Cáucaso, Italia central, Friuli (noreste de Italia), Grecia y el sur de Islandia. Sin embargo, Douglas (2004b) ha encontrado diferencias regionales en los movimientos del terreno entre Europa y California.

Debido a que nuestro interés se centra en terremotos superficiales de regiones activas tectónica y sísmicamente, sólo se han incluido los terremotos con profundidades focales menores de 30 km, localizados en regiones sísmicas.

La figura 5.1 muestra la distribución de los terremotos obtenidos de la base de datos en términos de magnitud, distancia a la falla, y tipo de falla.

5.2.2 Magnitud

La magnitud utilizada en este estudio ha sido la magnitud momento (M_W), obtenida directamente del momento sísmico (M_0). Los momentos sísmicos son sobre todo estimadas del centroide del momento tensor (CMT) de Harvard o valores obtenidos del modelado de las ondas P y SH (Ambraseys *et al.*, 2000). El uso de la magnitud momento evita la “saturación” de las medidas de magnitud más tradicionales de banda limitada para los momentos sísmicos más grandes y, por tanto, se considera una medida mejor del tamaño verdadero de un terremoto (Bolt, 1993). Aunque la mayoría de los autores limitan sus relaciones a $M_W \geq 5,0 - 5,5$ en este estudio se han utilizado los terremotos de $M_W \geq 4,5$ porque algunos terremotos pequeños pero próximos se sabe que han causado daño.

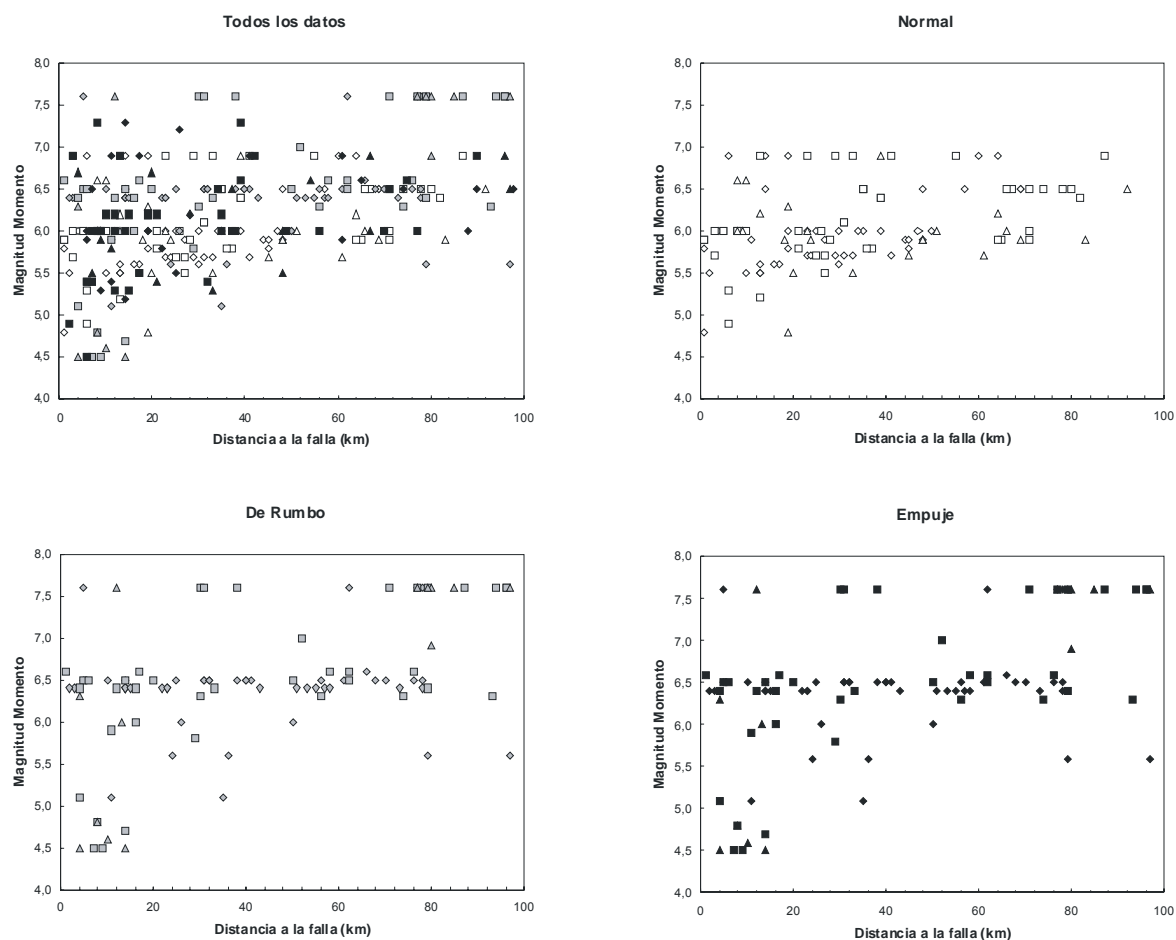


Figura 5.1. Distribución de los datos tomados de la base de datos en términos de magnitud, distancia a la falla, geología local, y mecanismo de falla. Geología local: \diamond roca, \square suelo duro, \triangle suelo blando y muy blando.

5.2.3 Mecanismo focal

En la actualidad hay muchos criterios para clasificar los mecanismos focales (Eakins, 1987; Westaway y Smith, 1989; Frohlich y Apperson, 1992; Wells y Coppersmith, 1994; Vakov, 1996; Boore *et al.*, 1997; Campbell, 1997; Sadigh *et al.*, 1997; Jackson, 2001; Harvard Seismology, 2003). El mecanismo focal, en la base de datos utilizada en este estudio, ha sido determinado a partir de observaciones de campo, estudios sobre el mecanismo de la fuente o de la literatura. El método desarrollado por Frohlich y Apperson (1992) ha sido utilizado para clasificar el mecanismo focal. Este método utiliza los ángulos de caída (δ_P , δ_B y δ_T) en grados de los ejes P (eje con el menor momento principal), B (eje con el valor intermedio del momento), y T (el eje principal asociado con el mayor momento principal). De este modo las fallas normales se definen para terremotos con $\delta_P > 60^\circ$, fallas de rumbo para $\delta_B > 60^\circ$, y fallas de empuje para $\delta_T > 50^\circ$; cualquier otra combinación se clasifica como “extraña”. Bommer *et al.*, (2003) ha demostrado que Frohlich y Apperson (1992), y Boore *et al.* (1997), clasifican la mayoría de los terremotos de modo similar. Aquellos terremotos clasificados de modo ambiguo por Boore *et al.* (1997), se clasifican como “extraños” en el esquema de Frohlich y Apperson (1992). El método propuesto por Frohlich y Apperson, utilizando los ángulos de caída de los ejes P , T y B , clasifica los terremotos sin ambigüedad, comparado con otros métodos que utilizan los ángulos de inclinación de los dos planos focales, lo que puede llevar a clasificaciones diferentes para un mismo terremoto.

En este estudio no se ha incluido el terremoto del 17 de Agosto de 1999 de Kocaeli (Izmit), Turquía, de magnitud momento 7,4. Se ha observado que los movimientos medios, que se han producido en el terreno, son significativamente menores que los esperados de las leyes de atenuación actuales (ver también Anderson, 2000; Youd *et al.*, 2000; Akkar y Gulkan, 2002; Atakan *et al.*, 2002; Campbell y Bozorgnia, 2003).

5.2.4 Geología local

En este estudio se ha adoptado el esquema propuesto por Boore *et al.* (1993), que utiliza la velocidad de las ondas de corte medida o estimada a una profundidad de 30 m (V_{t30}).

Esquema de Boore:

Roca:	$V_{t30} > 750 \text{ m/s}$
Suelo duro:	$360 \text{ m/s} < V_{t30} \leq 750 \text{ m/s}$
Suelo blando:	$180 \text{ m/s} < V_{t30} \leq 360 \text{ m/s}$
Suelo muy blando:	$V_{t30} \leq 180 \text{ m/s}$

Debido a la escasez de datos clasificados como suelo muy blando, éste y suelo blando se han agrupado juntos.

5.2.5 Distancia a la falla

En este estudio la distancia a la fuente se define como la menor distancia a la proyección superficial de la ruptura de la falla, tal como proponen Joyner y Boore (1981), también conocida como distancia Joyner-Boore (r_{jb}).

Algunos autores tales como Campbell y Bozorgnia (2003), o Boore *et al.* (1997), utilizan la distancia sismogénica (la menor distancia en tres dimensiones desde la estación a la ruptura, cuya parte superior se sitúa a una profundidad de 3 km o más), o incluso utilizan un coeficiente obtenido en el análisis de regresión, para incluir la profundidad del terremoto. La estimación de este coeficiente puede estar asociada con errores grandes (Ambraseys *et al.*, 2005). Douglas (2001) ha demostrado que, utilizar la distancia a la ruptura, no reduce la desviación estándar, en las ecuaciones de predicción del movimiento del terreno. En este trabajo los registros se han limitado a $r_{jb} \leq 100 \text{ km}$ debido a las siguientes razones: en primer lugar, este límite de distancia incluye la mayoría de las amplitudes de movimientos del terreno de interés en ingeniería; en segundo lugar, hay pocos registros para distancias mayores y ello reduciría la correlación entre magnitud y distancia; en tercer lugar, reduce la parcialidad que podría ser introducida por incluir registros de distancias mayores a la distancia de la primera estación no-inducida (Ambraseys *et al.*, 2005); en último lugar, la distribución de registros en magnitud y distancia es razonablemente uniforme, ya que si se redujese dicha correlación, se podrían causar problemas en el análisis de regresión (Ambraseys *et al.*, 2005).

5.3 Marco metodológico

5.3.1 Leyes de atenuación para los espectros de respuesta de aceleración (SA) y velocidad relativa (SV)

Aunque es conocido que parámetros tales como efectos topográficos, mecanismos focales, dirección de radiación, etcétera, pueden tener un efecto importante en los movimientos del terreno (Finn, 1999), las leyes de atenuación siguen la siguiente expresión:

$$\log y = a + b \cdot M + c \cdot f(D) \tag{5.1}$$

Donde y es el parámetro que caracteriza el movimiento del terreno; M , es la magnitud del terremoto; y , D , es la distancia a la fuente. Con una base de datos de movimientos del terreno, los coeficientes se pueden determinar a través de un análisis de regresión de la magnitud y la función $f(D)$, representativa de la distancia a la fuente.

Tipo de falla y geología local	No. De Registros		No. De Sismos		Magnitud (M_w) Mínima		Magnitud (M_w) Máxima		Dist. a la falla Mínima		Dist. a la falla Máxima	
	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H	V
Falla normal. Roca	88	44	11	11	4,8	4,8	6,9	6,9	0	0	69	69
Falla normal. Suelo duro	96	48	17	17	4,9	4,9	6,9	6,9	0	0	87	87
Falla normal. Suelo blando y muy blando	50	25	12	12	4,8	4,8	6,9	6,9	8	8	92	92
Falla de rumbo. Roca	98	49	7	7	5,1	5,1	7,6	7,6	2	2	97	97
Falla de rumbo. Suelo duro	78	39	16	16	4,5	4,5	7,6	7,6	1	1	96	96
Falla de rumbo. Suelo blando y muy blando	26	13	8	8	4,5	4,5	7,6	7,6	4	4	97	97
Falla de empuje. Roca	48	24	15	15	5,2	5,2	7,3	7,3	6	6	98	98
Falla de empuje. Suelo duro	86	43	18	18	4,5	4,5	7,3	7,3	2	2	90	90
Falla de empuje. Suelo blando y muy blando	36	18	14	14	5,3	5,3	6,9	6,9	4	4	96	96
Total	606	303	67	67	Máx.	5,3	Mín.	6,9				

Tabla 5.1. Distribución de los registros por mecanismo de ruptura y geología local.

En este estudio se ha utilizado una base de datos que contiene tres componentes para cada registro (dos horizontales y uno vertical). Aquellos registros que no tuviesen alguno de los tres componentes se han descartado para realizar un análisis de regresión, en el que la resultante horizontal y la componente vertical se obtengan del mismo número de datos. La resultante de las dos componentes horizontales de SA y SV se ha definido como la aceleración espectral horizontal media, o la velocidad relativa espectral horizontal media del movimiento del terreno.

Peligrosidad sísmica. Leyes de atenuación y análisis de las series temporales de los terremotos. Aplicación al Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada

Fecha	Terremoto	M _w	Dist.		Localización	Mecanismo de ruptura	Geología Local
			Falla	Estación			
4-nov-73	Ionian	5,8	11	Lefkada-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo blando
6-may-76	Friuli	6,5	74	Cortina d'Ampezzo	Italia	Empuje	Roca
6-may-76	Friuli	6,5	90	Feltre	Italia	Empuje	Roca
6-may-76	Friuli	6,5	7	Tolmezzo-Diga Ambiesta	Italia	Empuje	Roca
6-may-76	Friuli	6,5	98	Ljubljana-Imfin	Slovenia	Empuje	Roca
6-may-76	Friuli	6,5	34	Codroipo	Italia	Empuje	Suelo duro
6-may-76	Friuli	6,5	71	Conegliano-Veneto	Italia	Empuje	Suelo duro
6-may-76	Friuli	6,5	37	Barcis	Italia	Empuje	Suelo blando
6-may-76	Friuli	6,5	97	Ljubljana-Zrmk	Slovenia	Empuje	Suelo blando
7-may-76	Friuli (réplica)	5,2	14	Tolmezzo-Diga Ambiesta	Italia	Empuje	Roca
11-may-76	Friuli (réplica)	4,9	2	Forgaria-Cornio	Italia	Empuje	Suelo duro
17-may-76	Gazli	4,5	6	Karakyr Point	Uzbekistan	Empuje	Suelo duro
17-may-76	Gazli	4,5	6	Karakyr Point	Uzbekistan	Empuje	Suelo duro
17-may-76	Gazli	6,7	4	Karakyr Point	Uzbekistan	Empuje	Suelo blando
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,5	25	Robic	Slovenia	Empuje	Roca
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,3	15	Breginj-Fabrika IGLI	Slovenia	Empuje	Suelo duro
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,5	17	San Rocco	Italia	Empuje	Suelo duro
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,5	17	Forgaria-Cornio	Italia	Empuje	Suelo duro
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,5	48	Barcis	Italia	Empuje	Suelo blando
11-sep-76	Friuli (réplica)	5,5	7	Buia	Italia	Empuje	Suelo blando
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	19	Robic	Slovenia	Empuje	Roca
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	12	Robic	Slovenia	Empuje	Roca
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	70	Cortina d'Ampezzo	Italia	Empuje	Roca
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	88	Feltre	Italia	Empuje	Roca
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	6	Tarcento	Italia	Empuje	Roca
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	14	Breginj-Fabrika IGLI	Slovenia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	35	Codroipo	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	77	Codroipo	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	12	San Rocco	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	12	Forgaria-Cornio	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	7	Breginj-Fabrika IGLI	Slovenia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	38	Codroipo	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	70	Conegliano-Veneto	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	9	Forgaria-Cornio	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	9	San Rocco	Italia	Empuje	Suelo duro
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	9	Buia	Italia	Empuje	Suelo blando
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	35	Barcis	Italia	Empuje	Suelo blando
15-sep-76	Friuli (réplica)	6,0	8	Tregnago	Italia	Empuje	Suelo blando
24-nov-76	Caldirán	7,0	52	Maku	Irán	De rumbo	Suelo duro
16-sep-77	Friuli (réplica)	5,4	6	Forgaria-Cornio	Italia	Empuje	Suelo duro
16-sep-77	Friuli (réplica)	5,4	7	San Rocco	Italia	Empuje	Suelo duro
16-sep-77	Friuli (réplica)	5,4	32	Breginj-Fabrika IGLI	Slovenia	Empuje	Suelo duro
15-abr-78	Basso Tirreno	6,2	13	Milazzo	Italia	Normal	Suelo blando
15-abr-78	Basso Tirreno	6,0	50	Messina 1	Italia	De rumbo	Roca
15-abr-78	Basso Tirreno	6,0	26	Milazzo	Italia	De rumbo	Roca
15-abr-78	Basso Tirreno	6,0	16	Naso	Italia	De rumbo	Suelo duro
15-abr-78	Basso Tirreno	6,0	13	Patti-Cabina Prima	Italia	De rumbo	Suelo blando
20-jun-78	Volvi	6,2	64	Gevgelija-Fabrika Keramike	Macedonia	Normal	Suelo blando
16-sep-78	Tabas	7,3	14	Dayhook	Irán	Empuje	Roca
16-sep-78	Tabas	7,3	39	Boshroyeh	Irán	Empuje	Suelo duro
16-sep-78	Tabas	7,3	8	Tabas	Irán	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro	6,9	41	Titograd-Seismoloska Stanica	Yugoslavia	Empuje	Roca
15-abr-79	Montenegro	6,9	11	Ulcinj-Hotel Albatros	Yugoslavia	Empuje	Roca
15-abr-79	Montenegro	6,9	17	Hercegnovi Novi-O.S.D. Pavicic School	Yugoslavia	Empuje	Roca
15-abr-79	Montenegro	6,9	61	Dubrovnik-Pomorska Skola	Croatia	Empuje	Roca
15-abr-79	Montenegro (réplica)	5,8	22	Hercegnovi Novi-O.S.D. Pavicic School	Yugoslavia	Empuje	Roca
15-abr-79	Montenegro	6,9	3	Petrovac-Hotel Oliva	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro	6,9	13	Ulcinj-Hotel Olimpic	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro	6,9	3	Bar-Skupstina Opstine	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro	6,9	42	Titograd-Geoloski Zavod	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro (réplica)	6,2	35	Hercegnovi Novi-O.S.D. Pavicic School	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
15-abr-79	Montenegro	6,9	96	Titograd-Geoloski Zavod	Yugoslavia	Empuje	Suelo blando
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	28	Hercegnovi Novi-O.S.D. Pavicic School	Yugoslavia	Empuje	Roca
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	15	Bar-Skupstina Opstine	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	12	Petrovac-Hotel Rivijera	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	10	Budva-PTT	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	19	Tivat-Aerodrom	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	19	Kotor-Naselje Rakite	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
24-may-79	Montenegro (réplica)	6,2	21	Kotor-Zovod za Biologiju Mora	Yugoslavia	Empuje	Suelo duro
18-jul-79	Dursunbey	5,3	6	Dursunbey-Kyllili Gozlem Istasyonu	Turquia	Normal	Suelo duro
19-sep-79	Valnerina	5,8	1	Cascia	Italia	Normal	Roca
19-sep-79	Valnerina	5,8	45	San Vittorino	Italia	Normal	Roca
19-sep-79	Valnerina	5,8	19	Arquata del Tronto	Italia	Normal	Roca
19-sep-79	Valnerina	5,8	37	Bevagna	Italia	Normal	Suelo duro
19-sep-79	Valnerina	5,8	21	Spoletto	Italia	Normal	Suelo duro
19-sep-79	Valnerina	5,8	36	Mascioni	Italia	Normal	Suelo duro
1-ene-80	Azores	6,9	80	Horta	Portugal	De rumbo	Suelo blando
11-ago-80	Almiros (réplica)	5,2	13	Almiros Volos-Town Hall	Grecia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	60	Arienzo	Italia	Normal	Roca

Fecha	Terremoto	Dist.			Localización	Mecanismo de ruptura	Geología Local
		M_w	Falla	Estación			
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	6	Bagnoli-Irpinio	Italia	Normal	Roca
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	14	Sturno	Italia	Normal	Roca
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	19	Bisaccia	Italia	Normal	Roca
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	64	Torre del Greco	Italia	Normal	Roca
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	23	Brienza	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	33	Mercato San Severino	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	13	Calitri	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	29	Rionero in Vulture	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	41	Benevento	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	55	Torre del Greco	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	87	San Severo	Italia	Normal	Suelo duro
23-nov-80	Campano Lucano	6,9	39	Bovino	Italia	Normal	Suelo blando
23-nov-80	Campano Lucano	6,6	10	Vieste	Italia	Normal	Suelo blando
23-nov-80	Campano Lucano	6,6	8	Vieste	Italia	Normal	Suelo blando
25-feb-81	Alkion	6,3	19	Korinthos-OTE Building	Grecia	Normal	Suelo blando
10-mar-81	Preveza	5,4	7	Preveza-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo duro
10-mar-81	Preveza	5,4	21	Lefkada-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo blando
17-ene-83	Kefallinia isly	6,9	90	Agrinio-Town Hall	Grecia	Empuje	Suelo duro
17-ene-83	Kefallinia isly	6,9	67	Lefkada-Hospital	Grecia	Empuje	Suelo blando
6-ago-83	Off coast of Magion Oros peninsula	6,6	76	Ierissos-Police Station	Grecia	De rumbo	Suelo duro
26-ago-83	Ierissos	5,1	11	Ouranoupolis-Seismograph Station	Grecia	De rumbo	Roca
26-ago-83	Ierissos	5,1	4	Ierissos-Police Station	Grecia	De rumbo	Suelo duro
30-oct-83	Panislir	6,6	66	Erzurum-Bayindirlik ve Iskan Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Roca
30-oct-83	Panislir	6,6	17	Horasan-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
29-abr-84	Umbria	5,6	30	Cagli	Italia	Normal	Roca
29-abr-84	Umbria	5,6	13	Gubbio	Italia	Normal	Roca
29-abr-84	Umbria	5,6	17	Umbertide	Italia	Normal	Roca
29-abr-84	Umbria	5,6	16	Pietralunga	Italia	Normal	Roca
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	48	Bussi	Italia	Normal	Roca
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	11	Atina	Italia	Normal	Roca
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	27	Ponte Corvo	Italia	Normal	Roca
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	44	Roccamonfina	Italia	Normal	Roca
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	28	San Agapito	Italia	Normal	Suelo duro
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	65	Castelnuovo	Italia	Normal	Suelo duro
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	71	Poggio-Picenze	Italia	Normal	Suelo duro
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	64	Ripa-Fagnano	Italia	Normal	Suelo duro
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	69	Barisciano	Italia	Normal	Suelo blando
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	24	Ortucchio	Italia	Normal	Suelo blando
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	48	Garigliano-Centro dee Nucleare 2	Italia	Normal	Suelo blando
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	48	Garigliano-Centro dee Nucleare 2	Italia	Normal	Suelo blando
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	35	Ripa-Fagnano	Italia	Normal	Suelo blando
7-may-84	Lazio Abruzzo	5,9	18	Cassino-Sant' Elia	Italia	Normal	Suelo blando
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	13	Atina	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	10	Pescasseroli	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	2	Villetta-Barrea	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	13	Atina-Fretura Piano Terra	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	4,8	0	Villetta-Barrea	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	13	Atina-Pretura Terrazza	Italia	Normal	Roca
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	27	San Agapito	Italia	Normal	Suelo duro
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,9	0	Villetta-Barrea	Italia	Normal	Suelo duro
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,9	0	Villetta-Barrea	Italia	Normal	Suelo duro
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	33	Taranta Peligna	Italia	Normal	Suelo blando
11-may-84	Lazio Abruzzo (réplica)	5,5	20	Cassino-Sant' Elia	Italia	Normal	Suelo blando
30-ago-86	Vrancea	7,2	26	Vrancioaia	Rumania	Empuje	Roca
13-sep-86	Kalamata (réplica)	5,9	45	Githio-Police Station	Grecia	Normal	Roca
13-sep-86	Kalamata (réplica)	5,9	83	Pyrgos-Agriculture Bank	Grecia	Normal	Suelo blando
15-sep-86	Kalamata (réplica)	4,9	6	Messinia-Town Hall	Grecia	Normal	Suelo duro
15-sep-86	Kalamata (réplica)	5,1	35	Messinia-Town Hall	Grecia	De rumbo	Roca
10-jun-87	Kalamata (réplica)	5,3	9	Kyparrisia-Agriculture Bank	Grecia	Empuje	Roca
9-ene-88	SE of Tírána	5,9	6	Tírána-Seismological Observatory	Grecia	Empuje	Roca
18-may-88	Etolia	5,3	12	Argostoli-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo duro
18-may-88	Etolia	5,4	6	Argostoli-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo duro
22-may-88	Etolia	5,4	11	Valsamata-Seismograph Station	Grecia	Empuje	Roca
16-oct-88	Kyllini	5,9	11	Zakynthos-OTE Building	Grecia	De rumbo	Suelo duro
22-oct-88	Kyllini (réplica)	4,5	7	Kyllini-Police Station	Grecia	De rumbo	Suelo duro
22-oct-88	Kyllini (réplica)	4,5	4	Vartolomio-I.Th. Residence	Grecia	De rumbo	Suelo blando
31-oct-88	Kyllini (réplica)	4,8	8	Kyllini-Police Station	Grecia	De rumbo	Suelo duro
31-oct-88	Kyllini (réplica)	4,8	8	Vartolomio-I.Th. Residence	Grecia	De rumbo	Suelo blando
27-nov-88	Kyllini (réplica)	4,5	9	Kyllini-Police Station	Grecia	De rumbo	Suelo duro
27-nov-88	Kyllini (réplica)	4,5	14	Vartolomio-I.Th. Residence	Grecia	De rumbo	Suelo blando
7-dic-88	Spitak	6,7	20	Gukasian	Armenia	Empuje	Suelo blando
31-ago-89	Patras	4,8	19	Patra-OTE Building	Grecia	Normal	Suelo blando
29-oct-89	Chenoua	5,9	61	Alger-Bouzareah	Algeria	Empuje	Roca
29-oct-89	Chenoua	5,9	9	Cherchell	Algeria	Empuje	Suelo blando
5-may-90	Potenza	5,8	29	Brienza	Italia	De rumbo	Suelo duro
21-dic-90	Griva	6,1	31	Edessa-Prefecture	Grecia	Normal	Suelo duro
21-dic-90	Griva	6,1	31	Kilkis-Hospital	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-91	Racha (réplica)	6,0	37	Ambrolauri	Georgia	Empuje	Suelo duro
15-jun-91	Racha (réplica)	6,0	49	Oni-Base Camp	Georgia	Empuje	Suelo duro

Peligrosidad sísmica. Leyes de atenuación y análisis de las series temporales de los terremotos. Aplicación al Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada

Fecha	Terremoto	M _w	Dist.		Localización	Mecanismo de ruptura	Geología Local
			Falla	Estación			
15-jun-91	Racha (réplica)	6,0	56	Zemo Bari	Georgia	Empuje	Suelo duro
15-jun-91	Racha (réplica)	6,0	67	Ambrolauri	Georgia	Empuje	Suelo blando
15-jun-91	Racha (réplica)	6,0	48	Oni-Base Camp	Georgia	Empuje	Suelo blando
13-mar-92	Erzincan	6,6	1	Erzincan-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
13-mar-92	Erzincan	6,6	58	Tercan-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
13-mar-92	Erzincan	6,6	62	Refahiye-Kaymakamlik Binasi	Turquia	De rumbo	Suelo duro
26-mar-93	Pyrgos (réplica)	4,7	14	Amaliada-OTE Building	Grecia	De rumbo	Suelo duro
13-jun-93	Mouzakalika	5,3	33	Lefkada-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo blando
14-jul-93	Patras (réplica)	4,6	10	Patra-OTE Building	Grecia	De rumbo	Suelo blando
13-may-95	Kozani	6,5	69	Florina-Cultural Center	Grecia	Normal	Roca
13-may-95	Kozani	6,5	48	Kastoria-OTE Building	Grecia	Normal	Roca
13-may-95	Kozani	6,5	14	Kozani-Prefecture	Grecia	Normal	Roca
13-may-95	Kozani	6,5	57	Veria-Cultural Center	Grecia	Normal	Roca
13-may-95	Kozani	6,5	74	Edessa-Prefecture	Grecia	Normal	Suelo duro
13-may-95	Kozani	6,5	80	Karditsa-Laboratory of Technical Service	Grecia	Normal	Suelo duro
13-may-95	Kozani	6,5	67	Katerini-Agriculture Institute	Grecia	Normal	Suelo duro
13-may-95	Kozani	6,5	78	Larissa-Town Hall	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	69	Karpenisi-Prefecture	Grecia	Normal	Roca
15-jun-95	Aigion	6,5	71	Agrinio-Town Hall	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	66	Korinthos-Town Hall	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	35	Patra-National Bank	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	35	Patra-San Dimitrios Church	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	35	Patra-San Alexios Church	Grecia	Normal	Suelo duro
15-jun-95	Aigion	6,5	92	Pyrgos-Agriculture Bank	Grecia	Normal	Suelo blando
1-oct-95	Dinar	6,4	39	Burdur-Meteoroloji Mudurgulu	Turquia	Normal	Suelo duro
1-oct-95	Dinar	6,4	39	Cardak-Saglik Ocagi	Turquia	Normal	Suelo duro
1-oct-95	Dinar	6,4	82	Denizli-Bayindirlik ve Iskan Mudurlugu	Turquia	Normal	Suelo duro
1-oct-95	Dinar	6,3	4	Izmir-Meteoroloji Istasyonu	Turquia	De rumbo	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	4	Nocera Umbra	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	23	Monte Fiegni	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	25	Monte Fiegni	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	29	Cascia	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	35	Cascia	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	31	Spoletto Monteluco	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	33	Forca Canapine	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	39	Forca Canapine	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	34	Gubbio	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	41	Gubbio-Piana	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	30	Gubbio-Piana	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	47	Pietralunga	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	50	Cagli	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	24	Assisi-Stallone	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	19	Assisi-Stallone	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	23	Borgo-Cerreto Torre	Italia	Normal	Roca
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	3	Colfiorito	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	3	Colfiorito	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	25	Bevagna	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	26	Bevagna	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	27	Matelica	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	21	Matelica	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	71	Senigallia	Italia	Normal	Suelo duro
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	24	Monte Fiegni	Italia	Normal	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	23	Castelnuovo-Assisi	Italia	Normal	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	45	Gubbio	Italia	Normal	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	51	Leonessa	Italia	Normal	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	5,7	61	Rieti	Italia	Normal	Suelo blando
26-sep-97	Umbria Marche	6,0	66	Rieti	Italia	Normal	Suelo blando
18-nov-97	Strofades	6,6	65	Kyparrisia-Agriculture Bank	Grecia	Empuje	Roca
18-nov-97	Strofades	6,6	78	Argostoli-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo duro
18-nov-97	Strofades	6,6	39	Zakynthos-OTE Building	Grecia	Empuje	Suelo duro
18-nov-97	Strofades	6,6	54	Pyrgos-Agriculture Bank	Grecia	Empuje	Suelo blando
12-abr-98	Bovec	5,6	24	Valle	Italia	De rumbo	Roca
12-abr-98	Bovec	5,6	36	Gemona-Piazza del Ferro	Italia	De rumbo	Roca
12-abr-98	Bovec	5,6	79	Cerknica	Slovenia	De rumbo	Roca
12-abr-98	Bovec	5,6	97	Sleme	Slovenia	De rumbo	Roca
12-abr-98	Bovec	6,5	78	Sleme	Slovenia	De rumbo	Roca
27-jun-98	Adana	6,3	93	Hatay-Bayindirlik ve Iskan Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
27-jun-98	Adana	6,3	56	Iskenderun-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
27-jun-98	Adana	6,3	74	Islahiye-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
27-jun-98	Adana	6,3	30	Karatas-Meteoroloji Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	5	Izmit-Meteoroloji Istasyonu	Turquia	De rumbo	Roca
17-ago-99	Izmit	7,6	62	Heybeliada-Senatoryum	Turquia	De rumbo	Roca
17-ago-99	Izmit	7,6	77	Yapi-Kredi Plaza Levent	Turquia	De rumbo	Roca
17-ago-99	Izmit	7,6	78	Istanbul-Maslak	Turquia	De rumbo	Roca
17-ago-99	Izmit	7,6	79	Bursa-Sivil Savunma Mudurluga	Turquia	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	71	Istanbul-Bayindirlik ve Iskan Mudurlugu	Turquia	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	96	Istanbul-Nukleer Santrali	Turquia	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	30	Gebze-Tubitak Marmara Arastirma Merkezi	Turquia	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	31	Goynuk-Devlet Hastanesi	Turquia	De rumbo	Suelo duro

Fecha	Terremoto	M_w	Dist.		Localización	Mecanismo de ruptura	Geología Local
			Falla	Estación			
17-ago-99	Izmit	7,6	38	Gebze-Arcelik	Turquía	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	94	Cekmece-Kucuk	Turquía	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	87	Yesilkoy-Havaalani	Turquía	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	77	Istanbul-Mecidiyekoy	Turquía	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	96	Gerede	Turquía	De rumbo	Suelo duro
17-ago-99	Izmit	7,6	12	Duzce-Meteoroloji Mudurlugu	Turquía	De rumbo	Suelo blando
17-ago-99	Izmit	7,6	97	Ambarli-Termik Santrali	Turquía	De rumbo	Suelo blando
17-ago-99	Izmit	7,6	77	Bursa-Tofa Fabrikasi	Turquía	De rumbo	Suelo blando
17-ago-99	Izmit	7,6	85	Istanbul-Atakoy	Turquía	De rumbo	Suelo blando
17-ago-99	Izmit	7,6	80	Istanbul-Zeytinburnu	Turquía	De rumbo	Suelo blando
17-ago-99	Izmit	7,6	79	Istanbul-K.M.Pasa	Turquía	De rumbo	Suelo blando
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	8	Athens 3 (Kallithea District)	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	8	Athens-Neo Psihiko	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	9	Athens-Sygroi-Fix	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	10	Athens-Papagos	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	8	Athens-Syntagma (3rd lower level)	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	5	Athens-Sepolia (Metro Station)	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	5	Athens-Sepolia (Garage)	Grecia	Normal	Suelo duro
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	9	Athens 2 (Chalryri District)	Grecia	Normal	Suelo blando
7-sep-99	Ano Liosia	6,0	8	Athens 4 (Kipseii District)	Grecia	Normal	Suelo blando
17-jun-00	South Iceland	6,5	5	Flagbjarnarholt	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	10	Minni-Nupur	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	31	Selfoss-City Hall	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	40	Hveragerdi-Retirement House	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	31	Selfoss-Hospital	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	25	Burfell-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	56	Hrauneyjafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	41	Sultartangastiffa	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	32	Irafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	32	Ljosafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	61	Sigolduvirkjun-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	38	Sultartanga-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	76	Blondustiffa	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	70	Blondustiffa	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	68	Reykjavik-Heidmork (Jadar)	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	14	Reykjavik-Heidmork (Jadar)	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	40	Hveragerdi-Church	Islandia	De rumbo	Roca
17-jun-00	South Iceland	6,5	5	Hella	Islandia	De rumbo	Suelo duro
17-jun-00	South Iceland	6,5	14	Solheimar	Islandia	De rumbo	Suelo duro
17-jun-00	South Iceland	6,5	20	Selsund	Islandia	De rumbo	Suelo duro
17-jun-00	South Iceland	6,5	6	Kaldarholt	Islandia	De rumbo	Suelo duro
17-jun-00	South Iceland	6,5	50	Thorlakhshofn	Islandia	De rumbo	Suelo duro
17-jun-00	South Iceland	6,5	62	Sigoldustiffa	Islandia	De rumbo	Suelo duro
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	14	Selfoss-Hospital	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	23	Hveragerdi-Church	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	22	Flagbjarnarholt	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	3	Thjorsartun	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	27	Thjorsartun	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	14	Selfoss-City Hall	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	23	Hveragerdi-Retirement House	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	43	Burfell-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	73	Burfell-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	57	Sultartangastiffa	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	14	Sigoldustiffa	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	15	Ljosafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	78	Ljosafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	55	Ljosafoss-Hydroelectric Power Station	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	58	Reykjavik-Hus Verslunarinnar	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	53	Reykjavik-Foldaskoli	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	51	Reykjavik-Foldaskoli	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	2	Thjorsarbru	Islandia	De rumbo	Roca
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	12	Kaldarholt	Islandia	De rumbo	Suelo duro
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	33	Thorlakhshofn	Islandia	De rumbo	Suelo duro
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	16	Hella	Islandia	De rumbo	Suelo duro
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	4	Solheimar	Islandia	De rumbo	Suelo duro
21-jun-00	South Iceland (réplica)	6,4	79	Sigoldustiffa	Islandia	De rumbo	Suelo duro

Tabla 5.2. Registros utilizados para el desarrollo de las ecuaciones para el espectro de respuesta de aceleración y velocidad relativa.

La tabla 5.1 muestra un resumen del número de registros utilizados, en el análisis de regresión, clasificados por su geología local y el tipo de falla. La tabla 5.2 muestra todos los registros utilizados indicando la fecha, el terremoto, la magnitud momento, la distancia a la falla, la estación, la localización y el tipo de falla.

La ley de atenuación utilizada es (Carrasco, 2001):

$$\log S = b_0 + b_1 + b_2 f(r_{jb}) \quad (5.2)$$

Donde $f(r_{jb})$ es una variable que caracteriza la distancia a la falla que ha causado el terremoto, definida por la expresión:

$$f(r_{jb}) = \log(r_{jb} + D_0) \left[1 - \frac{\log(r_{jb} + D_0)}{2 \cdot \log D_0} \right] \quad (5.3)$$

D_0 es un coeficiente que mejora el ajuste.

El procesamiento de las ecuaciones se ha hecho con la generalización del método de los mínimos cuadrados. Las ecuaciones de los mínimos cuadrados que resuelven las tres incógnitas son:

$$\begin{aligned} b_1 \cdot \sum (M - \bar{M})^2 + b_2 \cdot \sum (M - \bar{M})(f(r_{jb}) - \bar{f}(r_{jb})) &= \sum (M - \bar{M})(\log S - \overline{\log S}) \\ b_1 \cdot \sum (M - \bar{M})(f(r_{jb}) - \bar{f}(r_{jb})) + b_2 \cdot \sum (f(r_{jb}) - \bar{f}(r_{jb}))^2 &= \sum (f(r_{jb}) - \bar{f}(r_{jb}))(\log S - \overline{\log S}) \\ b_0 &= \overline{\log S} - b_1 \bar{M} - b_2 \bar{f}(r_{jb}) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Estas ecuaciones se pueden escribir de forma concisa como:

$$\begin{aligned} b_1 \cdot C_{11} + b_2 \cdot C_{12} &= C_{Y1} \\ b_1 \cdot C_{12} + b_2 \cdot C_{22} &= C_{Y2} \end{aligned} \quad (5.5)$$

Donde:

$$\begin{aligned} C_{11} &= \sum (M - \bar{M})^2 \\ C_{22} &= \sum (f(r_{jb}) - \bar{f}(r_{jb}))^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{12} &= \sum (M - \overline{M})(f(r_{jb}) - \overline{f(r_{jb})}) \\
 C_{Y1} &= (\log S - \overline{\log S})(M - \overline{M}) \\
 C_{Y2} &= (\log S - \overline{\log S})(f(r_{jb}) - \overline{f(r_{jb})}) \\
 C_{YY} &= (\log S - \overline{\log S})^2
 \end{aligned} \tag{5.6}$$

Una forma de resolver las ecuaciones se obtiene resolviendo, no el juego inicial de p ecuaciones, sino resolviendo los p juegos de p ecuaciones, obtenidas mediante la sustitución, sucesiva a la derecha de las ecuaciones originales, por el juego de valores (1,0), (0,1).

$$\begin{aligned}
 p \cdot C_{11} + q \cdot C_{12} &= 1,0 \\
 p \cdot C_{12} + q \cdot C_{22} &= 0,1
 \end{aligned} \tag{5.7}$$

Si las soluciones del primer juego (1,0) son:

$$\begin{aligned}
 p_1 &= C^{11} \\
 q_1 &= C^{21}
 \end{aligned} \tag{5.8}$$

Del segundo, de modo similar:

$$\begin{aligned}
 p_2 &= C^{12} \\
 q_2 &= C^{22}
 \end{aligned} \tag{5.9}$$

Estas soluciones se pueden escribir como:

$$\begin{aligned}
 C^{11} \quad C^{12} \\
 C^{21} \quad C^{22}
 \end{aligned} \tag{5.10}$$

Esta matriz es la inversa de la matriz de las sumas de los cuadrados y productos, formados por los coeficientes del lado izquierdo de las ecuaciones originales. Los sufijos C_{ij} indican los coeficientes de la matriz original. Los superíndices indican los elementos C^{ij} de la matriz inversa.

Utilizando la matriz inversa, las soluciones para las ecuaciones originales son:

$$\begin{aligned} b_1 &= C^{11} \cdot C_{Y1} + C^{12} \cdot C_{Y2} \\ b_2 &= C^{21} \cdot C_{Y1} + C^{22} \cdot C_{Y2} \end{aligned} \quad (5.11)$$

La importancia de este método radica en el hecho de que, esta forma de solución, da como un producto los errores estándares de los coeficientes de la regresión. En la práctica, la cantidad de cálculo requerido no aumenta considerablemente.

De este modo la estimación de la desviación residual (desviación final dividida por la desviación inicial) es:

$$s^2 = \frac{1}{n-p-1} (C_{YY} - b_1 C_{Y1} + b_2 C_{Y2}) \quad (5.12)$$

Donde n es el número de observaciones utilizadas para obtener la ecuación de regresión, y p representa el número de grados de libertad.

El error estándar, que es la desviación estándar de la media, da una medida de las incertidumbres que atañen a las estimadas separadas, se define como:

$$\begin{aligned} S.E.(b_1) &= S \cdot \sqrt{C^{11}} \\ S.E.(b_2) &= S \cdot \sqrt{C^{22}} \end{aligned} \quad (5.13)$$

La significación muestra la posibilidad t-Student de que el valor de b_1 , b_2 supere el valor de $b_1, b_2 + S.E.(b_1, b_2)$:

$$\begin{aligned} \text{Signif } .b_1 &= 1 - \text{Dist.t} - \text{Student}(b / S.E.(b_1)) \\ \text{Signif } .b_2 &= 1 - \text{Dist.t} - \text{Student}(b / S.E.(b_2)) \end{aligned} \tag{5.14}$$

La covarianza de las estimadas representa la media del producto de las desviaciones, de dos variables en relación a su media, y muestra como los errores aleatorios, en la estimación de cualquier coeficiente, afectarán a las estimadas de otros coeficientes:

$$\text{Cov}(b_1, b_2) = s^2 \cdot C^{12} \tag{5.15}$$

El procedimiento de ajuste comienza dando un valor al coeficiente D_0 , obteniendo el valor de los coeficientes b_0, b_1, b_2 , por el método de los mínimos cuadrados. El proceso se repite con diferentes valores de D_0 , adoptando finalmente el valor que produce la menor suma de la varianza residual, para los periodos más representativos (tabla 5.3). Este proceso se repite para cada tipo de terreno, para las componentes horizontales y verticales de SA y SV.

	SA	SV
Roca	0,06-0,50 seg	0,09-2,50 seg
Suelo duro	0,06-0,50 seg	0,09-2,50 seg
Suelo Blando y muy blando	0,10-2,00 seg	0,70-4,00 seg

Tabla 5.3. Periodos considerados en la determinación del coeficiente D_0 .

Los coeficientes para las leyes de atenuación se han calculado para el 0, 2, 5, 10 y 20% de amortiguamiento relativo, para 25 períodos naturales entre 0,04 y 4,00 seg (tabla 5.4), para el espectro de respuesta de aceleración y velocidad relativa.

0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
0,09	0,10	0,15	0,20	0,25
0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
1,50	2,00	2,50	3,33	4,00

Tabla 5.4. Periodos considerados en las leyes de atenuación para SA y SV, en segundos.

Finalmente se decidió considerar el mismo valor del coeficiente D_0 , para cada tipo de suelo, lo que simplifica considerablemente las leyes de atenuación, y no produce variaciones importantes en los resultados obtenidos. La figura 5.2 muestra la ley de atenuación, para fallas

normales, en suelo duro, para un período natural de 0,15 seg. La ley que produce una varianza residual mínima se obtiene con un valor de 1,69 para el coeficiente D_0 . El valor 0,50 finalmente obtenido aumenta la varianza residual en solo 0,0010%. Por esa razón, se realizó un nuevo ajuste de las leyes de atenuación, adoptando un único valor de D_0 , para cada tipo de suelo. Este nuevo ajuste permite una comparación fácil de los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 . Con este criterio, las leyes de atenuación que se han establecido finalmente se muestran en el anejo 4.

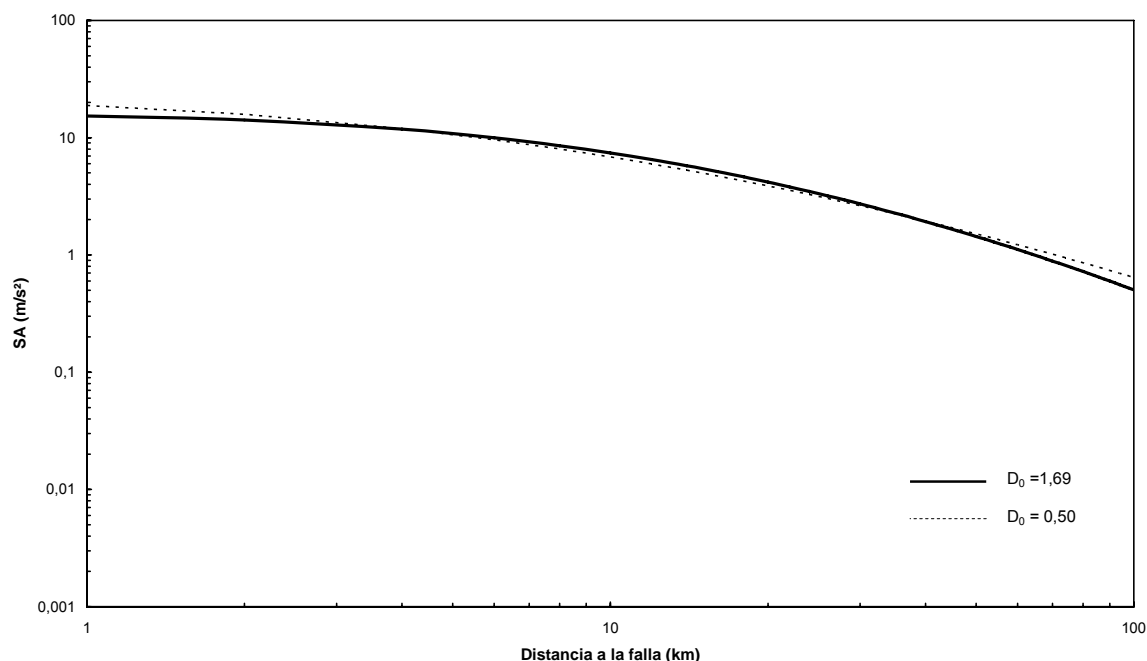


Figura 5.2. Comparación de las leyes de atenuación para el espectro de respuesta de aceleración y diferentes valores de D_0 , falla normal, suelo duro. $T = 0,15$ s., 5% de amortiguamiento relativo.

Los modelos de la regresión, para las componentes horizontales y verticales de SA y SV, han sido validados utilizando un análisis de los residuos (diferencia entre los valores observados y las predicciones del modelo).

$$r_i = \log Y_i - \log Y_{ip} \quad (5.16)$$

Donde $\log Y_i$ es el logaritmo decimal de los i valores observados de Y , $\log Y_{ip}$ es el logaritmo decimal de los i valores predichos de Y .

En primer lugar, se ha verificado la hipótesis de linealidad del espectro de respuesta con respecto a los parámetros explicativos del modelo. Se han dibujado los residuos del análisis

de la regresión, como una función de M_w y $f(r_{jb})$ en las figuras 5.3, y 5.4, respectivamente. En el mismo gráfico se han trazado también las líneas de regresión de los residuos sobre las variables.

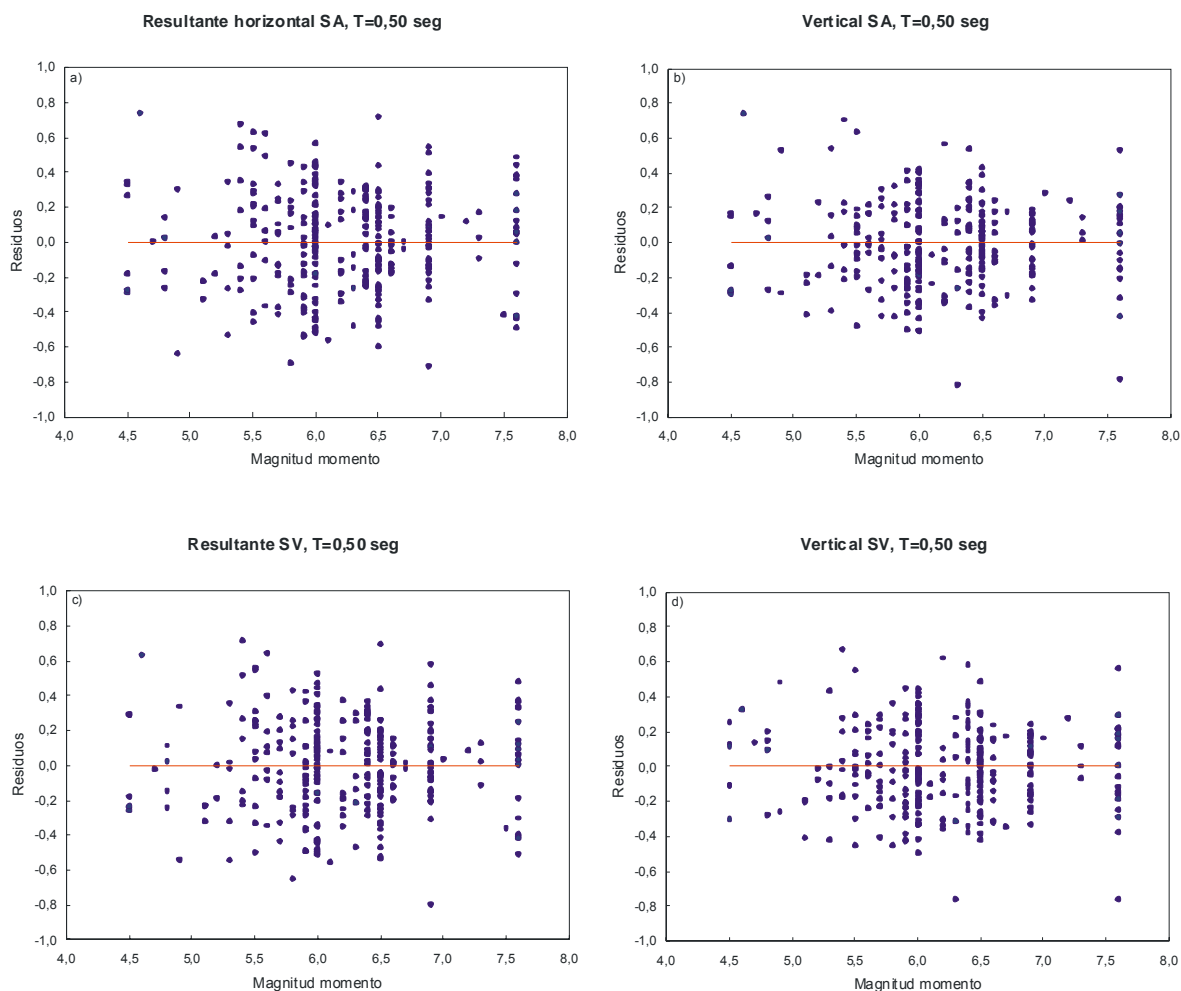


Figura 5.3. Residuos del movimiento del terreno en función de la magnitud momento para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, T = 0,50 s.

La correlación entre los residuos y los parámetros del modelo indicaría que la hipótesis de linealidad no es válida, teniendo que buscar una relación de atenuación diferente. Los gráficos para el tipo de falla, el tipo de suelo, la componente vertical, y otros períodos, muestran resultados similares. No se observó correlación en ninguna de las leyes de atenuación obtenidas, para el espectro de respuesta de aceleración y velocidad relativa (líneas rectas horizontales).

Finalmente, se han dibujado los residuos de la regresión, como una función del valor esperado del espectro de respuesta, y su línea recta de regresión (fig. 5.5). Una distribución de

los residuos dependiente del valor esperado, indicaría que el modelo produce sistemáticamente valores mayores o menores, como una función del valor esperado del parámetro. Sin embargo, no se observa correlación entre los residuos y el valor esperado del espectro de respuesta, en todas las leyes de atenuación obtenidas.

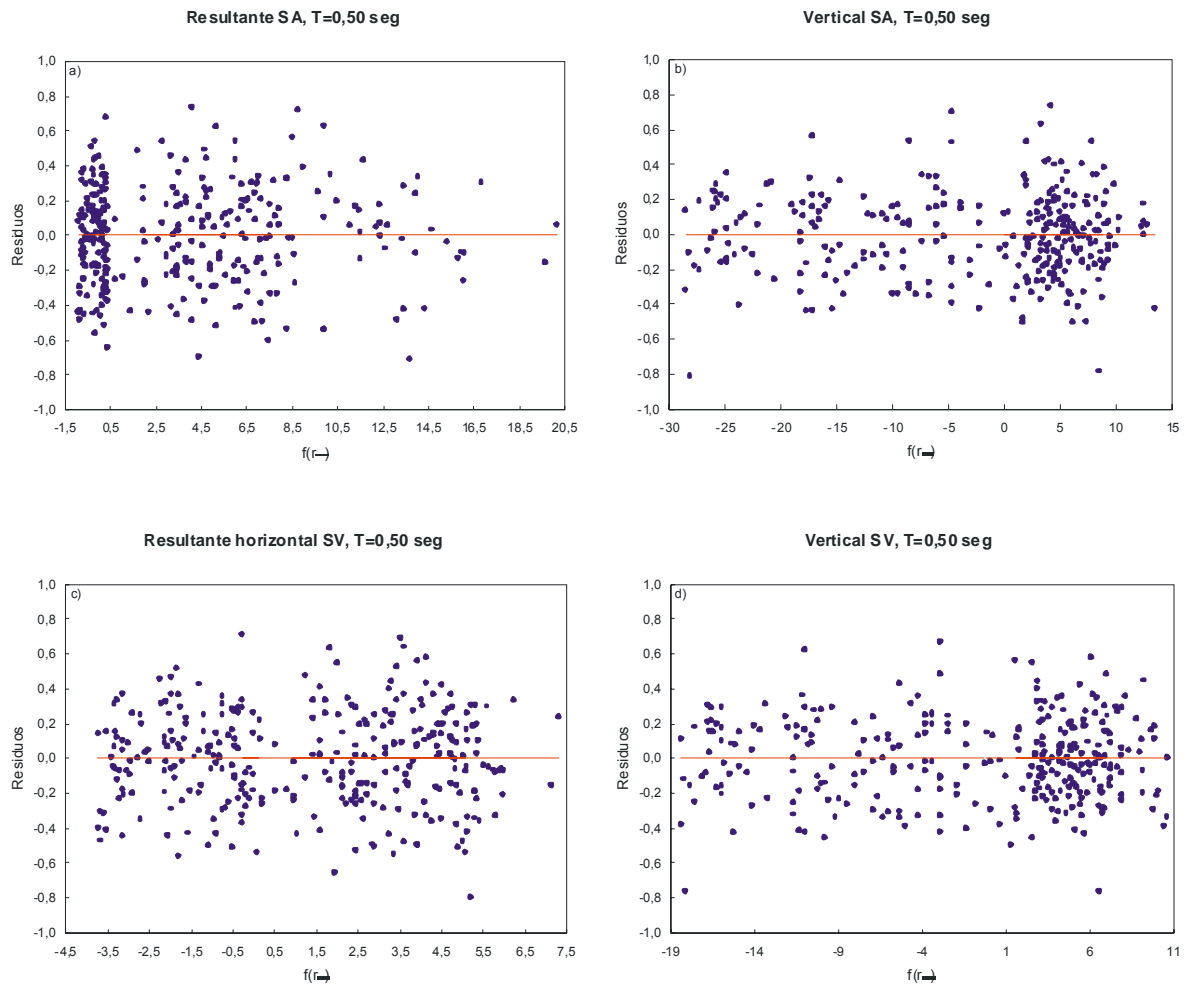


Figura 5.4. Residuos del movimiento del terreno en función de la función $f_{(rjb)}$ para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, $T = 0,50$ s.

Se confirma la independencia de los residuos con respecto a los parámetros explicativos del modelo, y los valores esperados del espectro de respuesta, lo que demuestra la validez del modelo adoptado.

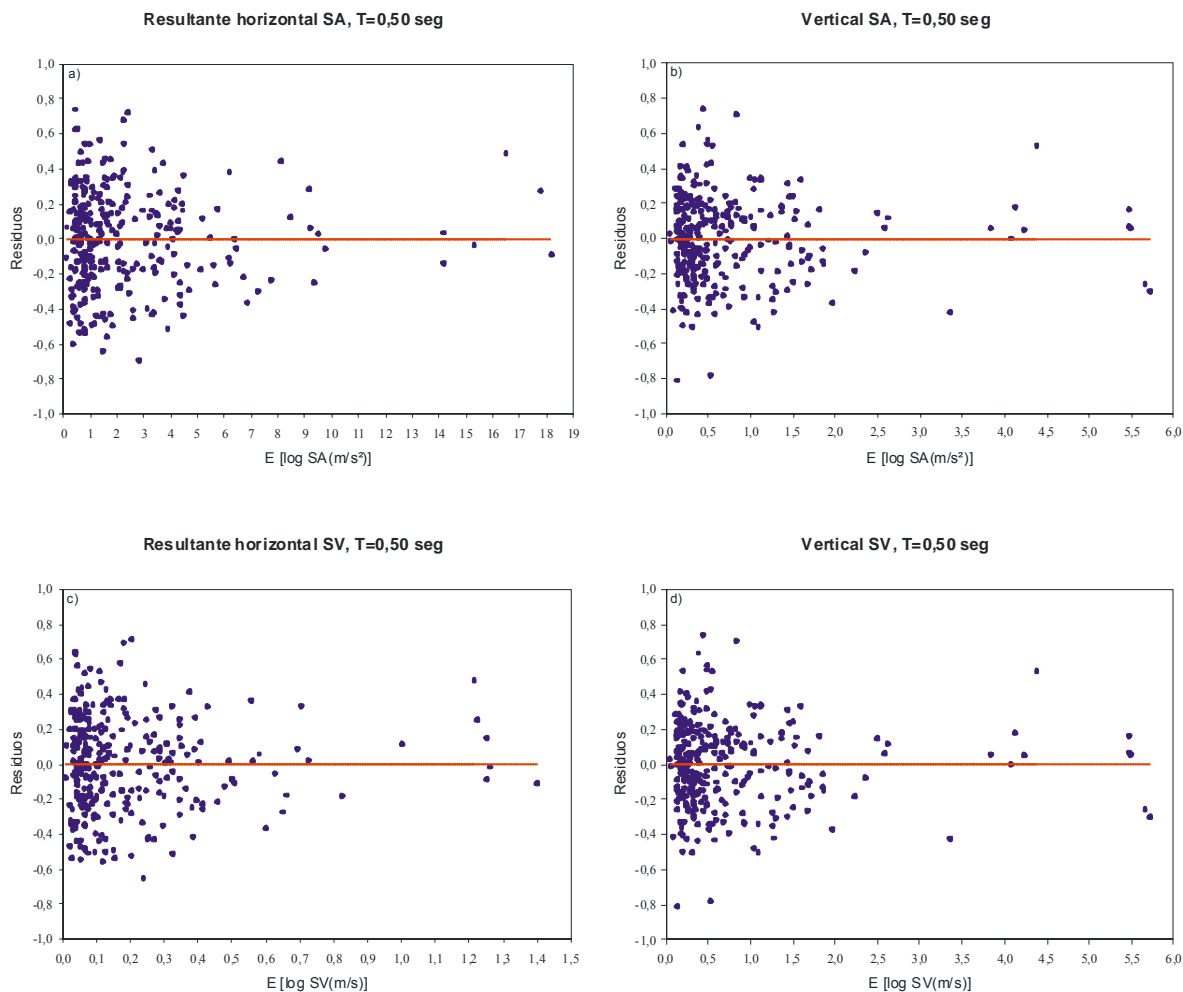


Figura 5.5. Residuos del movimiento del terreno en función de los valores esperados para el análisis de regresión de las componentes de resultante horizontal y vertical del espectro de respuesta. Amortiguamiento relativo 5%, T = 0,50 s.

5.4 Análisis de los resultados

Los gráficos tridimensionales, dibujados en el anejo 5, representan el espectro de respuesta de aceleración, para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo, de acuerdo con la clasificación del tipo de suelo y del tipo de falla, considerados en este estudio. Se ha decidido incluir gráficos tridimensionales, en vez de gráficos bidimensionales, más comúnmente utilizados, para mostrar una representación más completa del fenómeno físico.

Basado en este estudio empírico se ofrecen las siguientes conclusiones:

1.- En general, no se puede afirmar que un tipo de falla produzca sistemáticamente valores mayores o menores del espectro de respuesta de aceleración o velocidad relativa. Este valor

depende también de la magnitud, la distancia a la falla, el tipo de suelo y los períodos considerados.

2.- El efecto del tipo de falla es mayor próximo a la ruptura, debido a la proximidad de la fuente, que causa que la amplificación causada por el tipo de terreno sea despreciable (Bommer *et al.*, 2003; Ambraseys *et al.*, 2005).

3.- El análisis estadístico desarrollado en este estudio muestra que, el error estándar (desviación estándar de la media), del parámetro estimado b_2 es, generalmente, menor que el de b_1 . Esto muestra la consistencia del parámetro b_2 y la función $f(r_{jb})$ (ver anejo 4).

4.- La covarianza, de las estimadas b_1 y b_2 , indica la extensión, a la cual los errores en la estimada de cualquier coeficiente, afectarán a la estimada de otro coeficiente. Su valor es muy bajo, demostrando que no hay correlación entre los valores observados de las variables independientes (b_1 y b_2) (ver anejo 4).

5.- La mayor caída de tensión de SA, como función de la distancia a la falla, se produce para terremotos producidos por fallas de rumbo en roca (ver anejo 5.5-a).

6.- Se puede observar como la tasa de caída de tensión es mayor para terremotos de magnitud pequeña, comparados con los de magnitud importante (Douglas, 2003; Ambraseys *et al.*, 2005) (ver anejo 5.1, 5.2, 5.3).

7.- En la tabla 5.5 se muestran los periodos más representativos para los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 . El coeficiente b_0 presenta un máximo en el intervalo de períodos entre 0,09-0,50 seg. El coeficiente b_1 , que multiplica a la magnitud momento, presenta un mínimo. Este mínimo implica el período para el cual el efecto de la magnitud es menor. Para el espectro de aceleración el máximo varía entre 0,09-0,15, para fallas normales; 0,09-0,15, para fallas de rumbo; y 0,09-0,30, para fallas de empuje. Para el espectro de velocidad relativa el máximo varía entre 0,05-0,15, para fallas normales; 0,08-0,15, para fallas de rumbo; y 0,08-0,35, para fallas de empuje. El coeficiente b_2 , que está relacionado con la distancia a la falla, no

presenta un máximo o mínimo claro para ningún período. Aunque se puede observar que SA es casi constante para suelo blando con cualquier tipo de falla.

5.4.1 Comparativa de gráficos tridimensionales

En el anejo 6 se representan el espectro de respuesta de aceleración, según el tipo de terreno y el tipo de falla para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo para un período natural de 0,50 seg, magnitud momento de 6,5 y distancia a la falla de 20 km. Los resultados se muestran a continuación:

Análisis según el tipo de suelo para $T = 0,50$ s.

- Falla normal. Roca y suelo duro convergen desde una distancia a la falla de 9 km y magnitud momento de 7,0 hasta una distancia a la falla próxima a la ruptura y magnitud momento de 5,7. El espectro de respuesta de aceleración (SA) es mayor para suelo duro a medida que aumenta la distancia a la falla y disminuye la magnitud momento (An. 6.1.a).
- Falla normal. Roca y suelo blando convergen hacia magnitudes próximas a 7,0. El valor de SA es superior para suelo blando que para roca (An. 6.1.b).
- Falla normal. El valor de SA es superior para suelo blando comparado con el de suelo duro excepto para distancias a la falla entre 10 y 80 km, y magnitud momento superior a 5,5 (An. 6.1.c).
- Falla de rumbo. Roca y suelo duro convergen desde una distancia a la falla próxima a cero y magnitud 7,0 hasta una distancia a la falla aproximada a 30 km y magnitud momento aproximada de 5,0. El espectro de respuesta de aceleración es mayor, para suelo duro, a medida que la magnitud aumenta (An. 6.2.a).
- Falla de rumbo. Roca y suelo blando presentan un valor de SA similar desde distancias a la falla próximas a 30 km y magnitud momento de 4,5 hasta distancia a la falla próxima a la rotura y magnitud momento de 7,0. El valor de SA es superior en roca a medida que la distancia a la falla disminuye (An. 6.2.b).
- Falla de rumbo. El valor de SA es similar en suelo blando y suelo duro para distancias a la falla inferiores a 20 km. Para distancias superiores decrece más fuertemente para suelo duro que para suelo blando (An. 6.2.c).

- Falla de empuje. El valor de SA para roca y suelo duro converge a medida que la magnitud aumenta. El valor de SA es superior para suelo duro comparado con el de roca (An. 6.3.a).
- Falla de empuje. Al igual que en el caso anterior el valor de SA para roca y suelo blando converge a medida que la magnitud aumenta. El valor de SA es superior para suelo blando comparado con el de roca (An. 6.3.b).
- Falla de empuje. El valor de SA para suelo duro y suelo blando es similar. (An. 6.3.c)

En general se puede decir:

- El valor de SA, en general, crece a medida que decrece la dureza del terreno, así el valor del espectro de respuesta de aceleración es superior para: suelo blando > suelo duro > roca.
- Se puede observar como el espectro de respuesta de aceleración para falla normal y falla de empuje tienen un comportamiento muy similar en función del tipo de terreno: el espectro de respuesta de roca comparado con el de suelo duro y suelo blando convergen a medida que aumenta la magnitud.

Análisis según el tipo de falla para $T = 0,50$ s.

- Roca. El valor de SA para falla normal y falla de rumbo es similar para una magnitud momento de 7,0 y distancia a la falla próxima a la ruptura hasta magnitud momento de 5,0 y distancia a la falla de 100 km. El valor de SA es mayor para falla de rumbo a medida que disminuyen la distancia a la falla y la magnitud momento (An. 6.4.a).
- Roca. El valor de SA para falla normal y falla de empuje es similar desde una magnitud momento de 7,0 y distancia a la falla de 10 km hasta una magnitud momento de 4,5 y distancia a la falla de 70 km. El valor de SA para falla normal es superior al de falla de empuje a medida que la distancia a la falla disminuye (An. 6.4.b).
- Roca. El valor de SA para falla de rumbo y falla de empuje es similar desde una magnitud momento de 7,0 y distancia a la falla de 3 km hasta una magnitud momento de 5,0 y distancia a la falla de 100 km. El valor de SA es superior para

- falla de rumbo a medida que la distancia a la falla y la magnitud momento decrecen (An. 6.4.c).
- Suelo duro. El valor de SA es superior para falla normal comparado con el de falla de rumbo. Dicha diferencia se reduce a medida que la magnitud aumenta y la distancia a la falla disminuye siendo superior para falla de rumbo, para valores superiores de distancia a la falla de 1 km y magnitud momento de 6,2 hasta distancia a la falla de 40 km y magnitud momento de 7,0. (An. 6.5.a).
 - Suelo duro. El valor de SA para falla normal y falla de empuje convergen para una magnitud momento de 5,7. Para magnitudes superiores es la falla de empuje la que presenta un valor superior del espectro de respuesta de aceleración y viceversa (An. 6.5.b).
 - Suelo duro. El valor de SA es superior para falla de empuje comparado con el de falla de rumbo en todos los casos (An. 6.5.c).
 - Suelo blando. El valor de SA aumenta para falla de rumbo con respecto al valor de la falla normal a medida que la magnitud aumenta (An. 6.6.a).
 - Suelo blando. El valor de SA para falla normal y de empuje converge para una magnitud momento, aproximada, de 5,8. El valor de SA es superior para falla de empuje para magnitudes superiores y viceversa (An. 6.6.b).
 - Suelo blando. El valor de SA es mayor para falla de empuje comparado con el de falla de rumbo salvo para distancias a la falla superiores a 90 km (An. 6.6.c).

En general se puede decir:

- Para roca, el valor de SA, para distancias próxima a la ruptura, varía en función del tipo falla de la siguiente forma: falla de rumbo > falla normal > falla de empuje.
- Para suelo duro, el valor de SA en función de la magnitud varía según el tipo de falla de la siguiente forma: falla de rumbo > falla de empuje > falla normal.
- Para suelo blando, el valor de SA varía en función de la magnitud según el tipo de falla de la siguiente forma: falla de empuje > falla de rumbo > falla normal.
- No existe ningún tipo de falla que produzca sistemáticamente valores mayores o menores del espectro de respuesta de aceleración, dependiendo fuertemente del tipo de terreno. Sin embargo, existen diferencias significativas según el tipo de falla que produce el movimiento.

Análisis según el tipo de suelo para magnitud momento 6,5.

- Falla normal. El valor de SA para suelo duro comparado con el de roca es superior para una distancia a la falla superior a 20 km, aproximadamente (An. 6.7.a).
- Falla normal. El valor de SA es siempre superior para suelo blando comparado con el de roca (An. 6.7.b).
- Falla normal. El valor de SA es generalmente superior para suelo blando comparado con el de suelo duro (An. 6.7.c).
- Falla de rumbo. El valor de SA para suelo duro comparado con el de roca es superior para una distancia a la falla superior a 10 km, aproximadamente (An. 6.8.a).
- Falla de rumbo. El valor de SA para suelo blando comparado con el de roca es superior para una distancia a la falla superior a 20 km, aproximadamente (An. 6.8.b).
- Falla de rumbo. El valor de SA para suelo duro y suelo blando es muy similar hasta una distancia a la falla de 40 km, aproximadamente. Para distancias superiores es el suelo blando el que presenta un mayor valor de SA (An. 6.8.c).
- Falla de empuje. El valor de SA para suelo duro comparado con el de roca es generalmente superior para cualquier período y distancia a la falla (An. 6.9.a).
- Falla de empuje. El valor de SA para suelo blando comparado con el de roca es superior para cualquier período y distancia a la falla (An. 6.9.b)
- Falla de empuje. El valor de SA para suelo blando comparado con el de suelo duro es generalmente superior para cualquier período y distancia a la falla (An. 6.9.c).

En general se puede decir:

- El valor de SA, en general, crece a medida que decrece la dureza del terreno, así el valor del espectro de respuesta de aceleración es claramente superior para: suelo blando > suelo duro > roca.
- La roca produce un valor superior del espectro de respuesta de aceleración en distancias próximas a la ruptura. Esto se debe a la cercanía a la fuente lo que provoca que los efectos de la geología local no sean importantes.

Análisis según el tipo de falla para magnitud momento 6,5.

- Roca. El valor de SA para la falla de rumbo comparado con el de la falla normal es superior para distancias a la falla próximas a la fuente (aproximadamente hasta 10 km) (An. 6.10.a).
- Roca. La falla de empuje produce un valor más elevado del espectro de respuesta de aceleración comparado con el de la falla normal para los períodos más altos, aproximadamente desde 0,4 s (An. 6.10.b).
- Roca. El valor de SA para falla de rumbo y el de falla de empuje convergen para una distancia a la falla, aproximada, de 10 km. Para distancias inferiores es superior el valor de SA para falla de empuje y viceversa (An. 6.10.c).
- Suelo duro. En general, la falla de rumbo produce valores más altos de SA que la falla normal salvo para los períodos comprendidos entre 0,5 y 0,7 s, aproximadamente (An. 6.11.a).
- Suelo duro. En general, la falla de empuje produce valores más altos de SA que la falla normal salvo para los períodos comprendidos entre 0,5 y 0,7 s, aproximadamente (An. 6.11.b).
- Suelo duro. El valor del espectro de respuesta de aceleración para falla de rumbo y de empuje es muy similar (An. 6.11.c).
- Suelo blando. La falla normal comparada con la falla de rumbo produce valores superiores de SA para distancias a la falla inferiores a 20 km (An. 6.12.a).
- Suelo blando. La falla de empuje produce claramente valores superiores del espectro de respuesta de aceleración comparados con los de la falla normal (An. 6.12.b).
- Suelo blando. La falla de empuje produce valores superiores de SA comparado con los de la falla de rumbo (An. 6.12.c).

En general se puede decir:

- Para roca, no existe ningún tipo de falla que produzca sistemáticamente valores mayores o menores del espectro de respuesta de aceleración.
- Para suelo duro, el valor de SA con la distancia a la falla varía según el tipo de falla de la siguiente forma: falla de rumbo \approx falla de empuje > falla normal.
- Para suelo blando, el valor de SA varía con la distancia a la falla según el tipo de falla de la siguiente forma: falla de empuje > falla normal > de rumbo.

Análisis según el tipo de suelo para distancia a la falla de 20 km.

- Falla normal. El espectro de respuesta de aceleración es superior para suelo duro comparado con el de roca, reduciéndose la diferencia a medida que la magnitud aumenta (An. 6.13.a).
- Falla normal. El valor de SA es mayor para suelo blando que para roca, a medida que la magnitud aumenta la diferencia se reduce (An. 6.13.b).
- Falla normal. Existe poca diferencia en el valor de SA entre suelo duro y suelo blando (An. 6.13.c).
- Falla de rumbo. El valor de SA es superior para suelo duro comparado con el de roca (An. 6.14.a).
- Falla de rumbo. El valor de SA es superior para suelo blando comparado con el de roca para magnitudes superiores a 5,0 (An. 6.14.b).
- Falla de rumbo. El valor de SA para suelo duro es ligeramente superior al valor obtenido para suelo blando (An. 6.14.c).
- Falla de empuje. El valor del espectro de respuesta de aceleración es siempre superior para suelo duro que para roca (An. 6.15.a).
- Falla de empuje. El valor de SA es generalmente superior para suelo blando que para roca (An. 6.15.b).
- Falla de empuje, El valor obtenido de SA es, generalmente, superior para suelo duro para magnitudes inferiores a 5,0 comparado con el de suelo blando, que lo es para las magnitudes más altas (An. 6.15.c).

En general se puede decir:

- El valor de SA, en general, crece a medida que decrece la dureza del terreno, así el valor del espectro de respuesta de aceleración es mayor para: suelo blando > suelo duro > roca.
- Existe una clara distinción en cuanto al valor obtenido del espectro de respuesta de aceleración entre roca comparado con el de suelo duro y suelo blando. Sin embargo, esta diferencia es menos clara entre suelo duro y suelo blando.

Análisis según el tipo de falla para distancia a la falla de 20 km.

- Roca. El valor de SA es superior para falla normal comparado con el de falla de rumbo para una magnitud momento superior a 6,0 (An. 6.16.a).
- Roca. El valor de SA es superior para falla normal para los períodos superiores a 0,4 s, comparado con el de la falla de empuje y viceversa (An. 6.16.b).
- Roca. El valor obtenido para falla de rumbo y de empuje es similar salvo para los períodos más altos donde la falla de rumbo produce valores superiores, comparado con los de la falla de rumbo (An. 6.16.c).
- Suelo duro. El espectro de respuesta de aceleración de falla normal y de rumbo convergen desde un período de 0,5 s y magnitud momento de 7,0 hasta un período de 0,04 s y magnitud momento 5,5. El valor de SA es superior en la falla de rumbo para las magnitudes más altas (An.6.17.a).
- Suelo duro. El valor de SA para falla de empuje comparado con el de falla normal es superior para los períodos inferiores a 0,5 s (An. 6.17.b).
- Suelo duro. El valor de SA es superior para la falla de empuje comparado con el de la falla de rumbo para los períodos inferiores a 0,5 s (An. 6.17.c).
- Suelo blando. El valor de SA para falla normal y de rumbo convergen en una magnitud momento próxima a 6,5. El valor de la falla de rumbo es superior para las magnitudes más importantes (An. 6.18.a).
- Suelo blando. El valor del espectro de respuesta de aceleración para falla normal y de empuje convergen en una magnitud momento próxima a 5,5. El valor de SA para falla de empuje es superior para las magnitudes más altas.
- Suelo blando. El valor de SA es, en general, ligeramente superior para falla de empuje que para falla de rumbo.

En general se puede decir:

- Para roca, no existe ningún tipo de falla que produzca sistemáticamente valores mayores o menores del espectro de respuesta de aceleración.
- Para suelo duro, la falla normal es la que produce un valor más alto del espectro de respuesta de aceleración para las magnitudes más altas.
- Para suelo blando, la falla de empuje es la que produce un valor más alto del espectro de respuesta de aceleración para las magnitudes altas.

5.4.2 Comparación con estudios previos

Los resultados obtenidos en este estudio, para la resultante del espectro de respuesta de aceleración horizontal, se han comparado con los estudios de Ambraseys *et al.* (2005), Campbell y Bozorgnia (2003), y Boore *et al.* (1997). Todas estas relaciones se han desarrollado para zonas activas sísmicamente, de actividad tectónica superficial, de modo similar a este estudio. Todas ellas utilizan la magnitud momento, como medida adecuada de magnitud, para el intervalo de magnitudes incluidas en sus relaciones.

Ambraseys *et al.* (2005) limitan sus relaciones a magnitudes $\geq 5,0$, utilizando criterios muy similares a los expuestos en este texto y no es necesaria ninguna conversión.

Campbell y Bozorgnia (2003) utilizan terremotos localizados en todo el mundo de magnitud momento entre 4,7 y 7,7. Su clasificación para el tipo de falla distingue entre falla de rumbo, invertida y de empuje. Su relación se calcula para PSA en vez de SA. En su estudio también utilizan la velocidad media de las ondas de corte en los 30 m superiores del lugar, V_{t30} , como la medida para clasificar el tipo de suelo, pero utilizan los criterios de Wills y Silva (1998), Wills *et al.* (2000) y Park y Elrick (1998). Para la comparación presentada en la figura 5.7 la roca blanda ($V_{t30} = 421 \pm 109$ m/s, Wills y Silva, 1998) se ha asimilado a suelo duro (360 m/s $< V_{t30} \leq 750$ m/s, Boore *et al.*, 1993). En su relación también incluyen una función, que incorpora el efecto del bloque que se mueve, pero este efecto desaparece para $r_{seis} < 8$ km, o sí $r_{jb} \geq 5$ km, o sí el ángulo de buzamiento del plano es $\geq 70^\circ$.

Campbell y Bozorgnia utilizan la distancia entre la estación y la ruptura en tres dimensiones. Utilizan la distancia más próxima a la ruptura sismogénica, la parte superior de la cual descansa a una profundidad de 3 km o más, y restringen los registros a $r_{seis} \leq 60$ km. En este estudio se utiliza la distancia a la falla, y se realizó la conversión asumiendo que la profundidad de la ruptura sismogénica son 3 km (Abrahamson y Shedlock, 1997; Campbell, 2002, 2003).

Periodos representativos en segundos para los coeficientes b_0 , b_1 y b_2

Falla normal							
		Roca	Suelo duro	Suelo blando	Roca	Suelo duro	Suelo blando
		SA			SV		
b_0	H máx.	0.09	0.15	0.15	0.09	0.15	0.25
	V máx.	0.15	0.05	0.15	0.08	0.46	0.15
b_1	H mín.	0.09	0.10	0.15	0.09	0.05	0.15
	V mín.	0.15	0.05	0.15	0.15	0.05	0.15
b_2	H	≈ constante hasta 1.00 aumenta	≈ constante hasta 2.00 decrece	≈ constante hasta 2.50 aumenta	≈ constante hasta 1.00 aumenta	≈ constante hasta 1.00 decrece	constante
	V	≈ constante hasta 1.00 aumenta	≈ constante hasta 1.00 decrece	≈ constante hasta 2.50 aumenta	aumenta	≈ constante hasta 0.075 decrece	≈ constante hasta 0.10 aumenta

Falla de rumbo							
		Roca	Suelo duro	Suelo blando	Roca	Suelo duro	Suelo blando
		SA			SV		
b_0	H máx.	0.15	0.15	0.09	0.25	0.15	0.09
	V máx.	0.10	0.08	0.07	0.20	0.25	0.07
b_1	H mín.	0.15	0.15	0.09	0.10	0.15	0.08
	V mín.	0.10	0.08	0.07	0.15	0.25	0.05
b_2	H	≈ constante hasta 2.50 aumenta	constante	constante	≈ constante hasta 2.50 aumenta	decrece hasta 2.50 ≈ constante	máx. 0.08
	V	≈ constante hasta 2.50 aumenta	≈ constante hasta 0.10 decrece	constante	≈ constante hasta 0.10 aumenta	decrece hasta 0.59 ≈ constante	constante

Falla invertida							
		Roca	Suelo duro	Suelo blando	Roca	Suelo duro	Suelo blando
		SA			SV		
b_0	H máx.	0.09	0.10	0.30	0.09	0.10	0.30
	V máx.	0.10	0.20	0.15	0.25	0.20	0.50
b_1	H mín.	0.09	0.10	0.30	0.08	0.10	0.35
	V mín.	0.10	0.20	0.25	0.25	0.20	0.50
b_2	H	≈ constante hasta 1.00 aumenta	≈ constante hasta 1.54 decrece	constante	≈ constante hasta 1.50 aumenta	constante	constante
	V	≈ constante hasta 0.35 aumenta	≈ constante hasta 0.10 decrece	menor hasta 0.10 mayor para ≥ 0.15	≈ constante hasta 0.46 aumenta	decrece	≈ constante hasta 0.10 constante y mayor para ≥ 0.50

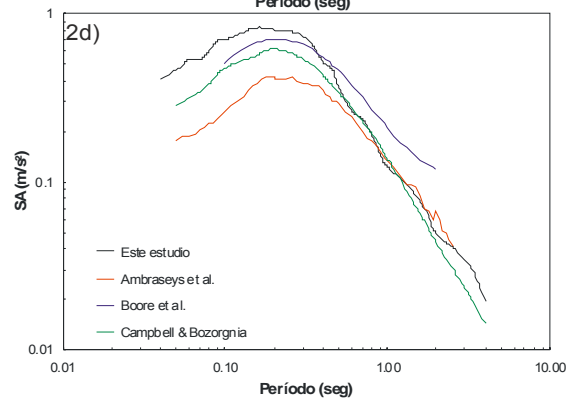
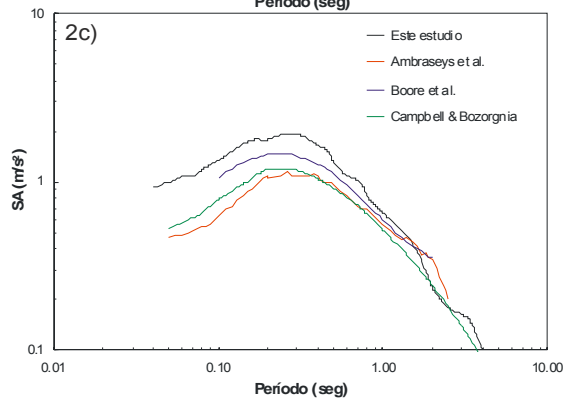
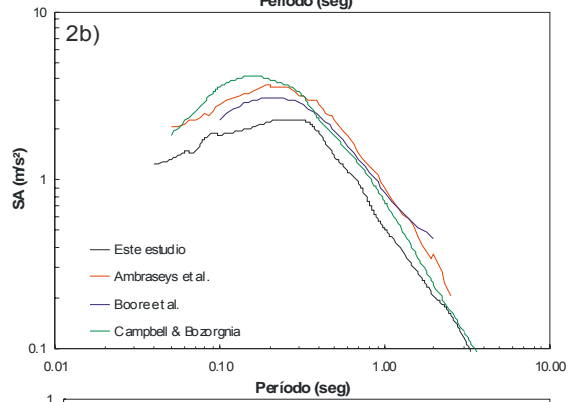
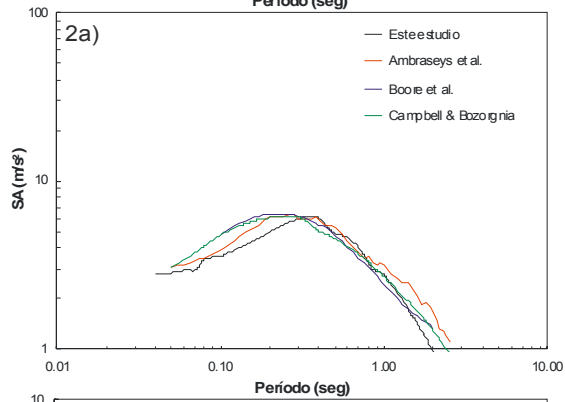
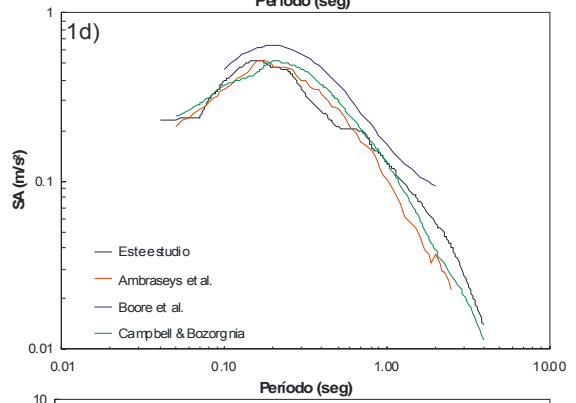
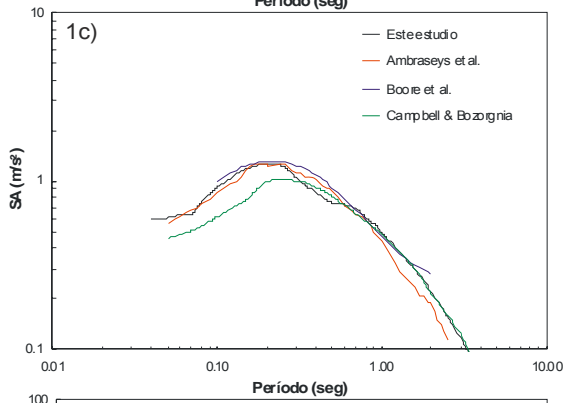
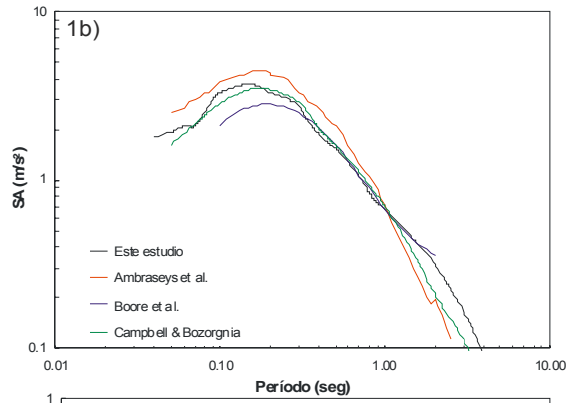
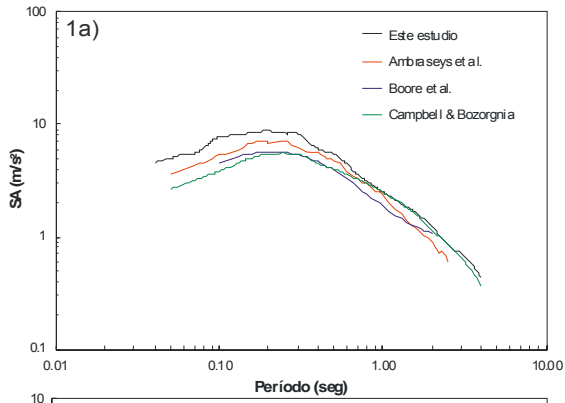
Tabla 5.5. Periodos representativos (en segundos) para los coeficientes b_0 , b_1 y b_2 .

Las ecuaciones presentadas por Boore *et al.* (1997) clasifican el tipo de falla en tres categorías (de rumbo, invertido y sin especificar). Los datos se obtuvieron de terremotos registrados en el oeste de Norte América de magnitud momento $\geq 5,0$. En sus leyes también introducen la velocidad media de las ondas de corte en los 30 m superiores, de modo que para poder realizar la comparación, se asimiló roca blanda ($V_{t30} = 421 \pm 109$ m/s) a suelo duro (360

$m/s < V_{t30} \leq 750$ m/s). La distancia a la ruptura se define como $r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2}$, donde h se obtiene del análisis de regresión. Sus leyes están establecidas para una magnitud momento comprendida entre 5,5 y 7,5, y una distancia a la falla no superior a 80 km. Para realizar la comparación, la falla de empuje se asimiló a falla invertida.

En la figura 5.6, se han dibujado los resultados obtenidos en este estudio junto con los de Ambraseys *et al.* (2005), Campbell y Bozorgnia (2003) y Boore *et al.* (1997). Se ha realizado la comparación para fallas de rumbo y de empuje, a una distancia a la falla de 10 y 60 km, para terremotos de magnitud momento entre 5,5 y 6,5, en suelo duro y suelo blando, para un amortiguamiento relativo del 5%. La comparación muestra que los resultados obtenidos por las leyes incluidas en este estudio son, generalmente, similares a las de otros autores. La ley presentada en este estudio parece sobre-predecir los movimientos de terreno, para terremotos grandes en distancias próximas a la falla, para fallas de rumbo, en suelo duro (ver la fig. 5.3a), en comparación con los resultados de otros autores. La razón para este desajuste se puede deber, a que las ecuaciones previas, fueron obtenidas utilizando una pequeña cantidad de datos, para fallas de rumbo, en distancias próximas a la ruptura, en suelo duro, comparado con este estudio (ver fig. 5.1).

Una diferencia final es el método utilizado en el análisis de regresión. Ambraseys *et al.* (2005) utilizan el algoritmo para el método de máxima similitud de una sola fase propuesto por Joyner y Boore (1993). Campbell y Bozorgnia (2003) obtienen los coeficientes utilizando el método no-lineal de los mínimos cuadrados generalizado. Boore *et al.* (1997) determinan los coeficientes utilizando un procedimiento de regresión compensado en dos fases (Joyner y Boore, 1993, 1994). En este estudio se ha escogido el método generalizado de los mínimos cuadrados. Este método tiene la ventaja de que es fácil de procesar cuando se consideran varias variables independientes. Además, las estimada de la varianza residual (s^2), los errores estándar ($S.E.(b_1)$, $S.E.(b_2)$), los niveles de significación de las variables ($signif.(b_1)$, $signif.(b_2)$), y las covarianzas de las estimadas ($cov.(b_1, b_2)$) se obtienen en el mismo cálculo. Una ventaja final del método es que produce buenas estimadas de los parámetros desconocidos, con relativamente pocos datos.



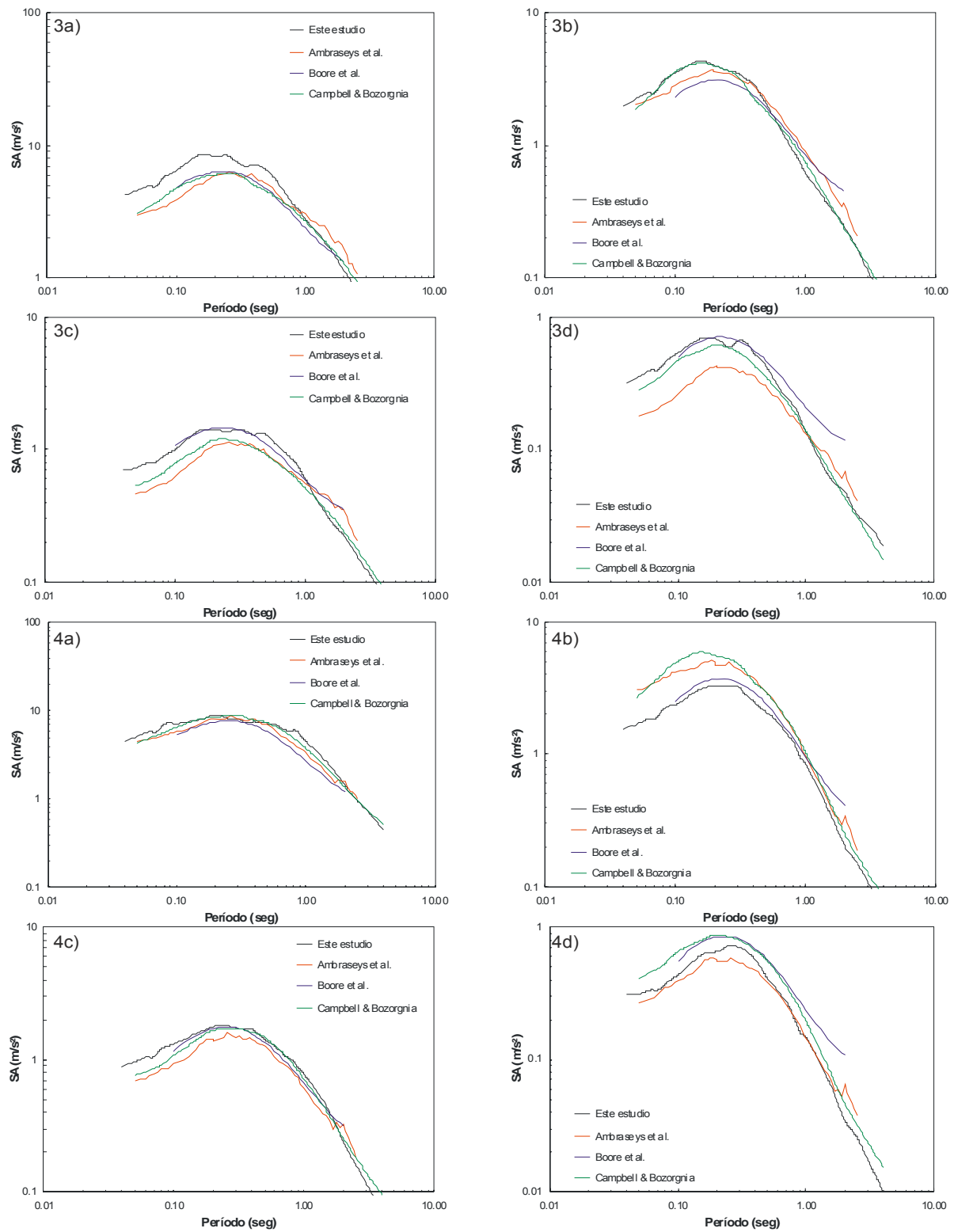


Figura 5.6. Comparación de los valores estimados de SA. Falla de rumbo: (1) suelo duro, (2) suelo blando. Falla de empuje: (3) suelo duro, (4) suelo blando. (a) $M_W=6,5$, $r_{jb}=10$ km; (b) $M_W=5,5$, $r_{jb}=10$ km; (c) $M_W=6,5$, $r_{jb}=60$ km; (d) $M_W=5,5$, $r_{jb}=60$ km.

5.5 Conclusiones

Se han establecido leyes de atenuación, para estimar los espectros de respuesta de aceleración y velocidad relativa, para un amortiguamiento relativo del 0, 2, 5, 10 y 20 por ciento. Este estudio se ha desarrollado para una magnitud momento $\geq 4,5$ y una distancia a la falla ≤ 100 km, para terremotos superficiales con datos recogidos en estaciones permanentes de Europa, el Mediterráneo y las regiones del Medio Este. En la actualidad, no hay criterios claros sobre los parámetros a utilizar en las leyes de atenuación, porque los distintos autores utilizan esquemas diferentes para definir el tipo de falla, la geología local y la distancia a la fuente. Las leyes mostradas en este estudio se han desarrollado utilizando los criterios que proporcionan menor ambigüedad en los resultados obtenidos. El amplio intervalo de parámetros utilizados en este estudio es suficiente para desarrollar una ley sencilla, que servirá para la mayor parte de las estructuras de interés en arquitectura e ingeniería.

De todas las conclusiones obtenidas en este estudio se puede destacar:

- El valor del espectro de respuesta de aceleración, en general, crece a medida que decrece la dureza del terreno en el emplazamiento.
- Existe una clara distinción entre el valor del espectro de respuesta de aceleración entre roca comparado con el de suelo duro y suelo blando. Sin embargo, esta diferencia es menor entre suelo duro y suelo blando.
- La tasa de caída de tensión es mayor para terremotos de magnitud pequeña, comparados con los de magnitud importante.
- No se puede afirmar, en general, que un tipo de falla produzca sistemáticamente valores superiores o inferiores del espectro de respuesta de aceleración o velocidad relativa. Este valor depende también de la magnitud, la distancia a la falla, el tipo de suelo y los períodos considerados.
- El efecto del tipo de falla es mayor próximo a la ruptura, debido a la proximidad de la fuente, que causa que la amplificación generada por el tipo de terreno sea despreciable.

Capítulo 6

Método probabilista de estimación de acelerogramas de cálculo en Sevilla y Granada, basados en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme

6.1 Introducción

La respuesta ante una acción sísmica de una estructura es el resultado de “filtrar” la señal sísmica a través de la estructura. La realización de un análisis dinámico de la estructura requiere la definición previa del movimiento del terreno y de las características de la estructura. Un cálculo completo supone determinar la respuesta sísmica en todos los puntos de la estructura, es decir, obtener la respuesta sísmica en un número infinito de puntos y en un número también infinito de instantes de tiempo. Meirovitch (1985) demuestra que, al tener un número infinito de puntos e instantes de tiempo, el problema no tiene solución numérica. Para

poder resolver el cálculo numérico, se definen modelos con un número finito de puntos predeterminados en los cuales se pretende calcular la respuesta.

La respuesta dinámica de una estructura ante un movimiento sísmico puede ser determinada por dos métodos: análisis dinámico no lineal, calculando paso a paso utilizando acelerogramas, y análisis dinámico lineal elástico, empleando espectros de respuesta.

El procedimiento de análisis dinámico no lineal más utilizado es el de cálculo paso a paso utilizando acelerogramas, que pueden corresponder a terremotos reales ocurridos en el pasado o a terremotos generados artificialmente. Este procedimiento se puede utilizar para un análisis lineal y no lineal. En ambos casos se deben utilizar varios registros con un contenido de frecuencias similar al esperado en el emplazamiento de la estructura para obtener parámetros de cálculo realistas. Se debe realizar un análisis estructural para todos los acelerogramas considerados y obtener una envolvente de cálculo. Este procedimiento implica una gran laboriosidad por lo que sólo se utiliza en edificios de cierta entidad y en las últimas fases del cálculo.

Este procedimiento plantea la dificultad de la obtención de acelerogramas en el emplazamiento del edificio. En algunas regiones, con una larga historia de terremotos importantes, como California y Japón, se dispone de una amplia red de estaciones que proporcionan gran cantidad de registros para terremotos de gran magnitud, en distintos tipos de suelo y para un amplio rango de distancias. En regiones de menor sismicidad, la red de estaciones no suele ser tan amplia, o no es lo suficientemente antigua, por lo que el número de registros suele ser insuficiente. Para el análisis en regiones de menor actividad sísmica se utilizan registros de otras regiones, o bien se generan acelerogramas artificialmente. Los acelerogramas sintéticos tienen la ventaja de que, a partir de un número mínimo de parámetros, se pueden obtener acelerogramas.

Una vez se haya obtenido un número suficiente de acelerogramas (entre 5 y 10, reales o artificiales) se plantea la dificultad de escalarlos a un determinado nivel de severidad. El método más empleado consiste en escalar la aceleración sísmica a un determinado nivel. Sin embargo, ese método no es aconsejable en cálculo no lineal, ya que el daño potencial que puede producir un terremoto no es necesariamente una función única de la aceleración de pico. Existen varias alternativas como la intensidad de Arias y la intensidad espectral de

Housner (Housner, 1975a; Housner, 1975b; Housner, 1975c; Husid, 1973; Hudson, 1979; Housner, 1959; Nau y Hall, 1982; Lin y Mahin, 1985) más relacionados con el daño potencial.

El análisis dinámico lineal elástico empleando espectros de respuesta resulta más adecuado para la obtención de acelerogramas ya que el espectro de respuesta es el parámetro del movimiento del terreno mejor relacionado con la respuesta estructural. Este método es el más empleado debido a su simplicidad y adecuada precisión. Se basa en que la respuesta de las estructuras en el rango lineal elástico se puede obtener como la superposición de unos pocos modos de vibración.

Se va a utilizar el método probabilista de estimación de acelerogramas de cálculo propuesto por Carrasco (2001) para la obtención de los espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme en Sevilla y Granada, en base a los cuales se pueden obtener los acelerogramas de cálculo.

6.2 Marco teórico

6.2.1 Métodos de evaluación de la peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de superar un determinado parámetro del movimiento del terreno producido por terremotos, en un determinado emplazamiento y durante un periodo de tiempo dado. Con objeto de unificar criterios la UNESCO propuso la definición comúnmente aceptada, que fue dada por la UNDRO (1979), según la cual la peligrosidad H (*de hazard*) se define mediante una función de probabilidad indicativa de la variable característica del movimiento del terreno, S , en un emplazamiento x , según la siguiente expresión:

$$H = P[S(x) \geq S_0; t] \quad (6.1)$$

P representa la probabilidad de superar un valor umbral S_0 del parámetro elegido durante un tiempo t .

Existen dos tipos fundamentales de métodos de evaluación de la peligrosidad sísmica: el método determinista y el método probabilista.

6.2.1.1 Método determinista

El método determinista asume la hipótesis de estacionariedad de la sismicidad, considerando que los terremotos en el futuro se producirán de forma análoga a como lo hicieron en el pasado y conducen a la estimación de los límites superiores del movimiento, expresados por los valores máximos del parámetro empleado para su descripción. Estos terremotos pueden corresponderse con terremotos reales que en el pasado afectaron al emplazamiento, o bien pueden deducirse a partir de las características sísmicas y tectónicas de la región. El método determinista puede dividirse en zonificado o no zonificado, según cómo se considere distribuida la sismicidad. Este método presenta algunas ventajas e inconvenientes. Su gran ventaja es su sencillez de aplicación. Presenta escenarios de terremotos que pueden ser fácilmente imaginados. Sin embargo, la probabilidad de ocurrencia de tales terremotos es, en general, poco conocida. El método determinista estima el terremoto más severo que puede afectar al emplazamiento, mientras que el resto de terremotos no son considerados. Las fuentes se caracterizan únicamente por el mayor terremoto, sin intervenir su ley de recurrencia.

El proceso de cálculo es el siguiente (Benito y Jiménez, 1999):

- 1.- Definición del área de influencia en el emplazamiento, e identificación de las fuentes sísmicas o estructuras de fallas englobadas en ellas.
- 2.- Estimación de los terremotos máximos ocurridos en el área de influencia, o en cada una de las zonas fuente.
- 3.- Estimación de la acción sísmica en el emplazamiento, causada por los máximos sismos potenciales de cada zona o de toda el área.

4.- Determinación de la peligrosidad en el emplazamiento, tomando el máximo valor generado por las diferentes zonas, con lo que la peligrosidad queda caracterizada por el límite superior del movimiento en el punto.

6.2.1.2 Método probabilista

Los métodos probabilistas integran la contribución de todos los posibles terremotos que puedan afectar a un emplazamiento dado, y consideran las leyes de recurrencia de los mismos. El resultado son estimaciones de la probabilidad de excederse, para cada valor de un determinado parámetro del movimiento del terreno esperado en el emplazamiento, durante el período de tiempo dado, quedando así representada la peligrosidad por curvas de probabilidad. Estos métodos se clasifican en paramétricos y no paramétricos, según el tipo de distribución estadística adoptada.

6.2.1.2.1 Métodos no paramétricos

Evalúan la peligrosidad mediante funciones de distribución de valores extremos. Las más utilizadas son las de Gumbel (1958). La metodología a seguir consta de los siguientes pasos:

- 1.- Determinación del área de influencia alrededor del emplazamiento.
- 2.- Cálculo de valores del parámetro del movimiento en el emplazamiento, aplicando leyes de atenuación a los valores de dicho parámetro, que reflejan la sismicidad del área durante el periodo de tiempo considerado.
- 3.- Ajuste a una cierta distribución de valores extremos de la variable aleatoria definida con los valores del parámetro estimados, y estimación de los coeficientes de dicha distribución.
- 4.- Estimación de la probabilidad de exceder un cierto valor extremo fijado, durante un tiempo de exposición, representando así la peligrosidad.

6.2.1.2.2 Métodos paramétricos

La metodología de estos métodos fue propuesta inicialmente por Cornell (1968). Se basa en la adopción de un método de zonas sismogénicas, con las que se realiza una compartimentación del área de influencia, y en el ajuste de la sismicidad de cada zona a un modelo de recurrencia; sumando posteriormente la contribución de todas las fuentes, para obtener la función de probabilidad que representa la peligrosidad en el emplazamiento.

6.3 Marco metodológico

6.3.1 Método probabilista de evaluación de la peligrosidad sísmica

La peligrosidad sísmica se presenta por medio de una función de peligrosidad, H indicativa de la variable característica del movimiento del terreno, S , según la siguiente expresión:

$$H(S_0; t) = P(S \geq S_0; t) \quad (6.2)$$

Siendo $P(S \geq S_0; t)$ la probabilidad de que la variable característica del movimiento del terreno supere un valor umbral, S_0 , al menos una vez durante el tiempo, t .

Suponiendo que la llegada de los terremotos que llegan a un emplazamiento sigue un proceso estacionario de Poisson (Cornell, 1968; Veneziano *et al.*, 1984). Bajo esta hipótesis, la función de peligrosidad se puede expresar como:

$$H(S_0; t) = 1 - e^{-\lambda(S_0)t} \quad (6.3)$$

Siendo $\lambda(S_0)$ la tasa anual de superación en el emplazamiento del valor de referencia S_0 .

Para realizar un estudio de peligrosidad sísmica generalmente se dispone de un catálogo de terremotos que generan un movimiento sísmico, en el emplazamiento estudiado. Si el valor de la variable característica del movimiento del terreno, durante cada uno de estos terremotos

fuese conocido, y el catálogo sísmico estuviese completo, hasta los terremotos más grandes posibles, que puedan afectar el emplazamiento, la tasa anual superación podría calcularse mediante la ecuación:

$$\lambda(S_0) = \frac{1}{t_c} \sum_k \delta(S_k - S_0) \quad (6.4)$$

Siendo t_c la duración del catálogo, S_k el valor de la variable característica del movimiento del terreno durante el terremoto k -ésimo del catálogo, y δ la función de Heaviside:

$$\delta(S_k - S_0) = \begin{cases} 1 \rightarrow S_k - S_0 \geq 0 \\ 0 \rightarrow S_k - S_0 < 0 \end{cases} \quad (6.5)$$

La ecuación (6.4) proporciona una correcta estimación de $\lambda(S_0)$ sólo si todos los posibles terremotos, que pueden afectar al emplazamiento, se han presentado ya varias veces durante el período de tiempo que abarca el catálogo. Esto implica que el catálogo debe ser de muy larga duración, posiblemente de varios miles de años (Ebel y Kafka, 1999).

Si se adopta como variable característica una medida instrumental del movimiento del terreno, la tasa anual de superación $\lambda(S_0)$ no podrá obtenerse de la ecuación (6.4), pues no se dispone de un catálogo de duración suficiente.

En ese caso, se deben estudiar las fuentes sísmicas y las leyes de atenuación del movimiento del terreno desde el foco del terremoto hasta el emplazamiento. Los pasos a seguir con esta metodología fueron propuestos por Cornell (1968) y son los siguientes:

1.- Modelo de sismicidad. Determinación de las zonas sismogénicas en el área de influencia. Si la sismicidad se puede considerar homogénea en toda el área, se define una única fuente sísmica de influencia global.

2.- Modelo de recurrencia. Definición de un modelo de recurrencia en cada fuente sismogénica. Se admite que la sismicidad se distribuye de modo aleatorio y se ajusta a la ley de Gutenberg-Richter truncada superiormente, de manera que los parámetros de dicha ley (a y

b) resulten característicos del modelo. Además, para cada zona se definen una magnitud máxima y mínima, que establecen los límites de validez del modelo.

3.- Modelo de atenuación. Estimación de leyes de atenuación en función de la distancia aplicables a las diferentes zonas, en términos del parámetro empleado para evaluar la peligrosidad. La aplicación de estas leyes sobre la sismicidad de cada zona, representada por su ley de recurrencia, permite obtener la acción de las mismas sobre el emplazamiento en cuestión.

4.- Ecuación probabilista de peligrosidad. Estimación de la peligrosidad total, sumando las probabilidades obtenidas por acción de todas las zonas que influyen en el emplazamiento.

$$H = \sum_{i=1}^n (1 - e^{-t\lambda}) \text{ Distribución temporal de Poisson} \quad (6.6)$$

Siendo λ la tasa anual de terremotos ocurridos en cualquier zona que den lugar a un parámetro del movimiento del terreno superior al de referencia en el punto de estudio, n es el número de zonas y t es el período de tiempo en años.

Los espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme son aquellos que tienen la misma probabilidad de superarse en todo el rango de períodos. Se ha seguido el método propuesto por Carrasco (2001) basado en la metodología propuesta por Cornell (1968).

6.3.1.1 Modelo de sismicidad

La sismicidad se define como la descripción completa del fenómeno sísmico en su origen (Martín, 1984). La sismicidad se puede asimilar a un proceso de sucesos puntuales, resultado de la relajación de esfuerzos que actúan sobre una región. En su estudio se debe conocer la distribución espacial de los terremotos y su ocurrencia en el tiempo. La forma más adecuada de estudiar las irregularidades de las series temporales de los terremotos es mediante un modelo estadístico.

El modelo utilizado en este texto se basa en las zonas sismogénicas definidas por Martín (1984). Una zona sismogénica es una fuente de terremotos con características sísmicas y tectónicas homogéneas. El proceso de generación de terremotos es espacial y temporalmente homogéneo en cada zona. Las veintisiete zonas establecidas para la Península Ibérica se basan en datos tectónicos, geológicos, sísmicos y gravimétricos. Las veintisiete zonas aparecen descritas en la tabla 2.2 y en la figura 2.5.

6.3.1.2 Modelo de recurrencia

La sismicidad en cada zona sismogénica se distribuye de modo aleatorio y se ajusta a la ley de Gutenberg-Richter (1.2). La ley de Gutenberg-Richter se debe truncar superior e inferiormente, en los estudios de peligrosidad sísmica, para considerar la magnitud máxima, $M_{máx}$, del mayor terremoto que puede tener lugar en la fuente, y para no considerar los terremotos de magnitud inferior a un límite, $M_{mín}$, respectivamente. La función de densidad de probabilidad de magnitud de la ley de Gutenberg-Richter es:

$$f(M) = \beta \frac{e^{\beta(M - M_{mín})}}{1 - e^{\beta(M_{máx} - M_{mín})}} \quad (6.7)$$

La sismicidad en cada zona sismogénica se define por los siguientes parámetros:

- 1.- La magnitud máxima y mínima.
- 2.- La tasa anual de ocurrencia de terremotos de magnitud comprendida entre $M_{máx}$ y $M_{mín}$.
- 3.- La pendiente de la recta de la ley de Gutenberg-Richter, b .

La magnitud máxima en cada zona sismogénica ha sido determinada por Martín a partir de consideraciones sísmicas y tectónicas. La magnitud mínima en todos los casos es 5,0 ya que se considera que terremotos menores no son realmente peligrosos. La pendiente sísmica y la tasa anual de ocurrencia de terremotos pueden ser obtenidas de la tabla 2.3.

6.3.1.3 Modelo de atenuación

Como variable característica del movimiento del terreno se toma el espectro de respuesta de aceleración o de velocidad relativa para un amortiguamiento del 0, 2, 5, 10 o 20 por ciento, para ello se utilizan las leyes de atenuación obtenidas en el capítulo 3, cuyos coeficientes se muestran en el anejo 4.

6.3.1.4 Ecuación probabilista de la peligrosidad

Se admite que la llegada al emplazamiento de terremotos que superen el valor de referencia $\log S_0$ es un proceso estacionario de Poisson, definido por la ley de Gutenberg-Richter, de constante:

$$\lambda_i = v_i \int_{M_{min}}^{M_{max}} P(\log S \geq \log S_0 / M, D) f(M) dM \quad (6.8)$$

La tasa sísmica de la fuente puntual es v_i y $f(M)$ la función de densidad de probabilidad de la magnitud (6.7).

En el caso de que actúen simultáneamente N fuentes sísmicas puntuales, la tasa λ de llegadas al emplazamiento de terremotos que superen el valor de referencia $\log S_0$ es:

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i \quad (6.9)$$

La probabilidad de superar el valor de referencia $\log S_0$ durante el período de tiempo t debido a la acción simultánea de N fuentes sísmicas puntuales es:

$$P(\log S \geq \log S_0; t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (6.10)$$

Su periodo de retorno se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{1}{\lambda} = \frac{-t}{\ln(1 - P(\log S \geq \log S_0; t))} \quad (6.11)$$

La ecuación (6.10) no es aplicable directamente al cálculo de la peligrosidad en las zonas sismogénicas ya que las fuentes sísmicas han sido modeladas como áreas y no como fuentes sísmicas puntuales. Para ello, se dividen las zonas sismogénicas en elementos lo suficientemente pequeños para poder asimilarse a fuentes sísmicas puntuales (ver figura 6.1).

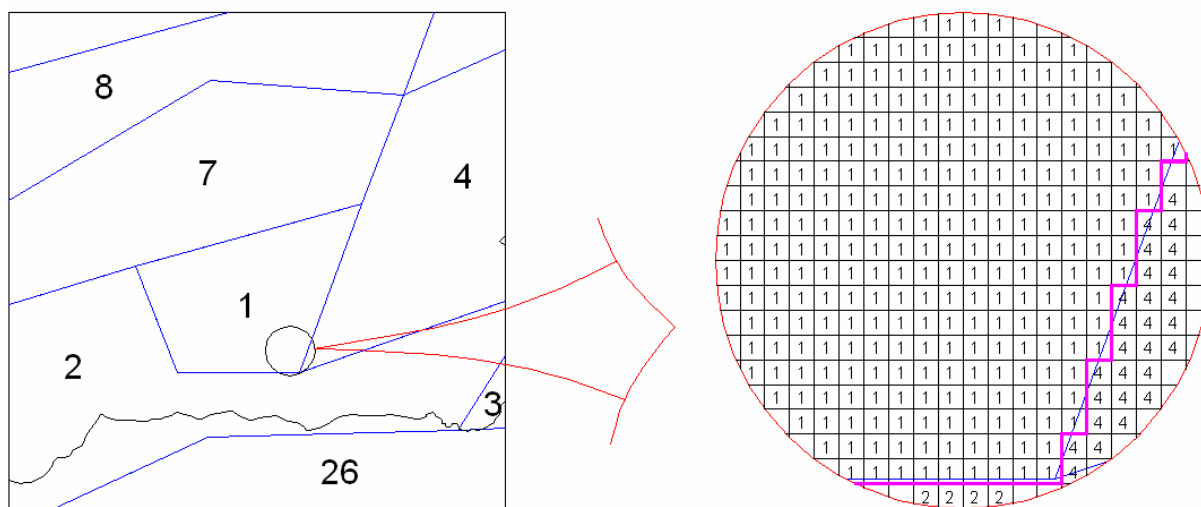


Figura 6.1. Esquema de división de la zona sismogénica 1 en zonas puntuales a través de una malla ortogonal.

Para lograrlo, se divide cada zona sismogénica en N cuadrados elementales, de tamaño lo suficientemente pequeño, de modo que se pueda asumir que la sismicidad en cada uno de estos cuadrados elementales se encuentra concentrada en su punto medio. Cada zona sismogénica queda dividida en N fuentes sísmicas puntuales, cada una de las cuales tendrá una tasa de ocurrencia de terremotos $v_i = v/N$, siendo v la tasa sísmica correspondiente a toda la zona sismogénica.

6.3.2 Resolución de la ecuación probabilista de la peligrosidad

Se ha desarrollado un programa informático que divide en fuentes sísmicas puntuales las zonas sismogénicas que afectan a un emplazamiento, que integra numéricamente la ecuación (6.8) y calcula la probabilidad de superación mediante la ecuación (6.10).

La pantalla de entrada del programa se muestra en la figura 6.2. Los datos a introducir son los siguientes:

- El valor de S_0 para el cálculo del valor de λ de según la ecuación (6.9).
- Las coordenadas X e Y relativas de la ciudad o localización donde se quiera calcular la probabilidad de superación. En la tabla 6.1 se muestran, como ejemplo, las coordenadas relativas de las capitales andaluzas.
- El tiempo de exposición t durante el cual se va a considerar que van a estar actuando las N fuentes sísmicas.
- El rango (en kms) en el que se integra la ecuación (6.8) dentro del cual se considera que las fuentes sísmicas pueden influir en el emplazamiento.
- El período de los 25 calculados (en segundos) para el que se calcula la probabilidad de superación.

The screenshot shows a software window titled "Terremotos". It has a menu bar with "Archivo" and "Acerca De". The main area contains several input fields and a radio button selection. The fields are: "S0" with value "1", "t (años)" with value "50", "Coordenada X" with value "552", "Rango X (kms)" with value "300", "Coordenada Y" with value "325", and "Rango Y (kms)" with value "300". Below these is a section "Valor de T (segundos)" with 25 radio button options, where "0.50" is selected. At the bottom, there are "Paso X" and "Paso Y" fields, both with value "10", and an "Ejecución" button.

Figura 6.2. Pantalla de entrada de datos del programa de cálculo de peligrosidad sísmica.

6.3.2.1 Determinación del rango y paso óptimos.

La determinación del rango o área de influencia de los terremotos que rodean a un determinado emplazamiento es una decisión crítica. Si se escoge un rango demasiado pequeño se puede despreciar la influencia, en la peligrosidad sísmica, de los terremotos más lejanos. Por otro lado, la elección de un rango demasiado amplio provoca que el tiempo de cálculo aumente exponencialmente y no por ello aumente la exactitud del resultado. El paso también influye de modo significativo en el tiempo de cálculo. A menor paso, mayor tiempo de cálculo. Por contra, si se selecciona un paso demasiado amplio, el modelo teórico que se utiliza, en el que se asume que la sismicidad se encuentra concentrada en el punto medio de un cuadrado elemental, se aleja del cálculo real que se lleva a cabo.

El programa informático utiliza una tabla de Excel que calcula (6.8) para cada magnitud y distancia. La utilización de una tabla de Excel nos permite variar los datos de entrada sin modificar el programa informático. De este modo se puede calcular la probabilidad de superación según distintas leyes de atenuación.

Localización	Coordenada X	Coordenada Y
Sevilla	552	325
Granada	767	295
Cádiz	524	225
Córdoba	662	375
Huelva	472	315
Málaga	687	243
Jaén	747	360
Almería	867	255

Tabla 6.1. Coordenadas X e Y de las capitales andaluzas para el programa de cálculo de probabilidad de superación.

Con esta metodología se han calculado las probabilidades de superación para varios valores del espectro de respuesta de aceleración para un tiempo de exposición de 50 años y 100 años para Sevilla y Granada, obteniéndose de ese modo una curva de peligrosidad sísmica como la que se muestra en la figura 6.3.

Si se repite el proceso para varios periodos del espectro, y se obtiene de cada curva de peligrosidad el valor del espectro correspondiente a una misma probabilidad de superación, se puede dibujar punto a punto un espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme, tal y como se muestra en la figura 6.4.

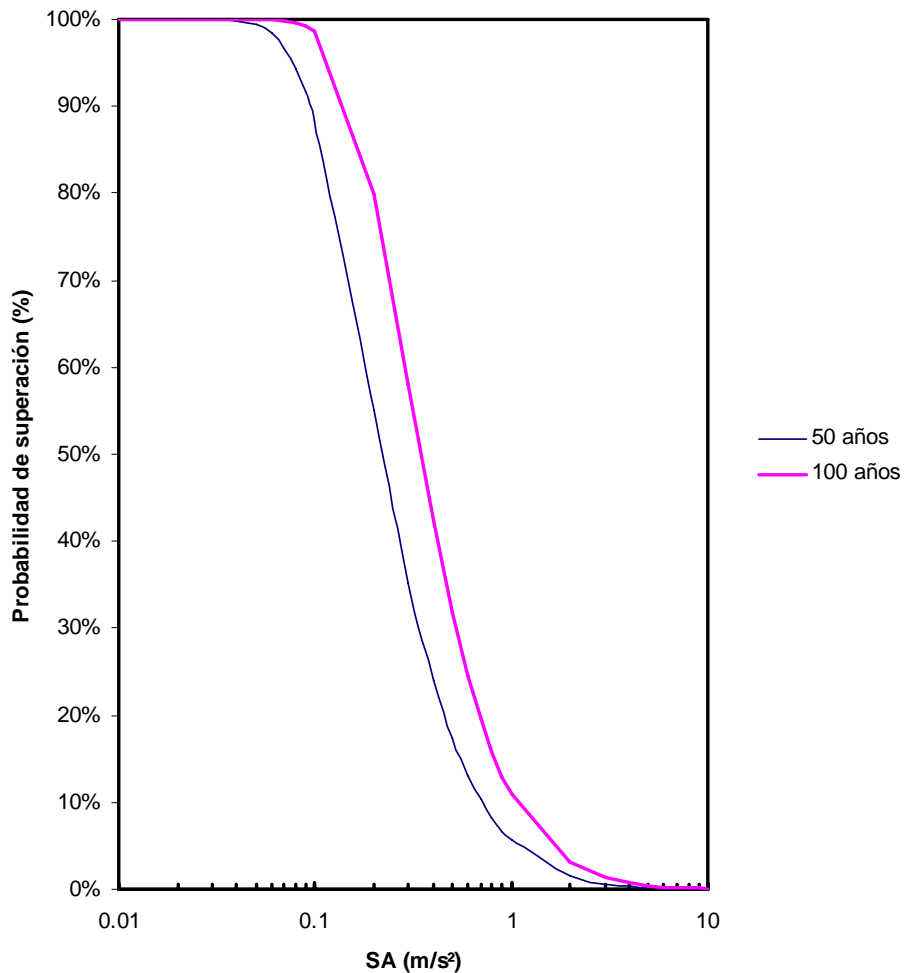


Figura 6.3. Curvas de peligrosidad sísmica para Sevilla para un edificio situado sobre roca para un tiempo de exposición de 50 y 100 años, correspondiente a un espectro de aceleración de 0,50 s y un amortiguamiento relativo del 5%.

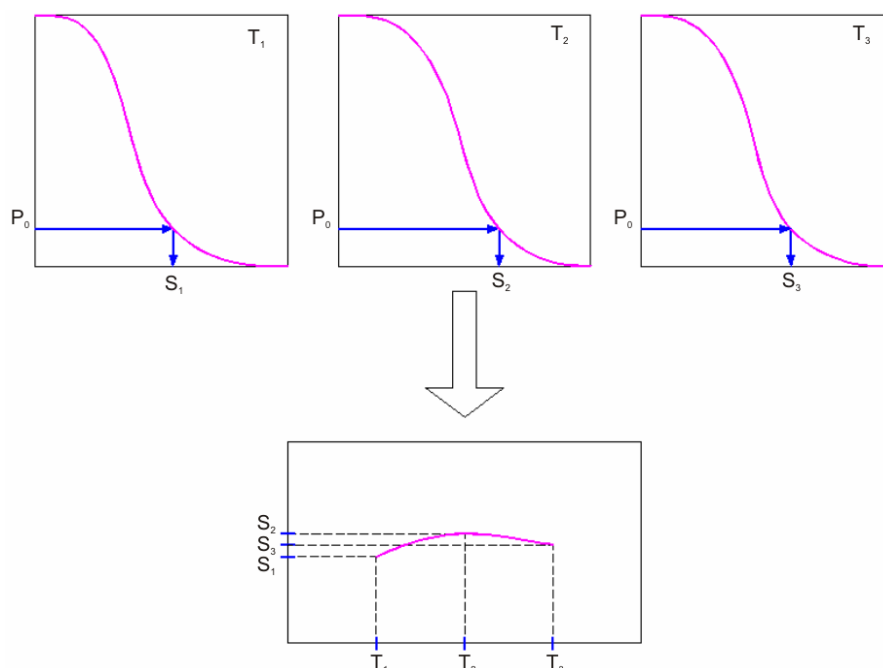


Figura 6.4. Esquema de construcción de un espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme.

En la tabla 6.2 se muestran para distintos rangos y pasos el número de puntos para los que se debe integrar la ecuación (6.8) y el tiempo de cálculo. Para obtener el rango y el paso óptimos se ha buscado el equilibrio entre la exactitud del resultado y el tiempo de cálculo. Para ello se ha calculado para varios períodos y valores del espectro de respuesta de aceleración la probabilidad de superación y se ha buscado el rango y el paso que produzcan la exactitud suficiente en un tiempo de cálculo razonable.

T(s)	S_0 (m/s ²)	X	Y	Rango (km)	Paso (km)	Probabilidad	Tiempo (s)	nº puntos
0.1	0.5	552	325	100	10	33.91%	19	121
0.1	0.5	552	325	200	10	38.17%	69	441
0.1	0.5	552	325	300	10	38.32%	150	961
0.1	0.5	552	325	400	10	38.42%	262	1681
0.1	0.5	552	325	500	10	38.44%	406	2601
0.1	0.5	552	325	100	20	34.21%	6	36
0.1	0.5	552	325	200	20	38.96%	19	121
0.1	0.5	552	325	300	20	39.07%	40	256
0.1	0.5	552	325	400	20	39.10%	69	441
0.1	0.5	552	325	500	20	39.12%	106	676
0.1	0.5	552	325	100	5	33.91%	69	441
0.1	0.5	552	325	200	5	38.18%	262	1681
0.1	0.5	552	325	300	5	38.35%	581	3721
0.1	0.5	552	325	400	5	38.43%	1024	6561
0.1	0.5	552	325	500	5	38.44%	1592	10201

Tabla 6.2. Número de puntos de cálculo, tiempo y valores de probabilidad de superación para el espectro de respuesta de aceleración para un período natural de 0,50 s y un valor del espectro de aceleración de 0,50 s en Sevilla en función del rango y el paso. Datos obtenidos para un ordenador AMD Athlon XP 2600 con 512 MB de RAM.

Se han realizado varios ensayos variando el período, el valor de S_0 , la localización, el rango y el paso de modo similar a como se muestra en la tabla 6.2. Se puede observar como a partir de un rango de a 300 km la probabilidad de superación casi no aumenta ($\leq 0,10\%$) mientras que el tiempo de cálculo es aproximadamente un 60% superior por cada 100 km. La diferencia del valor resultante para un paso de 5 y 10 km es prácticamente nula. El valor finalmente ensayado ha sido para un rango de 300 km y un paso de 10 km.

6.3.3 Aplicación a Sevilla y Granada

Se han calculado las curvas de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración en Sevilla y Granada. En la figura 6.5 y 6.6 se representan las curvas para un período de 0,50 s, para un amortiguamiento relativo del 5% y un tiempo de exposición de 50 años, según el tipo de terreno para Granada y Sevilla, respectivamente. En la figura 6.7 se comparan las curvas de peligrosidad sísmica para Granada según el tipo de amortiguamiento para el espectro de respuesta de aceleración de período 0,20 s y para un tiempo de exposición de 50 años. En la figura 6.8 se dibujan las curvas de peligrosidad para Sevilla y Granada en suelo duro para un período de 0,50 s, para un amortiguamiento del 5% y un período de exposición de 50 años. En la figura 6.9 se comparan las curvas de peligrosidad sísmica para Granada según el tiempo de exposición (50 y 100 años) sobre un terreno tipo roca, para un período de 0,50 s y un amortiguamiento relativo del 5%.

Siguiendo la metodología descrita anteriormente se han obtenido los espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme en las ciudades de Sevilla y Granada, para un amortiguamiento del 5%, para una probabilidad de superación del 5% y un período de exposición de 50 años, lo que equivale aproximadamente a un período de retorno de 975 años. En las figuras 6.10 y 6.11 se comparan los espectros de respuesta para Granada y Sevilla, respectivamente, según el tipo de terreno. En las figuras 6.12, 6.13 y 6.14 se comparan los espectros de respuesta en roca, suelo duro y suelo blando respectivamente, según la localización (Sevilla y Granada).

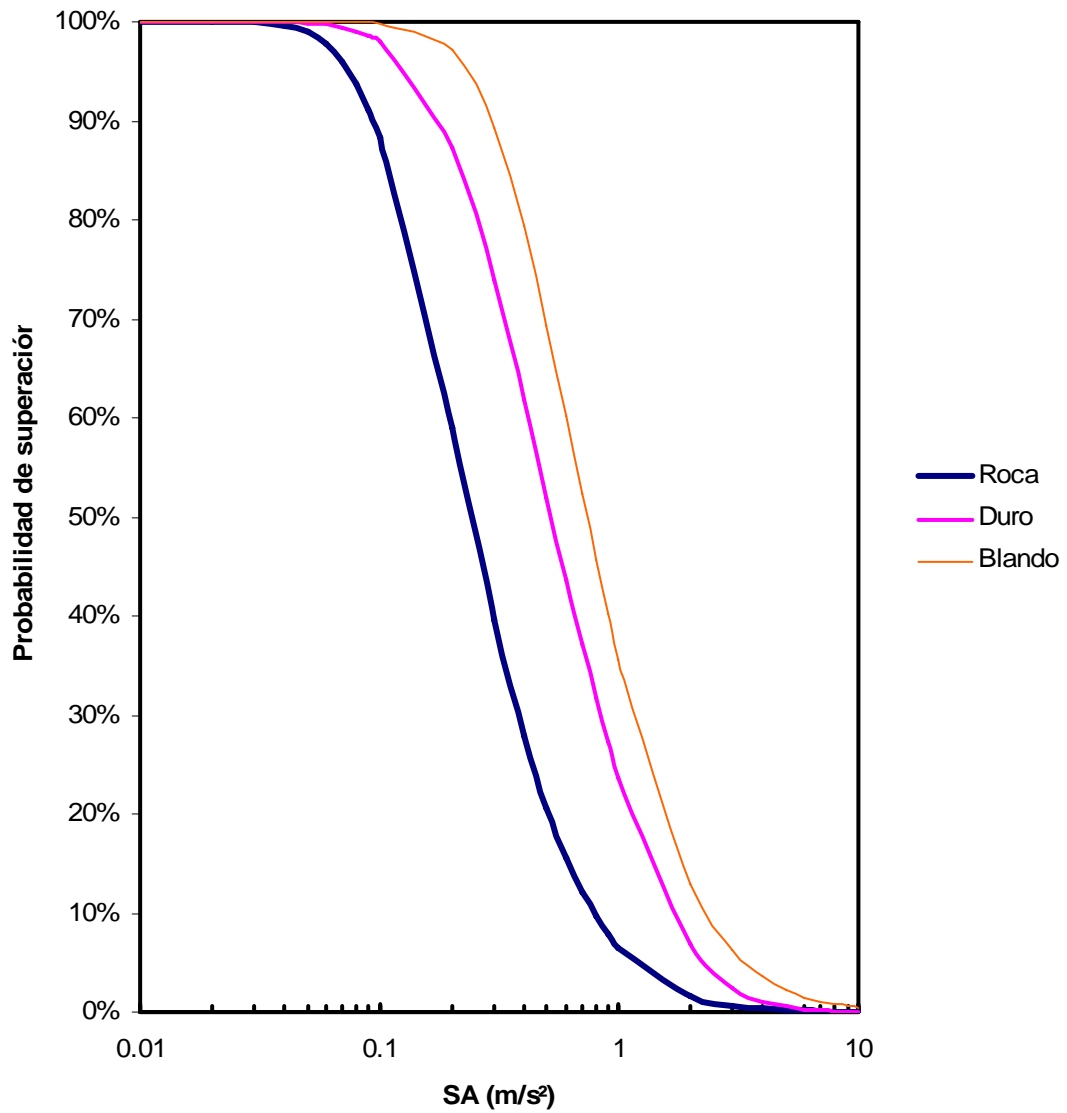


Figura 6.5. Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para Granada, según el tipo de terreno para un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.

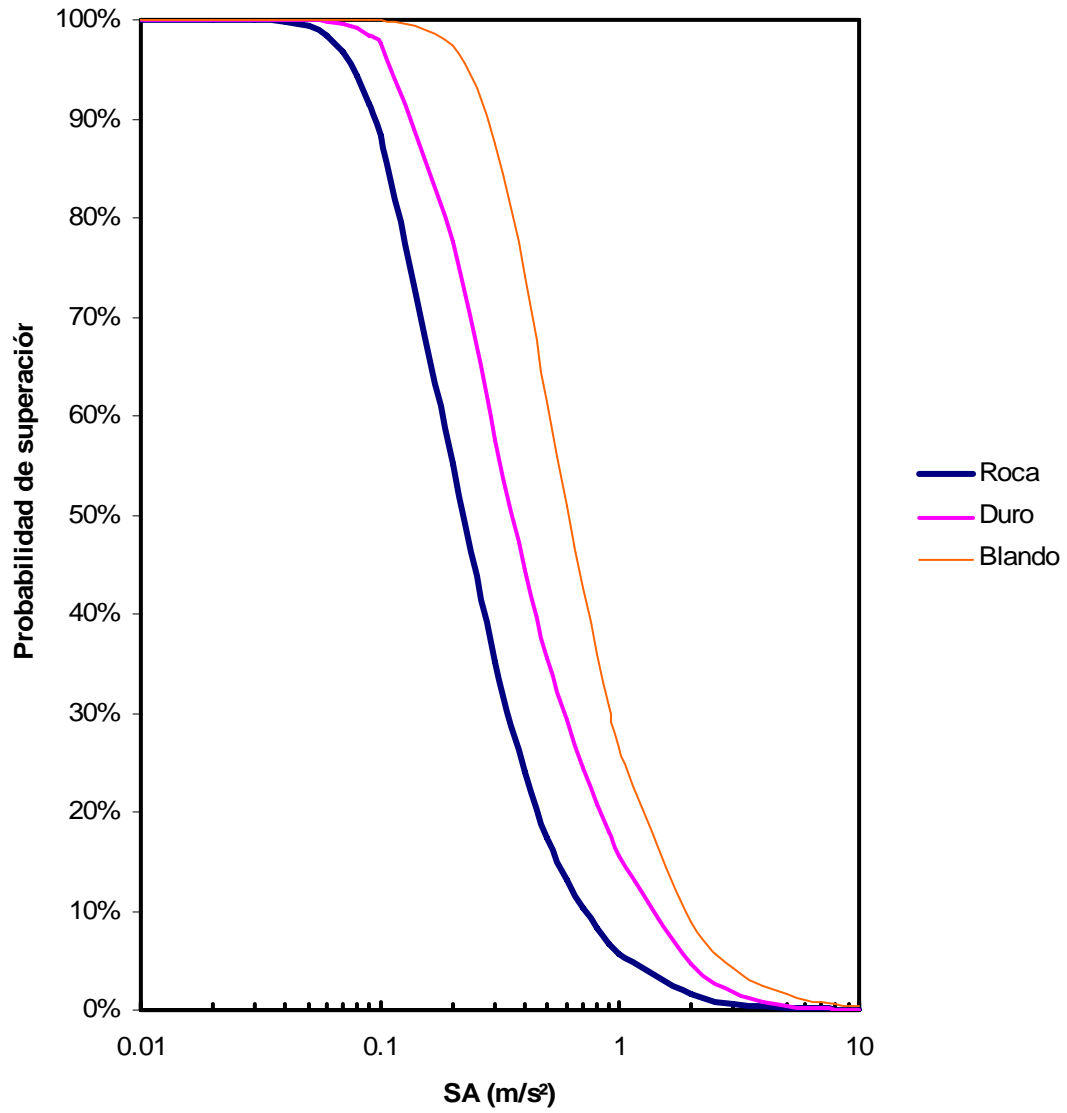


Figura 6.6. Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para Sevilla, según el tipo de terreno para un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.

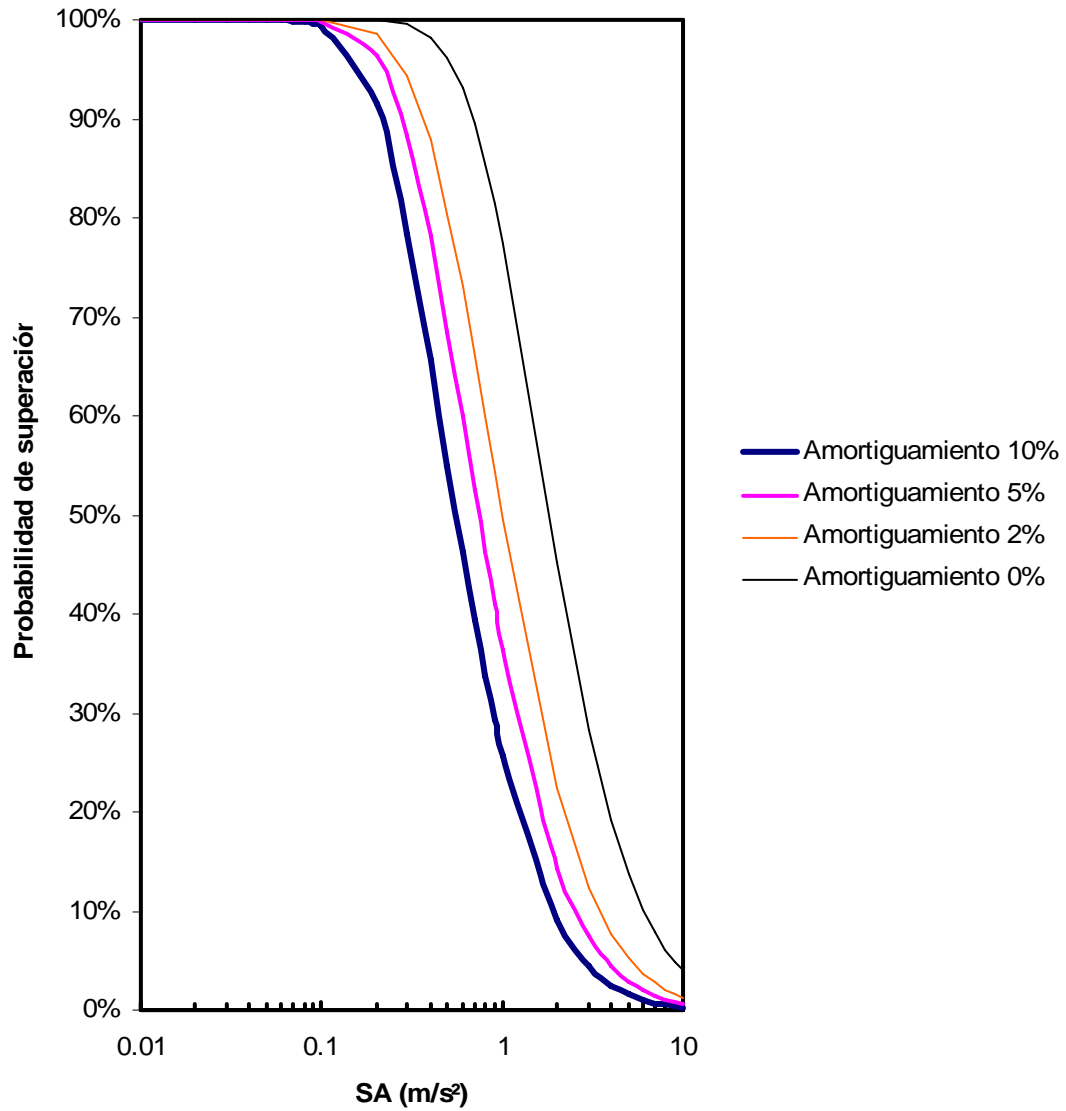


Figura 6.7. Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,20s para Granada, en roca, según el amortiguamiento relativo para un tiempo de exposición 50 años.

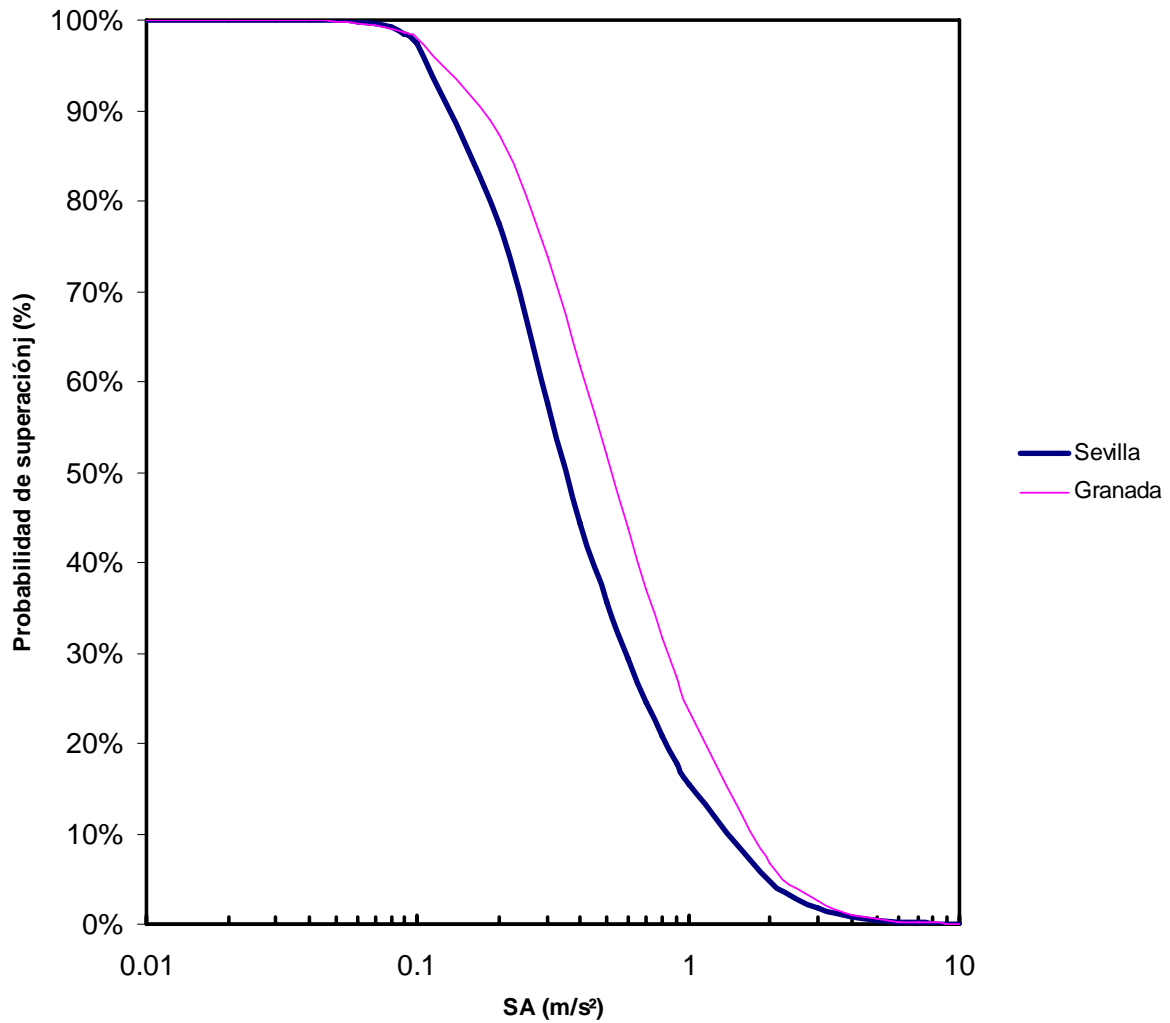


Figura 6.8. Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s entre Sevilla y Granada, para suelo duro con un amortiguamiento relativo del 5% y tiempo de exposición 50 años.

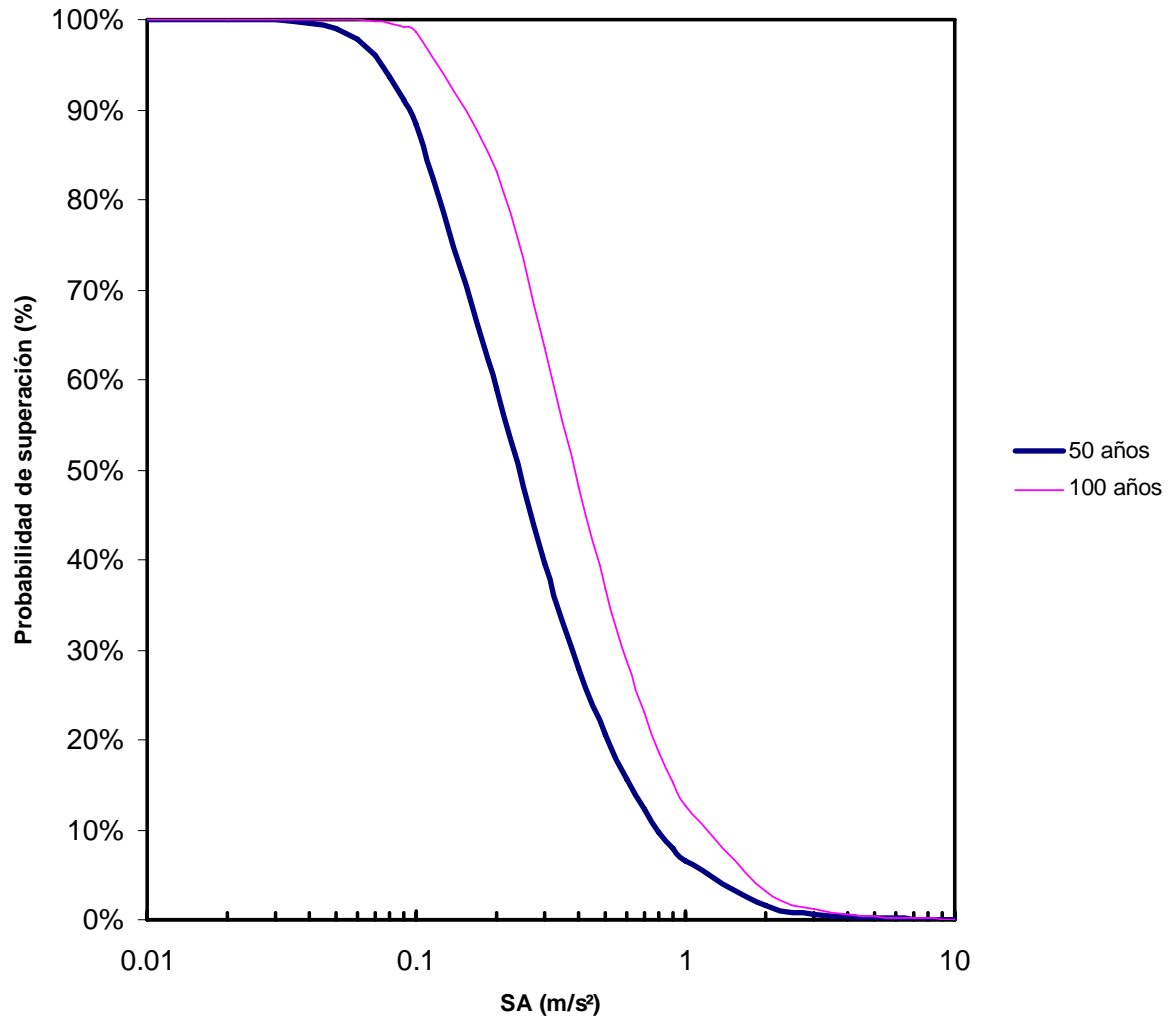


Figura 6.9. Comparación de la curva de peligrosidad sísmica del espectro de aceleración de período 0,50s para un tiempo de exposición 50 y 100 años en Granada, en roca y con un amortiguamiento relativo del 5%.

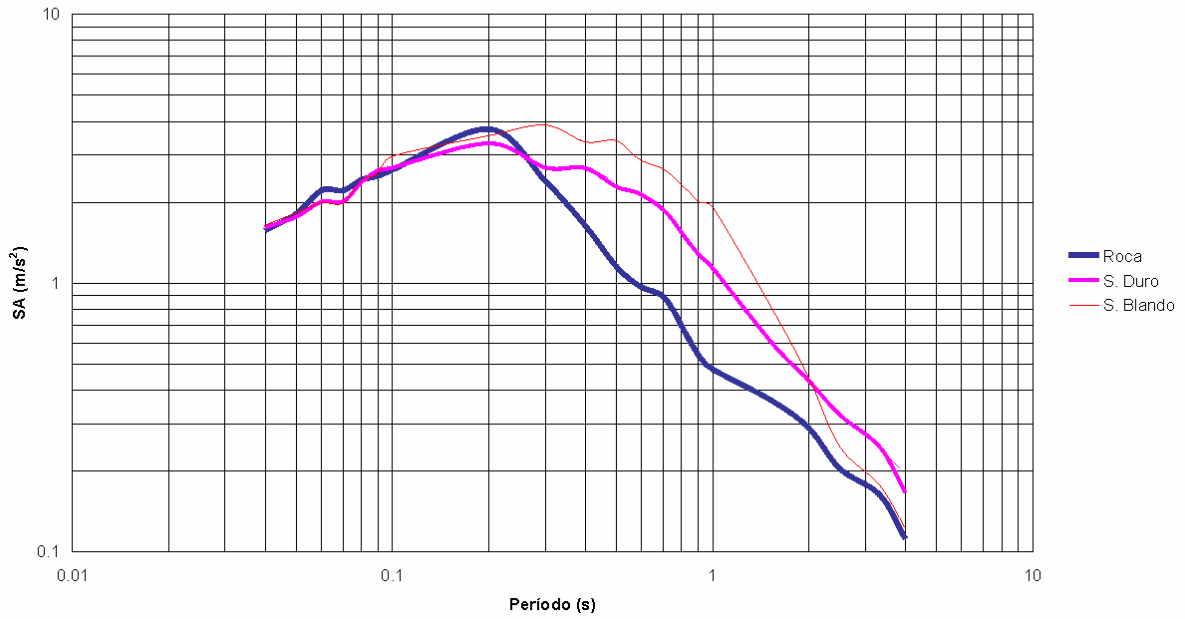


Figura 6.10. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada según el tipo de terreno, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

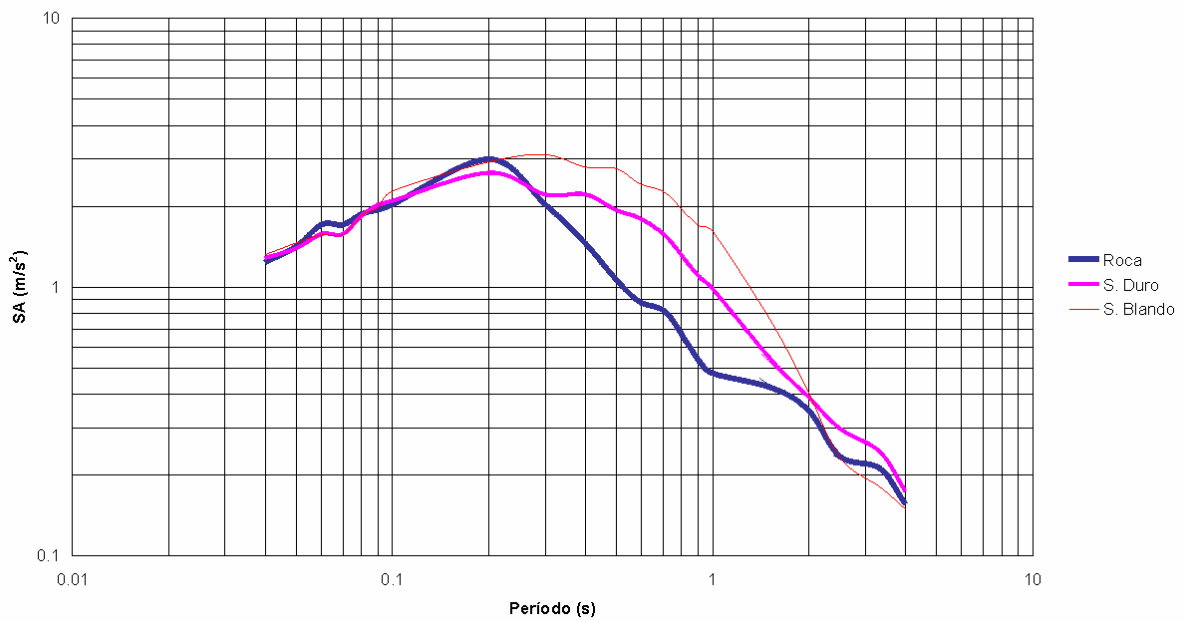


Figura 6.11. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla según el tipo de terreno, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

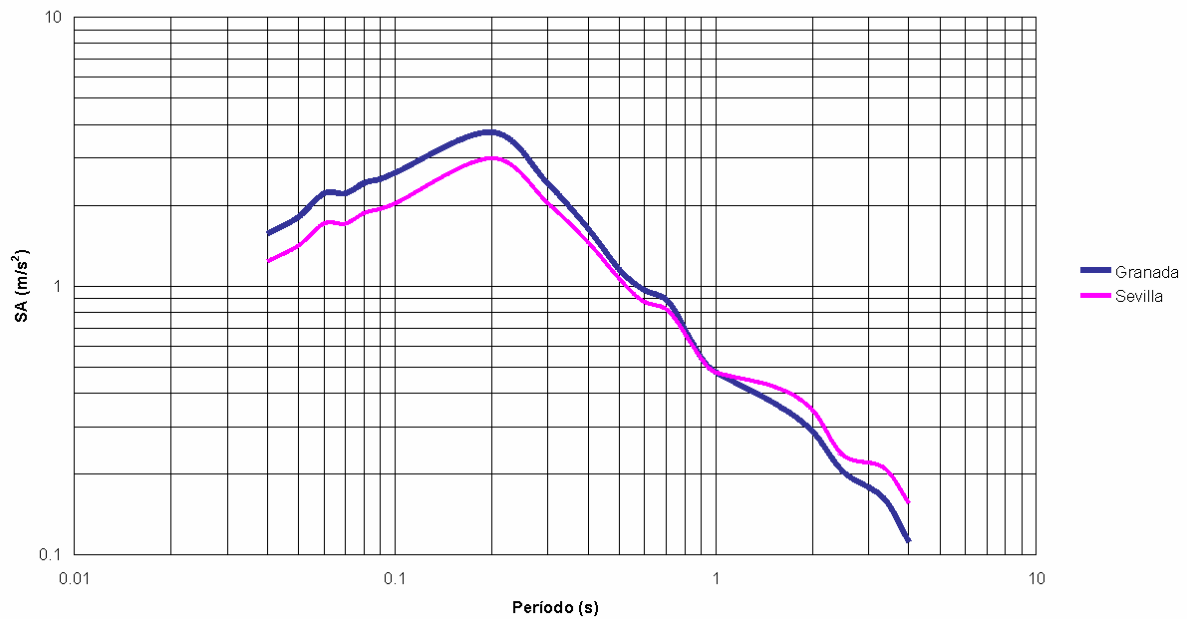


Figura 6.12. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en roca, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

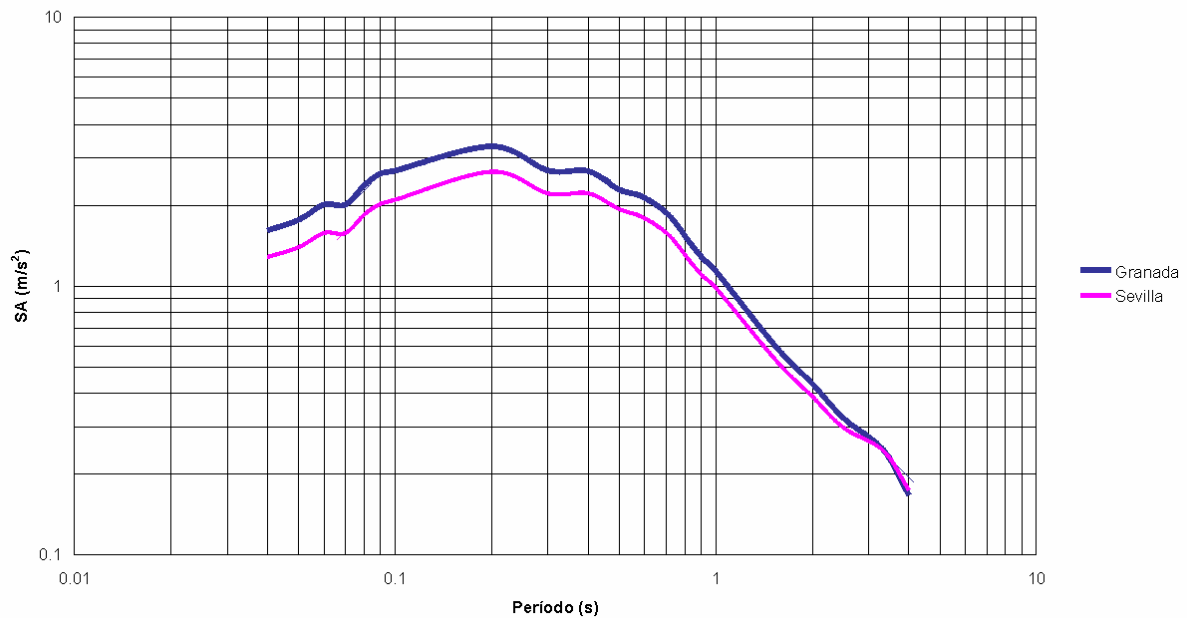


Figura 6.13. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en suelo duro, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

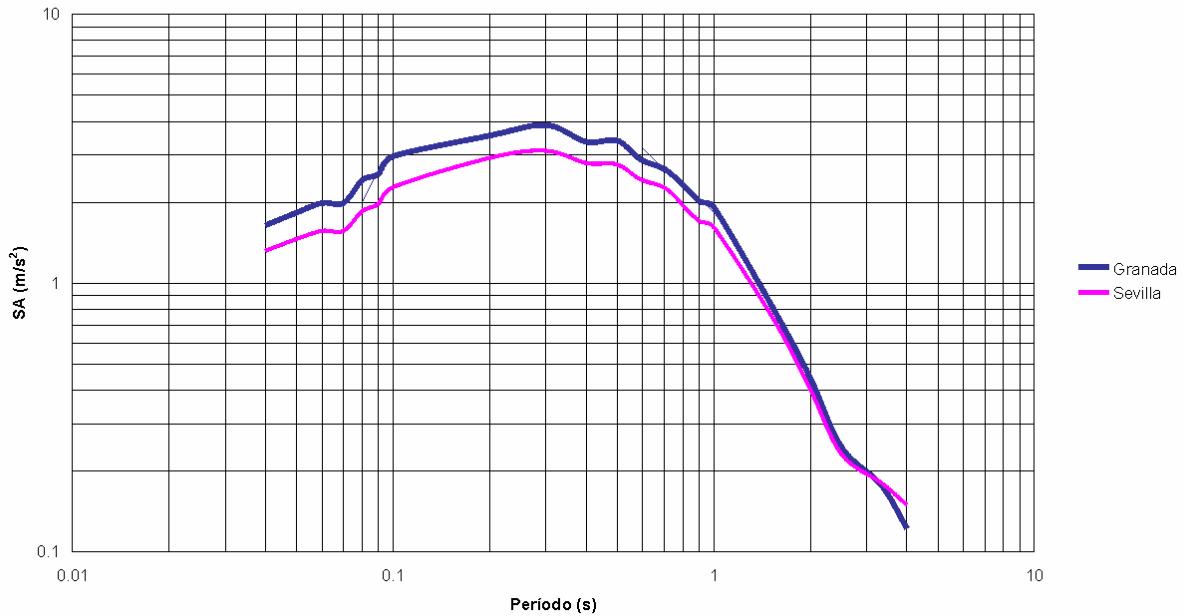


Figura 6.14. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla y Granada en suelo blando y muy blando, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5% y tiempo de exposición 50 años.

6.3.4 Estimación de acelerogramas de cálculo

Para poder estimar acelerogramas de cálculo el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Se establece el período de exposición de la estructura según el nivel de peligrosidad determinado.
- Se fija la probabilidad de superación admisible, normalmente un 5-10% según el nivel de peligrosidad.
- Se calcula para el emplazamiento elegido y el tipo de terreno, en el emplazamiento del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme, correspondiente al nivel de peligrosidad requerido (tiempo de exposición y probabilidad de superación).
- Se busca en la base de datos acelerogramas que hayan sido registrados en el mismo tipo de terreno que en el emplazamiento. Se determina el factor de escala, f , por el que hay que multiplicarlo para hacer mínima la desviación típica, s , entre el logaritmo del espectro de peligrosidad sísmica uniforme calculado y el logaritmo del espectro de respuesta correspondiente al espectro real. De este modo, si se denomina S_R al

espectro de respuesta correspondiente al registro real, y S_C al espectro de respuesta calculado, la desviación típica es:

$$s = \sqrt{\frac{\sum [\log(f \cdot S_R) - \log(S_C)]^2}{25}} \quad (6.12)$$

- El factor de escala que hace mínima la desviación típica es:

$$f = 10^{\frac{\sum \log S_C - \sum \log S_R}{25}} \quad (6.13)$$

Las sumatorias se extienden a los 25 períodos para los que se ha calculado el espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme.

6.3.4.1 Estimación de acelerogramas de cálculo para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

Como ejemplo del método presentado se van a determinar acelerogramas de cálculo para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada. Para ello se ha calculado el espectro de respuesta de aceleración en el Tajo de San Pedro sobre roca ($V_s \geq 750$ m/s), para una probabilidad de superación del 5% y un período de exposición de 50 años, lo que equivale a un período de retorno de 974 años. Los datos de los acelerogramas se han obtenido de la base de datos europea de terremotos que puede ser obtenida a través de internet en la dirección: <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>.

La Alhambra es uno de los monumentos nacionales más importantes. El monumento, Patrimonio de la Humanidad, está situado en lo alto de una colina roja que domina la depresión de Granada, donde se sitúa la mayor parte de la ciudad. Uno de los ríos más importantes de la región, el río Darro, transcurre hacia el interior de la depresión y se sitúa en la parte más oriental de la ciudad. Las murallas de La Alhambra, situadas al este de Granada, están próximas al talud generado por la incisión de este río. La inestabilidad de los taludes a este lado de la colina de La Alhambra ha sido un problema crítico desde la construcción del palacio. En esta zona, el Tajo de San Pedro, que es un diedro de 65,5 m de altura, es el talud

más empinado de la colina de La Alambra. Este talud se sitúa a 23,8 m de las murallas del palacio de La Alambra. El retroceso de este talud está originado por la caída de lajas superficiales provocadas principalmente por las avenidas del río Darro, el aflojamiento producido por el régimen tectónico extensivo, la erosión, las filtraciones provenientes del palacio de La Alambra y los terremotos.

La depresión de Granada presenta varios conjuntos de fallas, las mayoría de ellas de orientación E-O y NO-SE. Existen fallas con orientación NO-SE visibles en la parte oriental de la depresión. La mayoría de estas fallas tienen un mecanismo focal normal, la mayoría con orientación NO-SE, y bajando hacia el SO. Estas fallas con orientación NO-SE cortan y desplazan a las fallas previas con dirección E-O.

Una campaña de ensayos fue llevada a cabo por Justo et al., 2008 lo que nos permite conocer el perfil geológico del talud en su parte superior:

1. Conglomerado denso. $V_s = 800$ m/s (velocidad de las ondas transversales).
2. Conglomerado muy denso. $V_s = 960$ m/s
3. Conglomerado moderadamente denso. $V_s = 800$ m/s.
4. Conglomerado de arena y grava muy denso. $V_s = 1150$ m/s.
- 4.a Capas de arcilla de un metro de espesor, intercaladas en la capa 4. $V_s = 800$ m/s.

Existe un pedraplén en el pie del talud, compuesto de bloques cuarzo y filita, grava y arena, con predominio de la fracción de arena.

En las figuras 6.15 a 6.24 aparece representado el espectro de respuesta para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada junto con los espectros de respuesta de los terremotos reales que mejor se ajustan. También se ha representado el espectro escalado que hace mínima la desviación típica. Los datos sobre los registros que hacen mínima la desviación típica se muestran en las tablas 6.3 a 6.6.

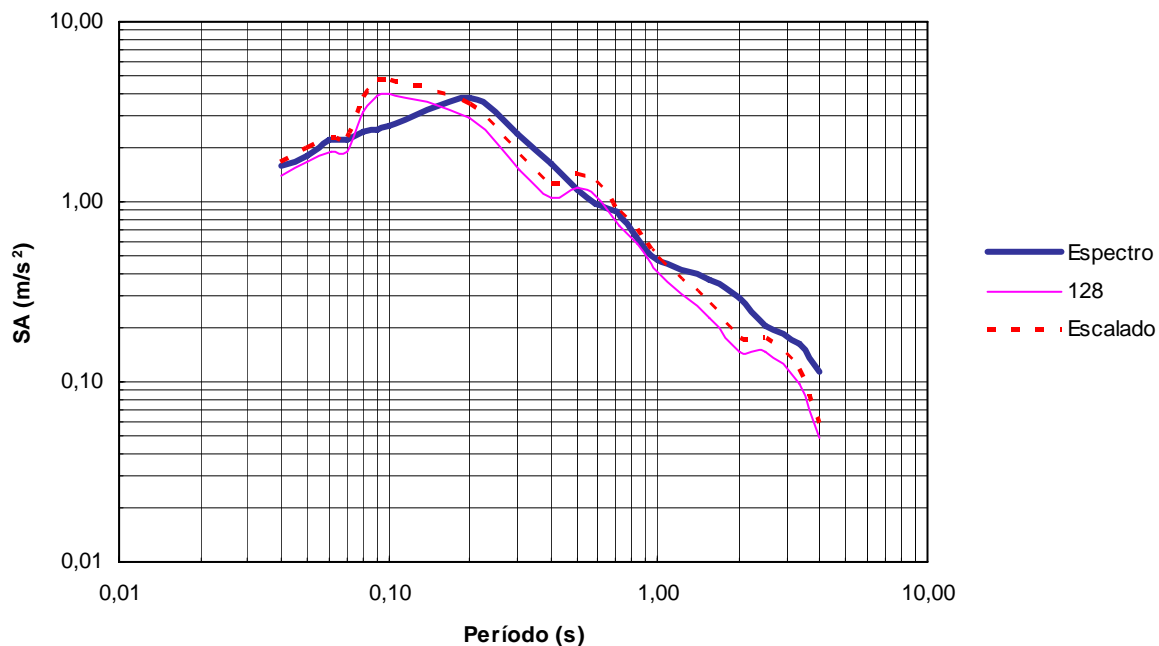


Figura 6.15. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (128) y con el registro escalado. Factor de escala 1,20.

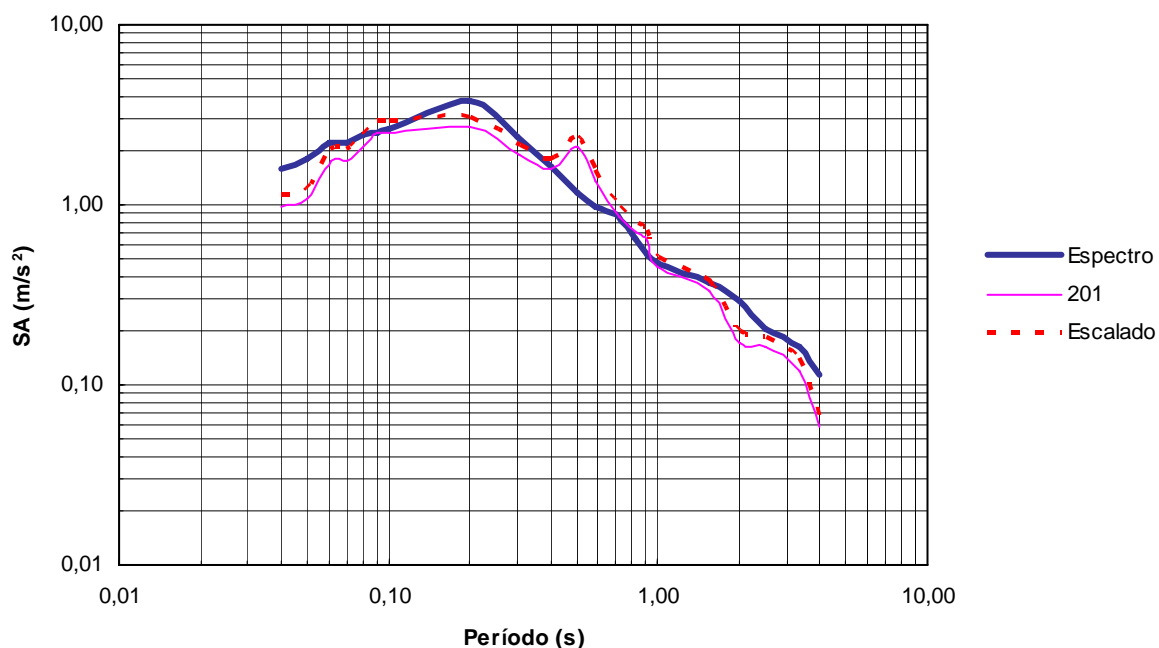


Figura 6.16. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (201) y con el registro escalado. Factor de escala 1,15.

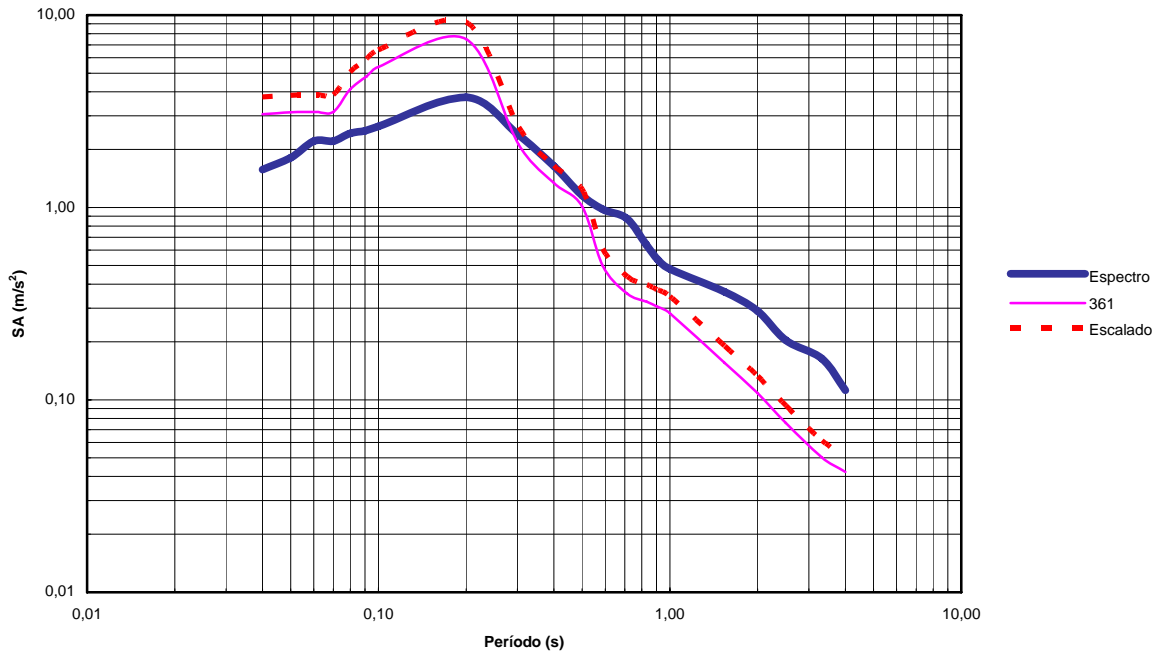


Figura 6.17. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (361) y con el registro escalado. Factor de escala 1,23.

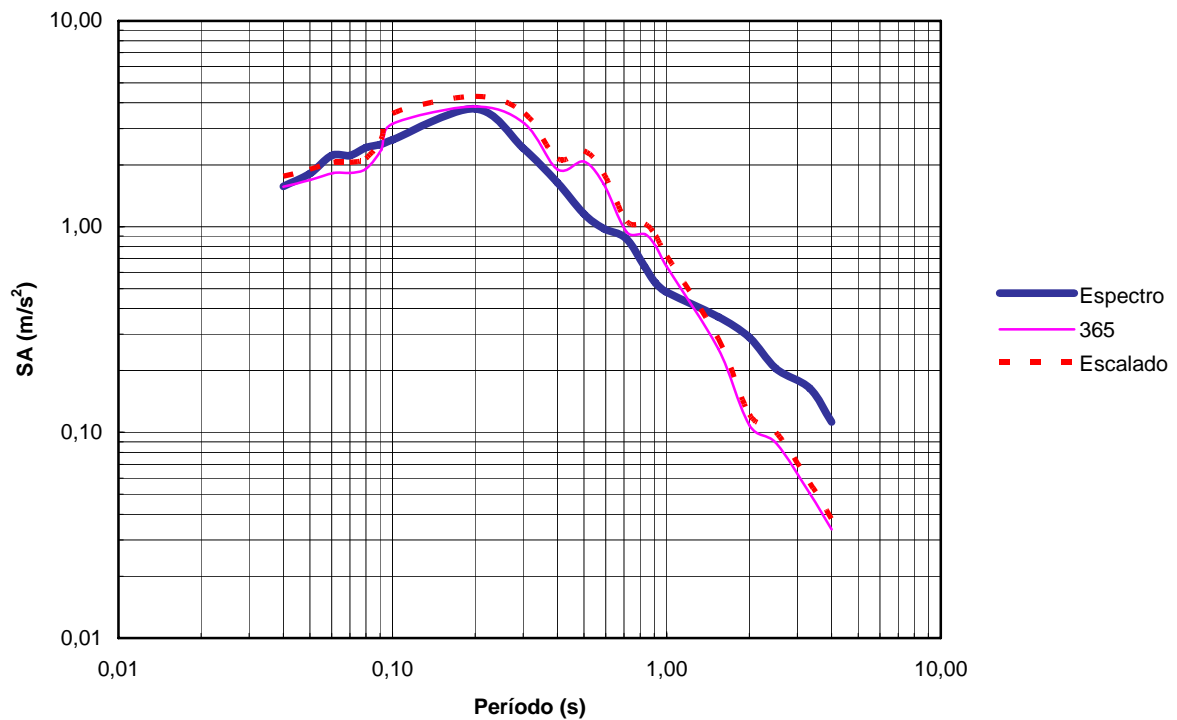


Figura 6.18. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (365) y con el registro escalado. Factor de escala 1,13.

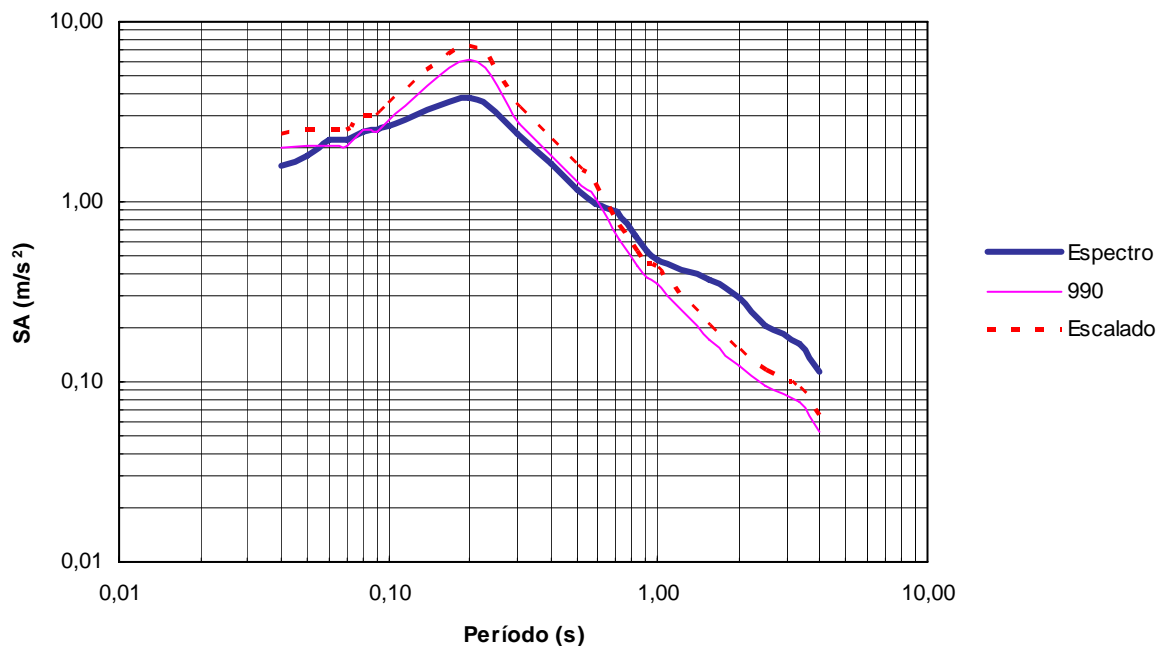


Figura 6.19. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (990) y con el registro escalado. Factor de escala 1,22.

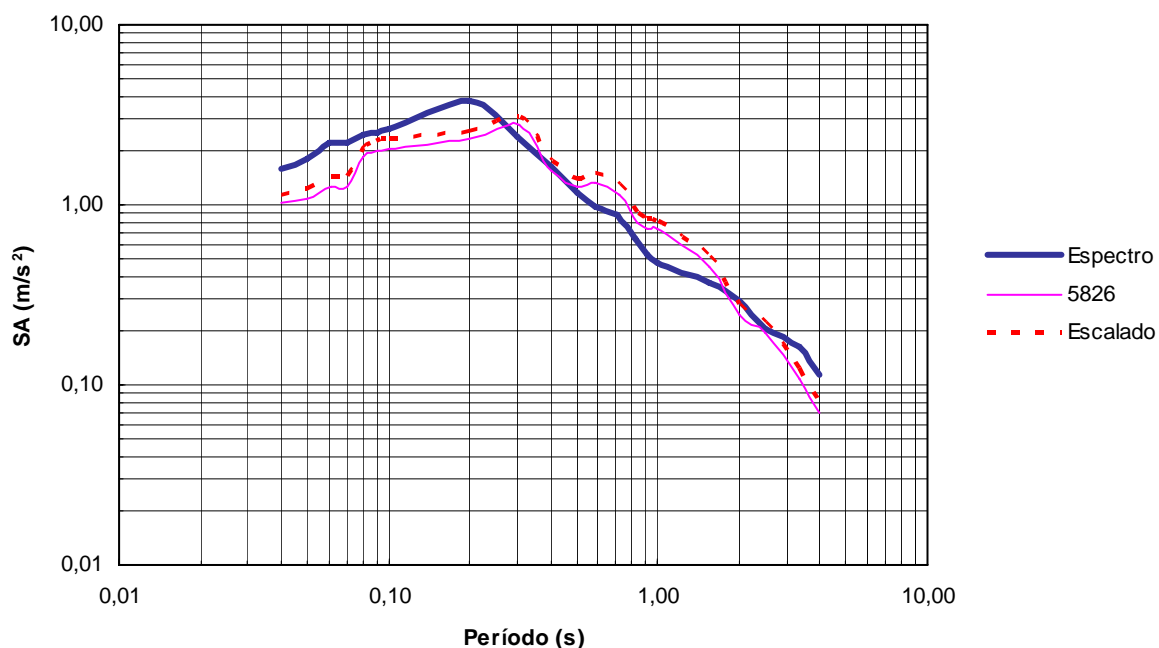


Figura 6.20. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (5826) y con el registro escalado. Factor de escala 1,13.

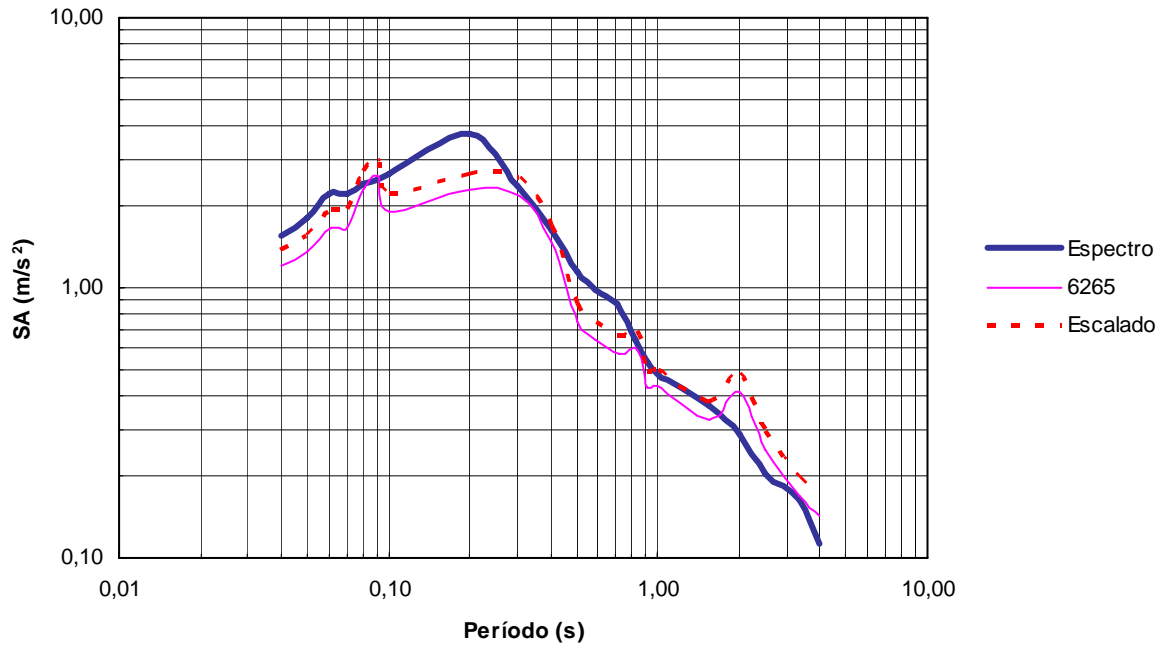


Figura 6.21. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6265) y con el registro escalado. Factor de escala 1,16.

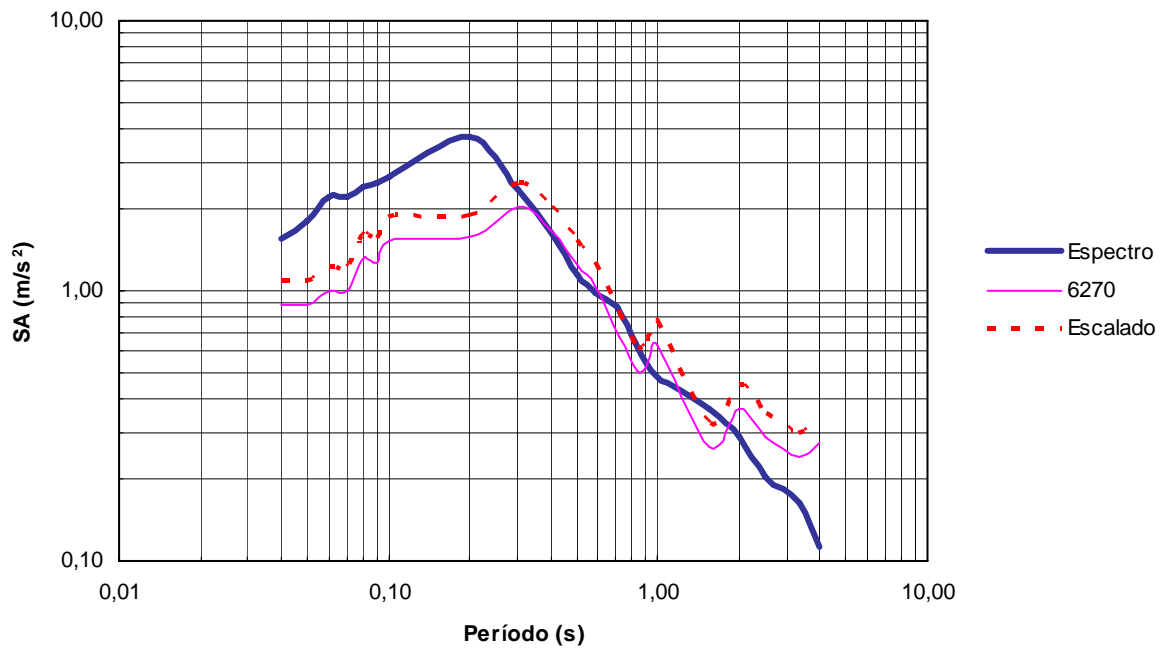


Figura 6.22. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6270) y con el registro escalado. Factor de escala 1,23.

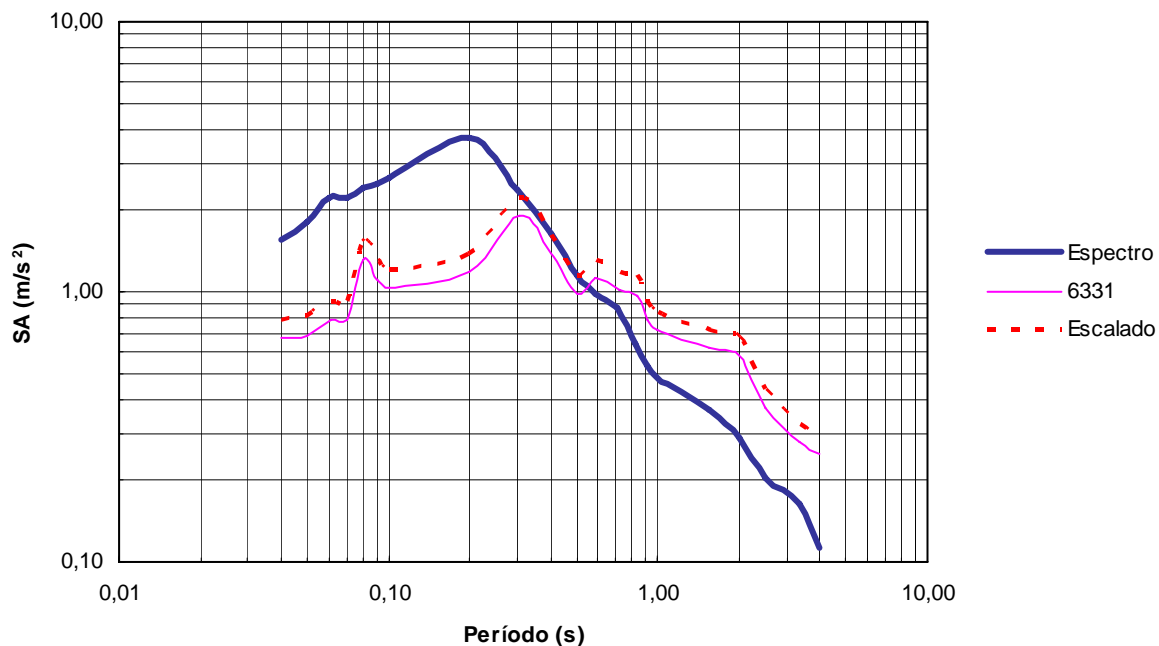


Figura 6.23. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (6331) y con el registro escalado. Factor de escala 1,17.

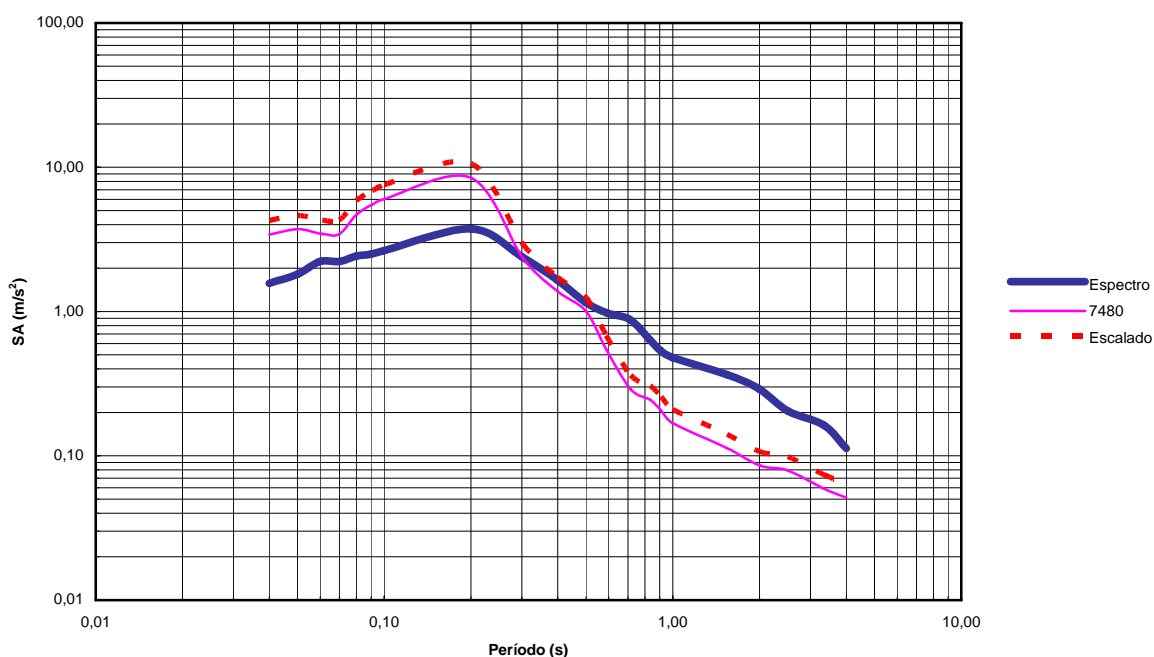


Figura 6.24. Espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada, probabilidad de superación 5%, amortiguamiento 5%, en roca, tiempo de exposición 50 años. Comparación con el espectro de respuesta de aceleración de un registro real del catálogo (7480) y con el registro escalado. Factor de escala 1,25.

Registro del terremoto:	128
Datos sísmicos	
Terremoto:	Friuli (Norte de Italia)
Fecha:	15/09/1976
Magnitud	6,0 M_w
Datos del registro	
Estación:	Robic (Eslovenia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	19
f	1,20
s	0,016
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	3,96

Registro del terremoto:	201
Datos sísmicos	
Terremoto:	Montenegro (Mar Adriático)
Fecha:	15/04/1979
Magnitud	6,9 M_w
Datos del registro	
Estación:	Escuela Dubrovnik-Pomorska (Croacia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	61
f	1,15
s	0,087
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	2,68

Registro del terremoto:	361
Datos sísmicos	
Terremoto:	Umbria (Centro de Italia)
Fecha:	19/04/1984
Magnitud	5,6 M_w
Datos del registro	
Estación:	Nocera Umbra (Italia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	19
f	1,23
s	0,028
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	7,49

Tabla 6.3. Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.

Registro del terremoto:	365
Datos sísmicos	
Terremoto:	Lazio Abruzzo (Sur de Italia)
Fecha:	07/05/1984
Magnitud	5,9 M_w
Datos del registro	
Estación:	Atina (Italia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	11
f	1,12
s	0,130
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	3,83

Registro del terremoto:	990
Datos sísmicos	
Terremoto:	Lazio Abruzzo, réplica (Sur de Italia)
Fecha:	11/05/1984
Magnitud	5,5 M_w
Datos del registro	
Estación:	Atina-Pretura Terrazza (Italia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	13
f	1,22
s	0,011
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	6,11

Registro del terremoto:	5826
Datos sísmicos	
Terremoto:	Strofades (Mar Jónico)
Fecha:	18/11/1997
Magnitud	6,6 M_w
Datos del registro	
Estación:	Banco Kyparrisia-Agriculture (Grecia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	65
f	1,13
s	0,129
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	2,76

Tabla 6.4. Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.

Registro del terremoto:	6265
Datos sísmicos	
Terremoto:	Sur de Islandia
Fecha:	17/06/2000
Magnitud	6,5 M_w
Datos del registro	
Estación:	Estación hidroeléctrica Burfell (Islandia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	25
f	1,16
s	0,076
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	2,58

Registro del terremoto:	6270
Datos sísmicos	
Terremoto:	Sur de Islandia
Fecha:	17/06/2000
Magnitud	6,5 M_w
Datos del registro	
Estación:	Estación hidroeléctrica Ljosafoss (Islandia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	32
f	1,23
s	0,026
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	2,06

Registro del terremoto:	6331
Datos sísmicos	
Terremoto:	Sur de Islandia, réplica
Fecha:	21/06/2000
Magnitud	6,4 M_w
Datos del registro	
Estación:	Flagbjarnholt (Islandia)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	22
f	1,17
s	0,057
$SA_{m\acute{a}x}(m/s^2)$	1,90

Tabla 6.5. Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.

Registro del terremoto:	7480
Datos sísmicos	
Terremoto:	St. Die (Francia)
Fecha:	22/02/2003
Magnitud	4,7 M _w
Datos del registro	
Estación:	Bremgarten (Alemania)
Tipo de terreno	Roca
Distancia a la falla	-
f	1,25
s	0,058
SA _{máx} (m/s ²)	8,45

Tabla 6.6. Información de los registros de los terremotos cuya desviación típica es menor respecto al espectro de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para una probabilidad de superación del 5%, para un tiempo de exposición de 50 años sobre roca con un amortiguamiento relativo del 5%.

6.4 Análisis de los resultados

6.4.1 Comparación de los espectros de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme con el espectro de respuesta elástica de la NCSR-02 para Sevilla y Granada.

Se va a proceder a comparar los espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme de aceleración para Sevilla y Granada para una probabilidad de superación del 10%, un amortiguamiento del 5% y un tiempo de exposición de 50 años con el espectro normalizado de respuesta elástica para un amortiguamiento de referencia del 5% según define la NCSR-02. El espectro de peligrosidad sísmica calculado equivale a un período de retorno de 475 años, similar a los 500 años de período de retorno que adopta la norma para una construcción de normal importancia y un período de exposición de 50 años.

La NCSR-02 establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie del terreno libre, para aceleraciones horizontales, correspondientes a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico, definido por los siguientes valores:

$$\text{Si } T < T_A$$

$$\alpha(T) = 1 + 1,5 (T/T_A)$$

$$\begin{aligned} \text{Si } T_A \leq T \leq T_B & \quad \alpha(T) = 2,5 \\ \text{Si } T > T_B & \quad \alpha(T) = K(C/T) \end{aligned} \quad (6.14)$$

Donde :

$\alpha(T)$ es el valor del espectro normalizado de respuesta elástica.

T es el período propio del oscilador en segundos.

K es el coeficiente de contribución, según la figura 2.1 y el anejo 1 de la NCSR-02.

C es el coeficiente del terreno, que tiene en cuenta las características geotécnicas del terreno de cimentación, según el apartado 2.4 de la NCSR-02.

T_A, T_B son los períodos característicos del espectro de respuesta de valores:

$$\begin{aligned} T_A &= K(C/10) \\ T_B &= K(C/2,5) \end{aligned} \quad (6.15)$$

En la norma, el tipo de terreno en el emplazamiento se clasifica de la siguiente manera:

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_S > 750$ m/s. Coeficiente $C(1,0)$.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. $700 \text{ m/s} \geq V_S > 400$ m/s. Coeficiente $C(1,3)$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. $400 \text{ m/s} \geq V_S > 200$ m/s. Coeficiente $C(1,6)$.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. $V_S \leq 200$ m/s. Coeficiente $C(2,0)$.

Los terrenos tipo I pueden asimilarse a roca, los tipo II a suelo duro y los tipos III y IV a suelo blando y suelo muy blando según la clasificación propuesta por Boore *et al.* (1993).

En las siguientes figuras se compara el espectro de respuesta de aceleración obtenidos según la norma NCSR-02 y los obtenidos:

- 1.- Según el método propuesto para roca y suelo duro, en Sevilla y Granada.
- 2.- Según la ley de atenuación de Ambraseys *et al.*, (2005) para suelo duro en Sevilla y Granada.

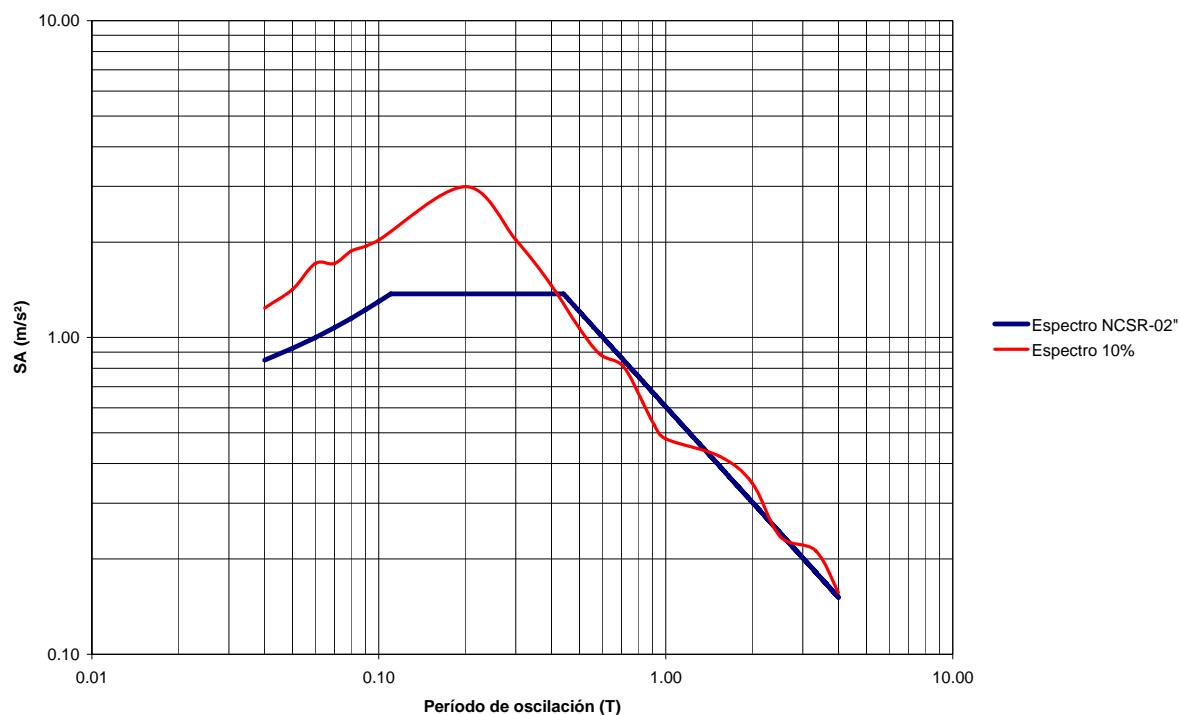


Figura 6.25. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en roca, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno).

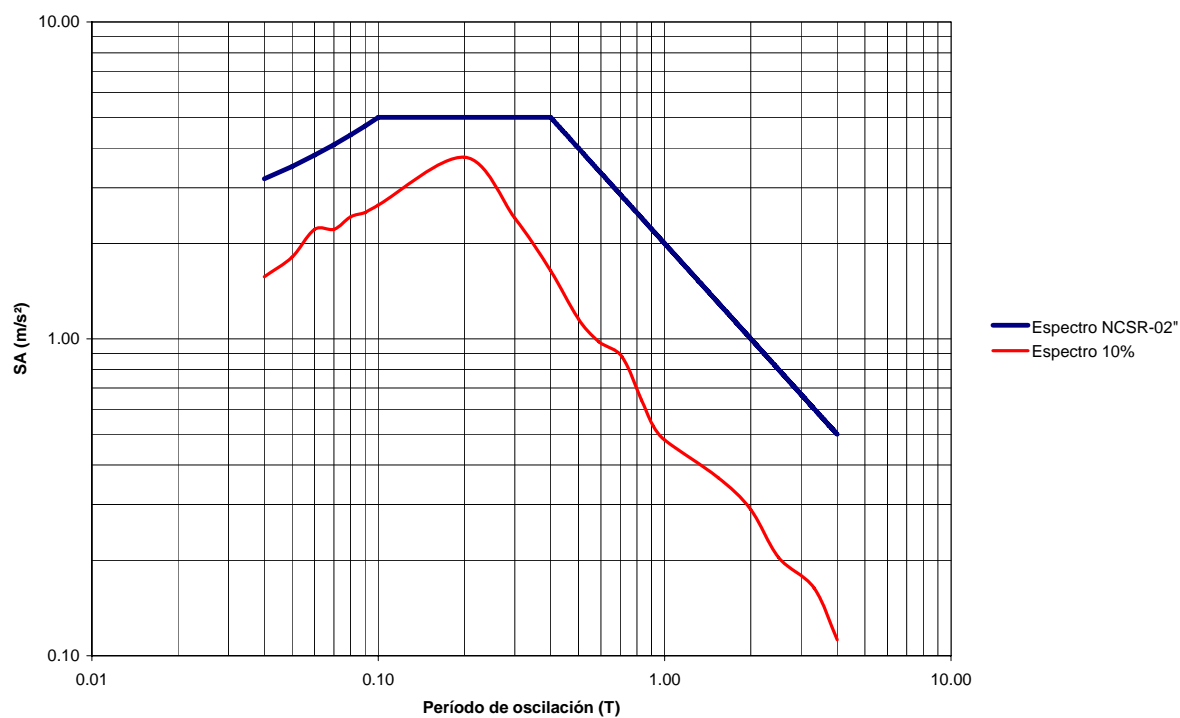


Figura 6.26. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en roca, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno).

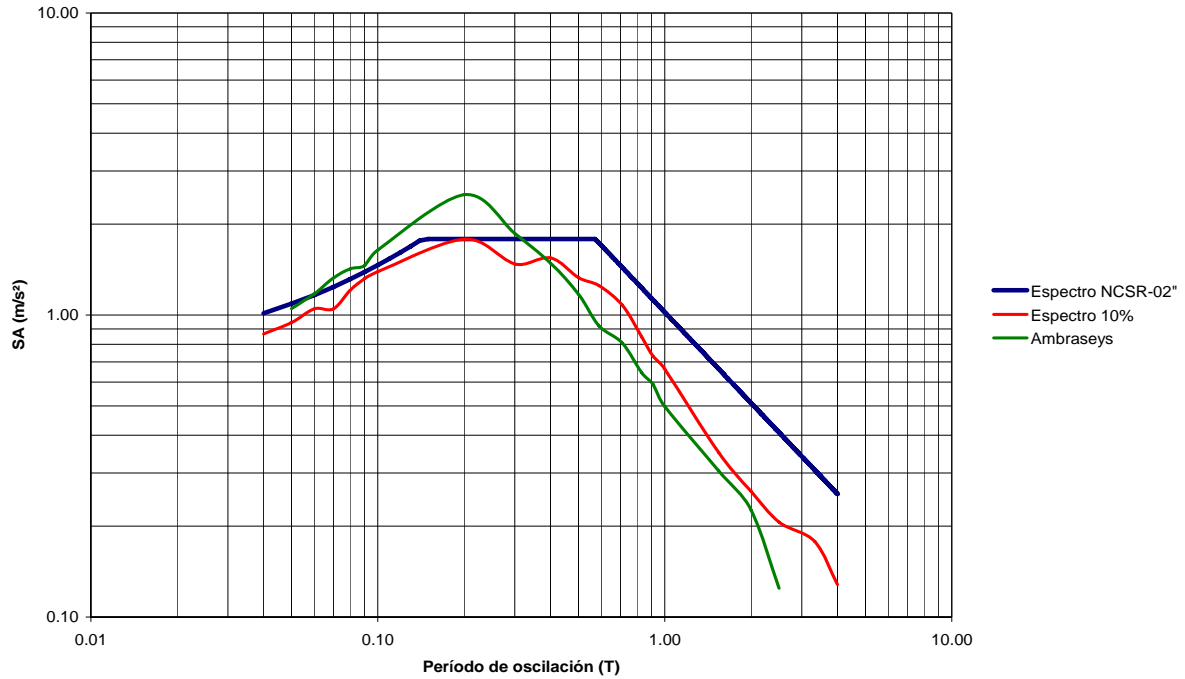


Figura 6.27. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Sevilla, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en suelo duro, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno) y con el espectro calculado con la ley de atenuación de Ambraseys *et al.*, (2005).

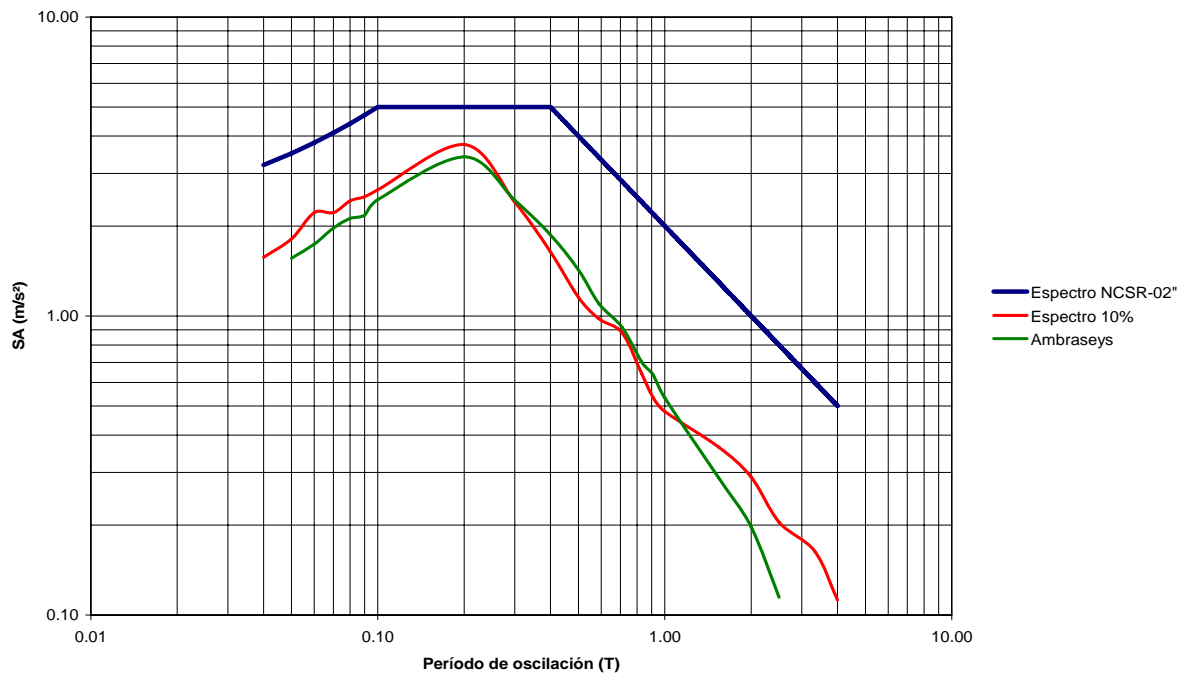


Figura 6.28. Comparación del espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme para Granada, probabilidad de superación 10%, amortiguamiento 5%, en suelo duro, período de exposición 50 años (475 años de período de retorno) con el espectro de cálculo de la NCSR-02 (500 años de período de retorno) y con el espectro calculado con la ley de atenuación de Ambraseys *et al.*, (2005).

6.5 Conclusiones.

El método propuesto para la obtención de acelerogramas de cálculo proporciona acelerogramas reales, registrado en el mismo tipo de terreno que en la localización, y que además, son compatibles con el espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme calculado en dicho emplazamiento.

Según se puede observar de la comparación de los espectros de respuesta de aceleración para Sevilla y Granada, según el tipo de terreno (fig. 6.10 y 6.11), para períodos inferiores a 0,20s no existe casi diferencia en cuanto al valor de aceleración para los distintos tipos de terreno. Dicha diferencia se hace máxima para los períodos intermedios (0,40 a 1,00s) y vuelve a diluirse para los períodos superiores a 2,00 s. El máximo valor del espectro de respuesta de aceleración se obtiene para un período de 0,20-0,30s.

De la comparación, según el tipo de terreno entre Sevilla y Granada (fig. 6.12 a 6.14), se puede extraer la siguiente conclusión: a medida que aumenta el período, la diferencia en el valor del espectro de respuesta de aceleración se hace menor. Para roca y suelo duro, el valor máximo de SA se obtiene para un período de 0,20s. En suelo blando y muy blando, el máximo de SA corresponde con un período de 0,30s.

Se ha utilizado el método propuesto para estimar acelerogramas de cálculo para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para un período de retorno de 974 años, según puede observarse en las figuras 6.15 a 6.24. El tipo de terreno en el emplazamiento es roca, en concordancia con los valores de los ensayos in situ de la velocidad de las ondas transversales en el talud ($V \geq 800$ m/s). En las tablas 6.3 a 6.5 se muestra la información relativa a los registros de los terremotos que producen el mejor ajuste. Se puede observar el buen ajuste obtenido ya que el valor de la desviación típica (s) es muy bajo, con un mínimo de 0,011 para el registro 990.

Por último se han comparado los espectros de respuesta de aceleración de peligrosidad sísmica uniforme en Sevilla y Granada para un período de retorno de 475 años en roca y suelo duro, calculados con las leyes obtenidas en este texto y las obtenidas por Ambraseys *et al.*, (2005), con el espectro de cálculo de la NCSR-02 para 500 años de período de retorno. La

norma adopta un valor de $a_b/g = 0,07$ para Sevilla y de $a_b/g = 0,23$ para Granada. Se puede observar el buen ajuste obtenido para Sevilla. Sin embargo, el valor del espectro de la norma es mayor en el caso de Granada que el obtenido por este método. Ello es debido a que en el intervalo de tiempo (1978-2007) para el que se ha calculado el valor de b de la ley de Gutenberg-Richter no se han producido terremotos importantes. Según se observa en los valores obtenidos para la depresión de Granada en la tabla 2.3 (zona sismogénica 1) los terremotos en esa zona son abundantes aunque de magnitud moderada. Asimismo, se observa que no existen diferencias significativas entre el espectro de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme obtenido mediante las leyes de atenuación obtenidas en este texto y las propuestas por Ambraseys *et al.*, (2005).

Capítulo 7

Análisis dinámico de la estabilidad del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada

7.1 Introducción

La Alhambra de Granada es uno de los monumentos nacionales más importantes. El monumento, Patrimonio de la Humanidad, está situado sobre una colina que domina la depresión de Granada. El río Darro fluye hacia el interior de la depresión y se sitúa en la parte occidental de La Alhambra. Las murallas de La Alhambra, situadas al este de Granada, están próximas al talud generado por la incisión del río Darro. La inestabilidad de taludes al oeste de la colina de La Alhambra ha sido un problema crítico desde la construcción del palacio. En esta zona se ubica el Tajo de San Pedro, que es el talud más empinado de la colina. Es un diedro de 65,5 m de altura que ha evolucionado hasta situarse a 23,8 m de las murallas del

palacio de La Alhambra. Es fruto de las riadas del río Darro, la tectónica, la erosión y, quizás, de las filtraciones provenientes del palacio de La Alhambra.

El análisis dinámico mediante elementos finitos se puede considerar la herramienta más completa para la estimación de la respuesta sísmica de un sistema geotécnico, ya que se puede obtener información de la distribución de tensiones y de la deformación. Sin embargo, requiere un modelo constitutivo del suelo adecuado, una caracterización adecuada del suelo a través de pruebas in situ y de laboratorio, y una definición adecuada de los datos sísmicos.

7.2 Marco teórico

7.2.1 Geografía, geología y tectónica

El palacio de La Alhambra fue construido en la cima de una colina. El Tajo de San Pedro corta una serie de niveles conglomeráticos densos que constituyen la llamada formación Alhambra de edad Plioceno inferior a Pleistoceno, y corresponden a abanicos aluviales procedentes de la erosión de Sierra Nevada

La ciudad de Granada está situada en la base de la colina de La Alhambra, en el borde de una zona plana, conocida como depresión de Granada producida por una densa fracturación en el Pleistoceno medio y superior. Este área se rellenó de sedimentos hace medio millón de años.

Los mecanismos focales de los terremotos modernos indican unos estados actuales de deformaciones de extensión con dirección principal NE-SO, compatibles con la existencia de varias fallas activas normales de dirección NO-SE en los alrededores de La Alhambra.

7.2.2 Origen y evolución del Tajo de San Pedro

El Tajo de San Pedro es consecuencia de las avenidas del río Darro, la tectónica, la erosión y, tal vez, de las filtraciones y escorrentías procedentes de La Alhambra. La tectónica extensiva produce fracturas que han favorecido el ataque del talud de La Alhambra por el río Darro durante las crecidas, formando el cauce una curva convexa hacia el tajo.

Existen varios desprendimientos documentados desde 1524 cuando un incendio destruyó la vegetación, dejando la colina desprotegida. Del grabado de Hüfnagel de 1564 se puede deducir que la cuña de retroceso del Tajo se encontraba a unos 60 m en horizontal de la muralla de La Alhambra, y que la altura total del talud eran unos 33 m. Los desprendimientos documentados citan como causa: vertidos, reblandecimientos producidos por el agua que circula por la acequia de Santa Ana, explosiones, escorrentías o filtraciones de la propia Alhambra.

El retroceso horizontal medio de la cuña es de 8 cm/año (Justo *et al.*, 2007).

7.2.3 Situación actual

En la actualidad, una serie de fallas normales activas con saltos de unos 60 cm, cruzan el Tajo de San Pedro. Una de estas fallas, cuya dirección es N 158° constituye la cara oeste del diedro. El salto de falla de la cara este es de 7m.

El régimen tectónico de extensión produce una reducción de las tensiones horizontales en el talud, que puede alcanzar un valor próximo a cero. Las juntas abiertas en el Tajo son una vía de escape de las filtraciones del palacio.

7.2.4 Soluciones propuestas

El peligro que supone la evolución de la cuña para la muralla de La Alhambra ha sido advertido desde hace muchos años. Desde 1520 se han propuesto las siguientes soluciones (Justo *et al.*, 2008):

- Terraplenes o muros en el pie para protegerlo de las crecidas del río.
- Prohibir el riego del bosque de La Alhambra.
- Desviar el río.
- Un muro de tierra armada en el pie y una malla de triple torsión anclada en cabeza.
- Un muro ecológico combinado con drenes californianos, hidro-siembra, micropilotes de refuerzo y tratamiento acrílico de la superficie.

- Inyecciones a través de tubos de acero sub-paralelos al talud y regulación del río.

Justo *et al.*, 2008 advierten de los inconvenientes y del impacto ambiental que generarían dichas soluciones.

Desde hace poco tiempo se emplean mallas de alambre ancladas para proteger laderas (Muñoz y Torres Vila, 2000). Es un método barato y quizás el único posible para taludes altos y empinados. Existen dos tipos de mallas:

- Redes de cables. Tienen el inconveniente de su difícil integración con la vegetación del Tajo.
- Mallas de alambre de alto límite elástico. Es una malla romboidal que aplica una presión sobre el talud mediante anclajes postensados aislados o reforzados por cables. Es la solución propuesta por Justo *et al.*, 2008 ya que evita la erosión del conglomerado y ocasiona un impacto visual aceptable.

7.2.5 Factor de seguridad

Justo *et al.*, 2008 han realizado cálculos estáticos y pseudo-dinámicos de la estabilidad del talud. Para ello utilizaron el programa Geo-Slope y el método de Morgenstern y Price, con diferentes presiones de malla aplicadas sobre la ladera. El factor de seguridad para el cálculo estático varía desde 1,35-1,42 sin aplicar presión sobre la ladera, hasta 1,55-1,70 para una presión de 30 kPa. Si no se aplica presión en el talud, el factor de seguridad bajo condiciones dinámicas es inferior a 1, para una presión de 30 kPa el factor de seguridad es 1,13-1,17.

7.3 Marco metodológico

7.3.1 Propiedades geotécnicas

Justo *et al.*, 2005 realizaron dos sondeos en la parte superior del talud y pudieron comprobar la existencia de las siguientes capas desde la parte superior a la parte inferior del perfil geológico:

1.- Conglomerado denso, con un tamaño de partículas máximo de 100 mm y una recuperación de la muestra del 100%, de matriz limosa de color marrón a gris claro.

2.- Conglomerado muy denso, con un tamaño de partículas máximo de 5-8 cm y una recuperación de la muestra del 100%, de matriz limo-arcillosa de color marrón-rojizo.

3.- Conglomerado moderadamente denso, con una recuperación de la muestra del 60%, de matriz limosa de color marrón a gris claro.

4.- Conglomerado de grava y arena muy denso, de matriz limosa de color marrón a gris claro y permeabilidad variable.

4a.- Capas de arcilla de un metro de espesor, intercaladas en la capa 4. Recuperación de la muestra del 100%.

En la tabla 7.1 se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras tomadas por Justo *et al.*, 2005.

Propiedades medias de las capas del conglomerado de La Alhambra

Número de capa	k(m/s)	Clasificación			Resistencia			Placa de carga		Tests del presiómetro			Geofísico			
		<0,08 mm (%)	w _L	I _p	USCS	Drenado			Carga	Desc.	E _M	P _i * (kPa)	Φ'est. (°)	V _p (m/s)	V _s (m/s)	E _d (MPa)
						σ _{ci} (kPa)	c' (kPa)	Φ' (°)								
1	3x10 ⁻⁷	12,6	22	6	GC-GM				397	1772	60	2700	38	1500	800	3700
2	9x10 ⁻⁶	22,0	24	6	GC-GM				601	2683			40	2000	860	5600
3	2x10 ⁻⁷ *	27,8	22	2	SM				397	1772	33	2300	37	1500	800	3700
4	6x10 ⁻¹⁰ *	35,2	21	7	SC-SM GM				891	3976	115	7400	44	2400	1150	8300
4a	7,7x10 ⁻⁷	79,4	28	11	CL	394	34,5	33,4°	109	485	42	4500	41	1500	800	3700

Tabla 7.1. Propiedades medias de las capas del conglomerado Alhambra. * = drenaje libre, est. = estimado, p_i* = presión límite de red del presiómetro, E_M = módulo de deformación del presiómetro, V_p = velocidad de onda longitudinal, V_s = velocidad de las ondas transversales, E_d = módulo de deformación dinámico, σ_{ci} = fuerza de compresión uniaxial.

7.3.2 Selección de acelerogramas

Se han utilizado los acelerogramas seleccionados en el capítulo 7 para el Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada para realizar un análisis dinámico de la estabilidad del talud. Los acelerogramas seleccionados fueron registrados en estaciones situadas sobre roca (V_s ≥ 750 m/s), para una probabilidad de superación del 5% y un período de exposición de 50 años, lo que equivale a un período de retorno de 974 años. A modo de resumen se expone la siguiente tabla donde se indica el factor de escala que hace mínima la desviación típica (f) y la desviación típica (s).

Acelerograma	Factor de escala (f)	Desviación típica (s)
128	1,20	0,017
201	1,15	0,088
361	1,23	0,029
365	1,13	0,131
990	1,22	0,011
5826	1,13	0,130

Tabla 7.2. Acelerogramas seleccionados para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

Nótese que de los diez acelerogramas seleccionados en el capítulo 7, el cálculo dinámico sólo se ha podido realizar con seis de los mismos ya que no se dispone del formato adecuado para los acelerogramas 6265, 6270, 6331 y 7480.

En las figuras 7.1 a 7.6 se representan los acelerogramas seleccionados.

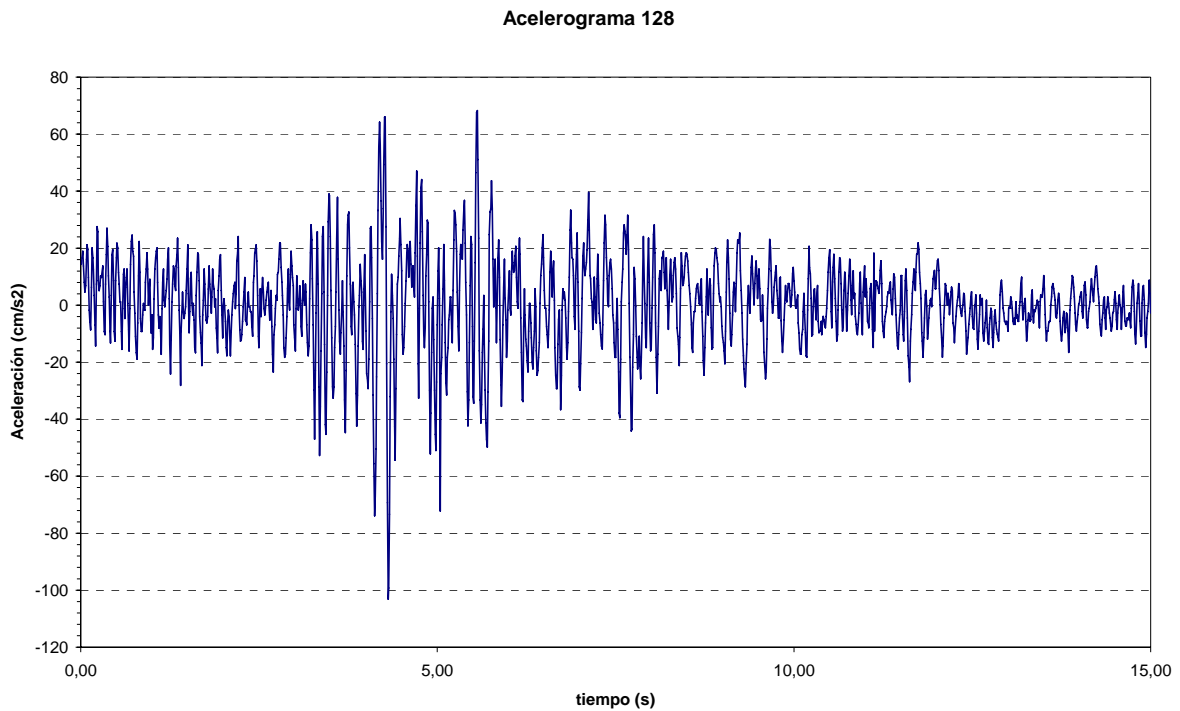


Figura 7.1. Acelerograma (128) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

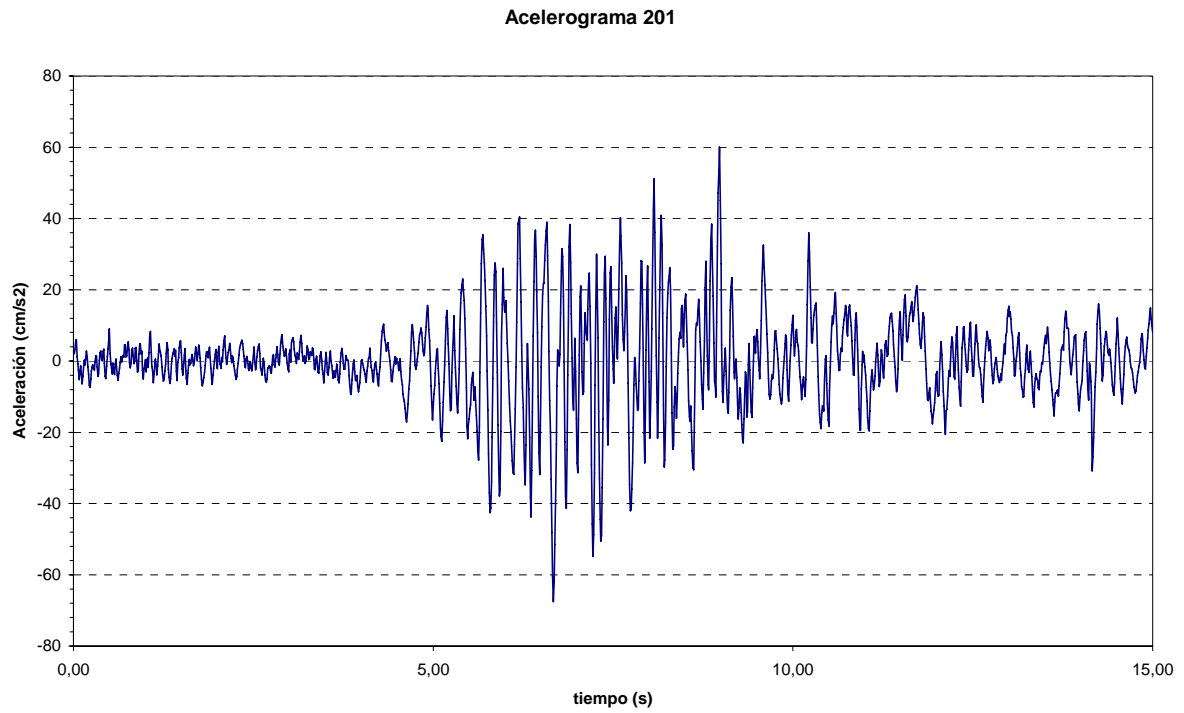


Figura 7.2. Acelerograma (201) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

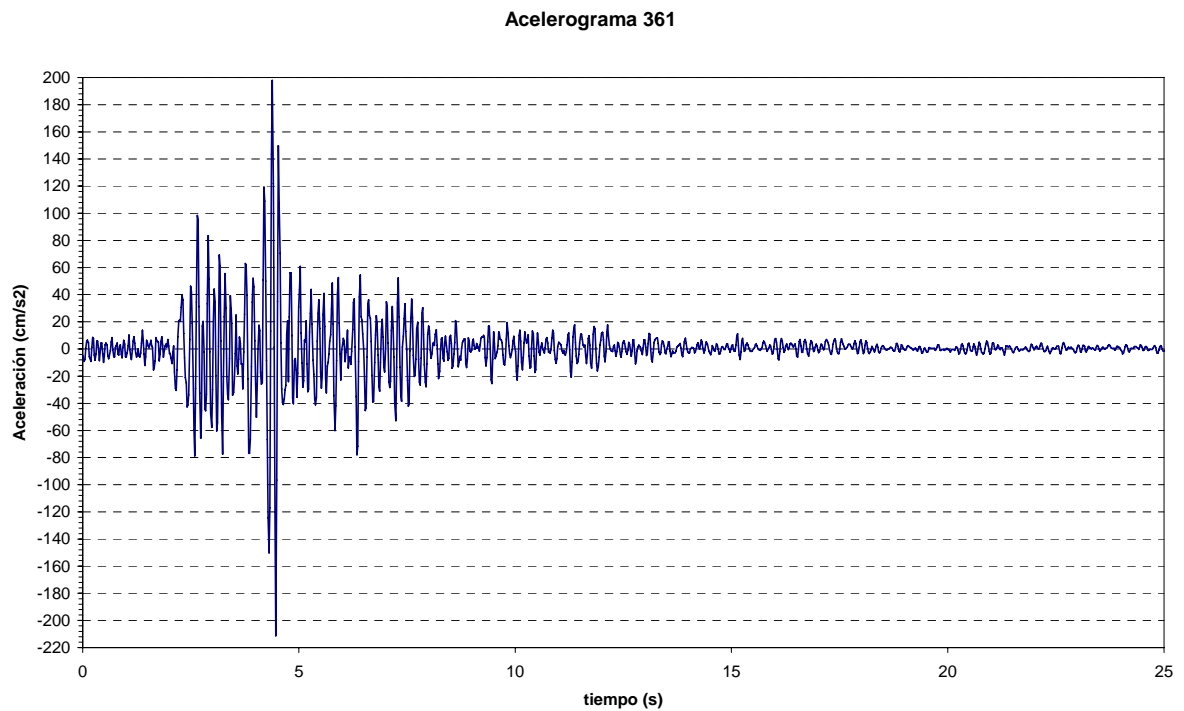


Figura 7.3. Acelerograma (361) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

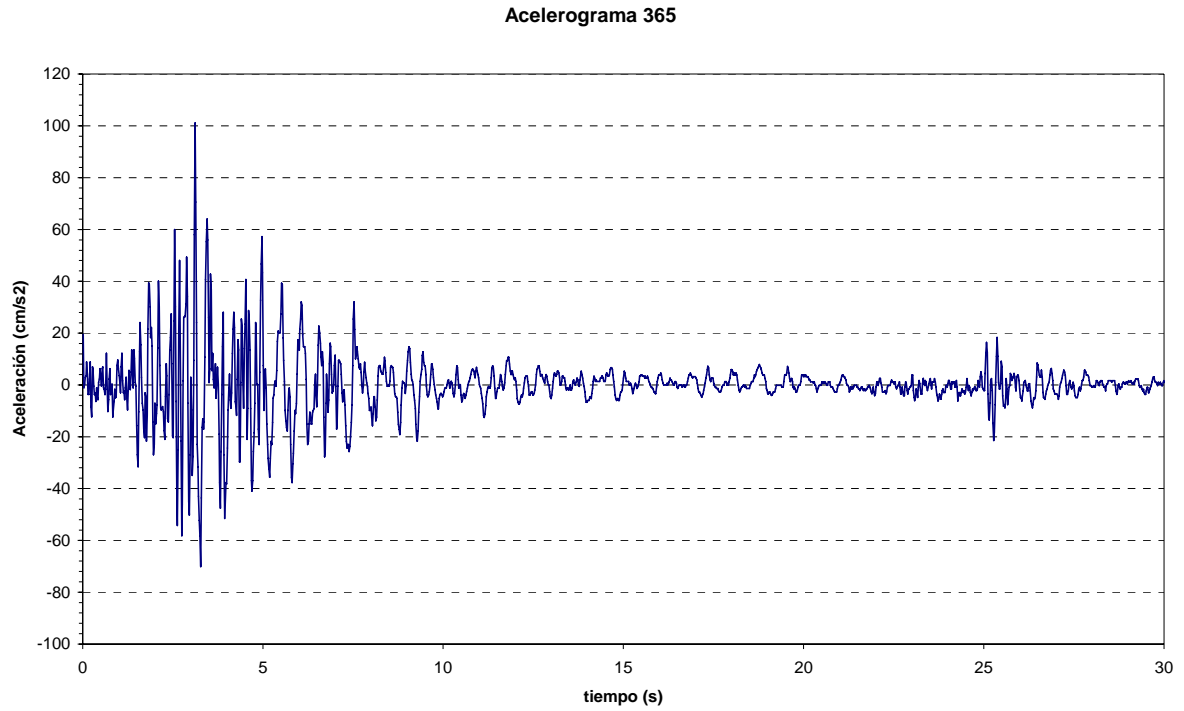


Figura 7.4. Acelerograma (365) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

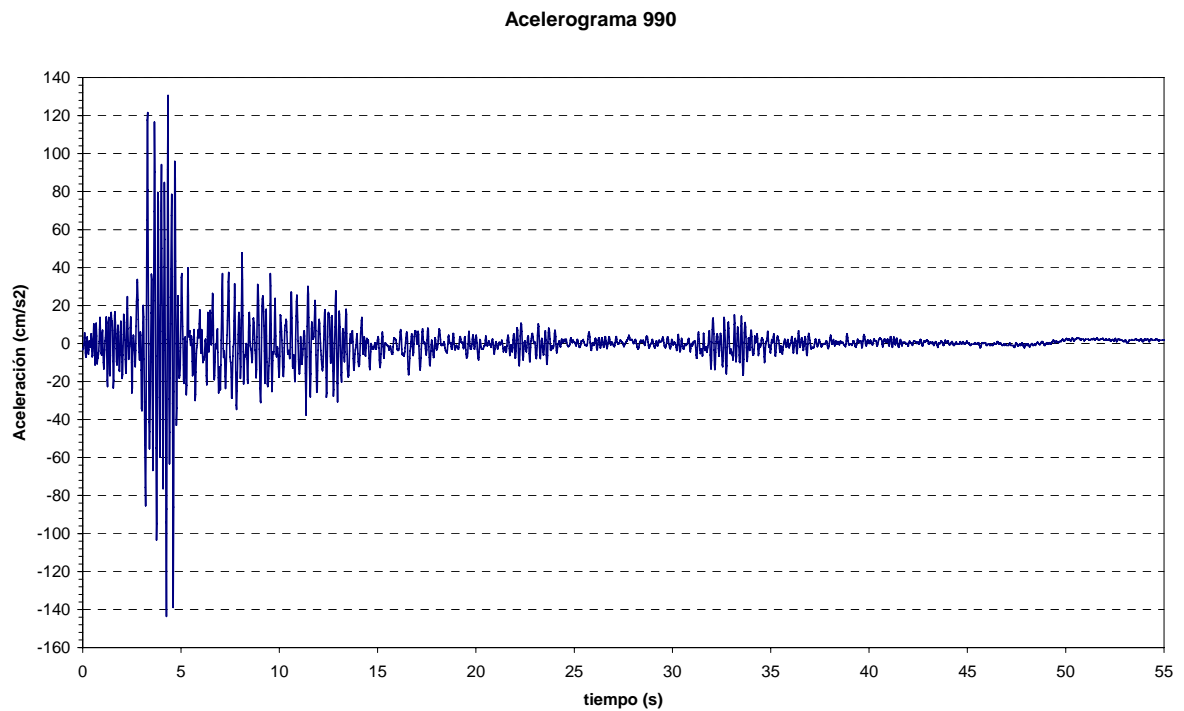


Figura 7.5. Acelerograma (990) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

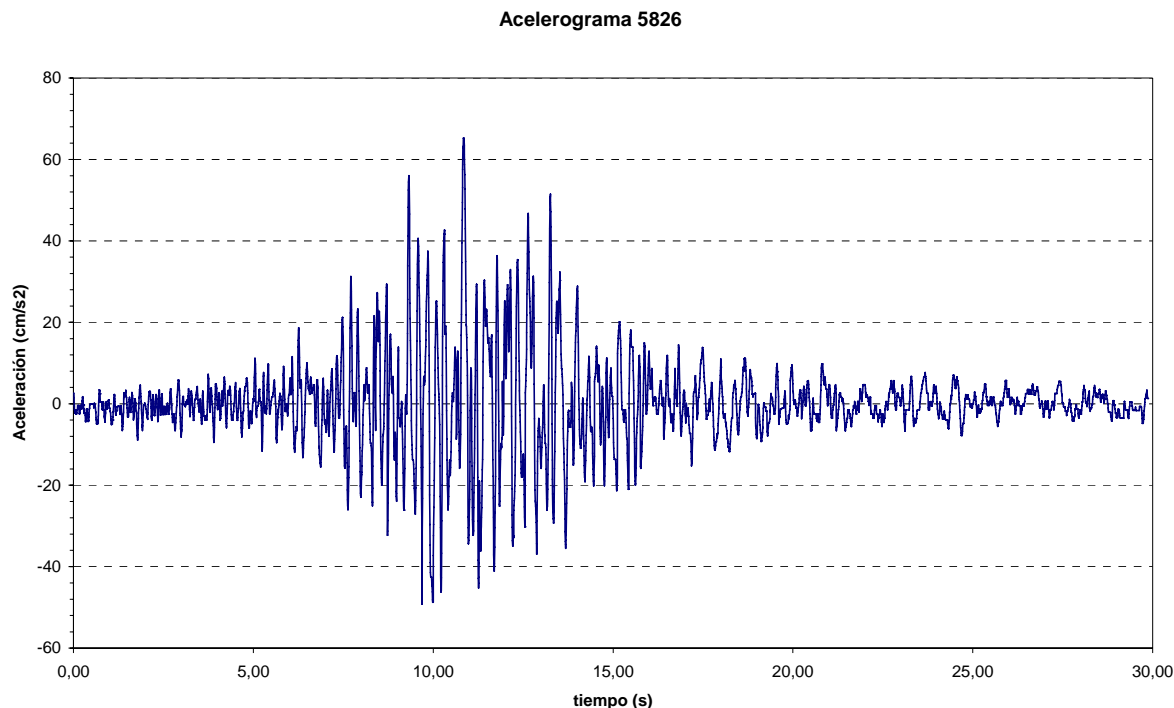


Figura 7.6. Acelerograma (5826) para el tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

7.3.3 Cálculo dinámico mediante el programa Plaxis.

Se ha utilizado el programa Plaxis para realizar un análisis del comportamiento dinámico del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada sometido a un acelerograma seleccionado según la metodología propuesta en el capítulo 7.

La generación de la malla es automática en Plaxis y se basa en un proceso de triangulación bastante robusto. Para las mallas utilizadas en este análisis, el tipo de elemento básico es el elemento triangular de 15 nodos. La densidad de malla es fina.

El “tamaño medio del elemento” (*Average Element Size*, AES) representa la longitud media del lado del elemento utilizado y es una dimensión media, que es representativa del grado de refinamiento de la malla.

Cada vez que se lleva a cabo un análisis numérico, se debe comprobar la influencia de la malla. Kuhlmeier y Lysmer (1973) sugirieron tomar un tamaño de elemento no superior a $\lambda/8$, donde λ es la longitud de onda correspondiente con la máxima frecuencia f de interés. En

este caso $\lambda/8 = V_s/8f = 50$ m, siendo $V_s = 800$ m/s y $f = 2$ Hz (ver tabla 5.3). En el análisis de este trabajo se utilizó $AES = 6,56$ m.

En Plaxis el amortiguamiento del material se simula mediante la formulación de Rayleigh. La matriz de amortiguamiento C se asume que es proporcional a la matriz de masa M y a la matriz de rigidez K mediante los coeficientes α_R y β_R según la siguiente relación:

$$C = \alpha_R M + \beta_R K \quad (7.1)$$

Existen muchos criterios para determinar los coeficientes de Rayleigh (Lanzo *et al.*, 2004; Park y Hashash, 2004; Amorosi *et al.*, 2007). En términos de la frecuencia, la respuesta dinámica de un sistema está muy afectada por la elección de estos parámetros.

Park y Hashash, 2004 realizan un estudio en profundidad sobre la formulación del amortiguamiento del suelo. Para tres columnas de 100 m, 500 m y 1000 m, respectivamente, representativas de la bahía del Misisipi, utilizaron un amortiguamiento constante de 1,8% y decreciente con la profundidad. Visone *et al.*, 2008 utilizan un amortiguamiento del 2% para una capa de suelo sobre una base de roca rígida. En este estudio se ha empleado un amortiguamiento del 2%.

Los cálculos dinámicos mediante programas de elementos finitos se formulan normalmente mediante la formulación de Rayleigh. Este método tiene la dificultad de controlar el amortiguamiento actual del modelo numérico. Visone *et al.*, 2008 demuestran que una posible solución para limitar esta incertidumbre es suponer que $\beta_R = 0$ y sólo cambiar α_R , para modelar el amortiguamiento del material con una aproximación razonable. En el modelo empleado en este análisis se han tomado los siguientes coeficientes para todos los estratos: $\alpha_R = 0,02$ y $\beta_R = 0$.

La formulación de la integración con el tiempo constituye un factor importante en la estabilidad y exactitud del proceso de cálculo. Se utilizan tanto métodos de integración implícitos como explícitos. La ventaja de la integración explícita es que es relativamente simple de formular. Sin embargo, las desventajas son que el proceso de cálculo no es robusto e impone serias limitaciones en los pasos de cálculo. Los métodos implícitos son más

complicados, pero producen un proceso de cálculo más fiable y normalmente más exacto. En Plaxis, se utiliza el sistema de integración con el tiempo implícito de Newmark.

Suelo	Modelo	Tipo	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	K_x, k_y (m/día)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (kN/m ²)	φ (°)	ψ (°)
1	M-C	Drenado	21	21	0	3,97E5	0,30	98	37	7
2	M-C	Drenado	23	23	0	8,91E5	0,35	84	44	14
3	M-C	Drenado	22	22	0	3,97E5	0,30	96	38	8
4	M-C	Drenado	22	22	0	6,01E5	0,35	92	40	10
5	M-C	Drenado	20	20	0	2,00E4	0,30	15	38	8

Tabla 7.3. Valores del suelo introducidos en Plaxis. 1 = conglomerado moderadamente denso, 2 = conglomerado con grava, 3 = conglomerado denso, 4 = conglomerado muy denso, 5 = derrubios, M-C = Mohr-Coulomb.

En la tabla 7.3 se describen los valores que se han introducido en el programa Plaxis para el análisis dinámico para las capas que forman el conglomerado Alhambra. La figura 7.7 representa las capas que componen el talud junto con los anclajes, el bulbo de anclaje y la malla que se proponen. En la figura 7.8 se representa, además, la discretización en elementos finitos y los puntos empleados en el análisis, que realiza el programa, para una densidad de malla fina.

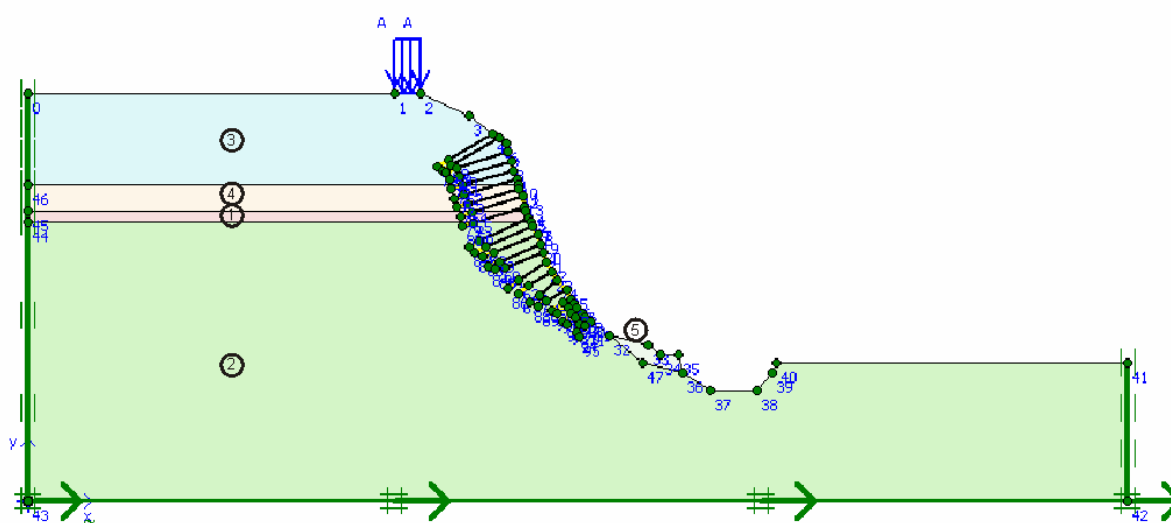


Figura 7.7. Modelo del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

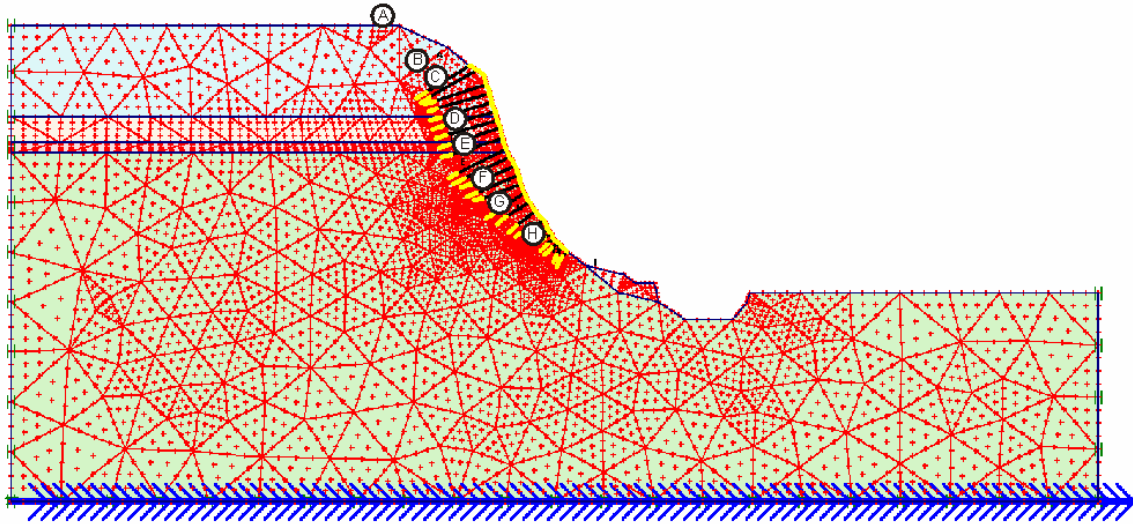


Figura 7.8. Discretización del modelo y puntos empleados en el análisis.

El programa Plaxis es un programa de elementos finitos que permite la introducción de un acelerograma mediante un archivo con formato ASCII o SMC. Este tipo de problemas se simulan utilizando un modelo de tensión plano. Para ello aplica en la base un desplazamiento en función del tiempo fruto de la integración del acelerograma mediante el método de integración de Newmark (Plaxis, 2007). En la figura 7.9 puede verse la aceleración horizontal aplicada en el punto A (ver figura 7.8) fruto de la aplicación en la base del acelerograma 990, que ha sido transformado en desplazamientos mediante el método de integración de Newmark.

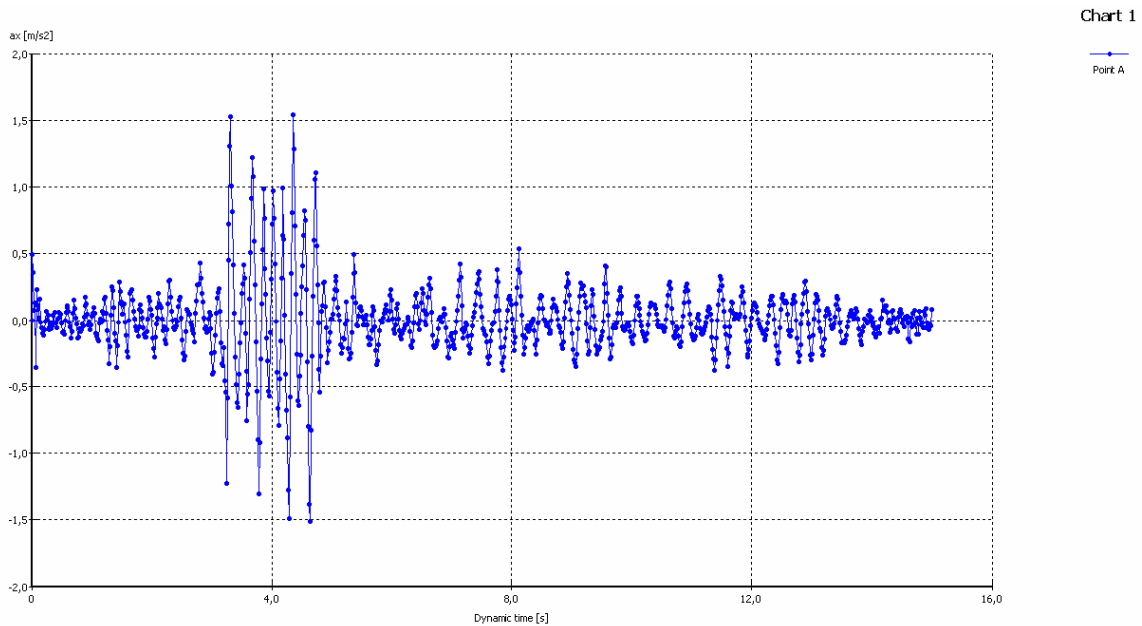


Figura 7.9. Aceleración horizontal versus tiempo en el punto A para el acelerograma 990.

Se han realizado las siguientes hipótesis de cálculo:

- Peso propio del talud.
- Peso propio + malla y anclajes.
- Peso propio + malla y anclajes + pretensado (125 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + pretensado (250 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + pretensado (375 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + pretensado (448 kN).
- Peso propio + terremoto norma.
- Peso propio + malla y anclajes + terremoto norma.
- Peso propio + malla y anclajes + terremoto norma + pretensado (125 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + terremoto norma + pretensado (250 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + terremoto norma + pretensado (375 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + terremoto norma + pretensado (448 kN).
- Peso propio + acelerograma.
- Peso propio + malla y anclajes + acelerograma.
- Peso propio + malla y anclajes + acelerograma + pretensado (125 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + acelerograma + pretensado (250 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + acelerograma + pretensado (375 kN).
- Peso propio + malla y anclajes + acelerograma + pretensado (448 kN).

7.4 Análisis de los resultados

7.4.1 Coeficiente de seguridad

El coeficiente de seguridad del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada obtenido mediante un cálculo pseudo-estático, utilizando el programa Plaxis, es 1,34, en su estado actual. Dicho valor se eleva hasta 1,55 al introducir los anclajes y la malla de alto límite elástico. En el caso de someter el talud a una aceleración horizontal, según la norma sismorresistente, el coeficiente de seguridad baja hasta 1,01 con los anclajes pretensados.

7.4.2 Análisis de los puntos de anulación de la tracción y puntos de plastificación

Las figuras 7.10 a 7.14 muestran el talud, en el instante en el que se produce el mayor número de puntos de anulación de la tracción y mayor número de puntos de plastificación, sometido al acelerograma dibujado en la parte inferior. En el acelerograma se indica el instante en que tiene lugar el mayor número de puntos de anulación de la tracción y puntos de plastificación. Se puede observar que dicho instante se produce, en todos los casos, tras la aceleración de pico máxima del acelerograma.

En la figura 7.10 se muestra el talud, sin anclajes, sometido al acelerograma 201 se puede observar como se producen bastante puntos de plastificación en la parte inferior y en la parte más superficial del talud.

En la figura 7.11 se dibuja el talud, con la malla y los anclajes pretensados 125 KN, y los puntos se concentran en la parte inferior y superior del mismo.

En las figuras 7.12 a 7.14 se muestra en talud, calculado con la malla y los anclajes pretensados 125 KN, y se puede observar como los puntos se concentran en la parte inferior y media del talud, siempre bastante superficialmente.

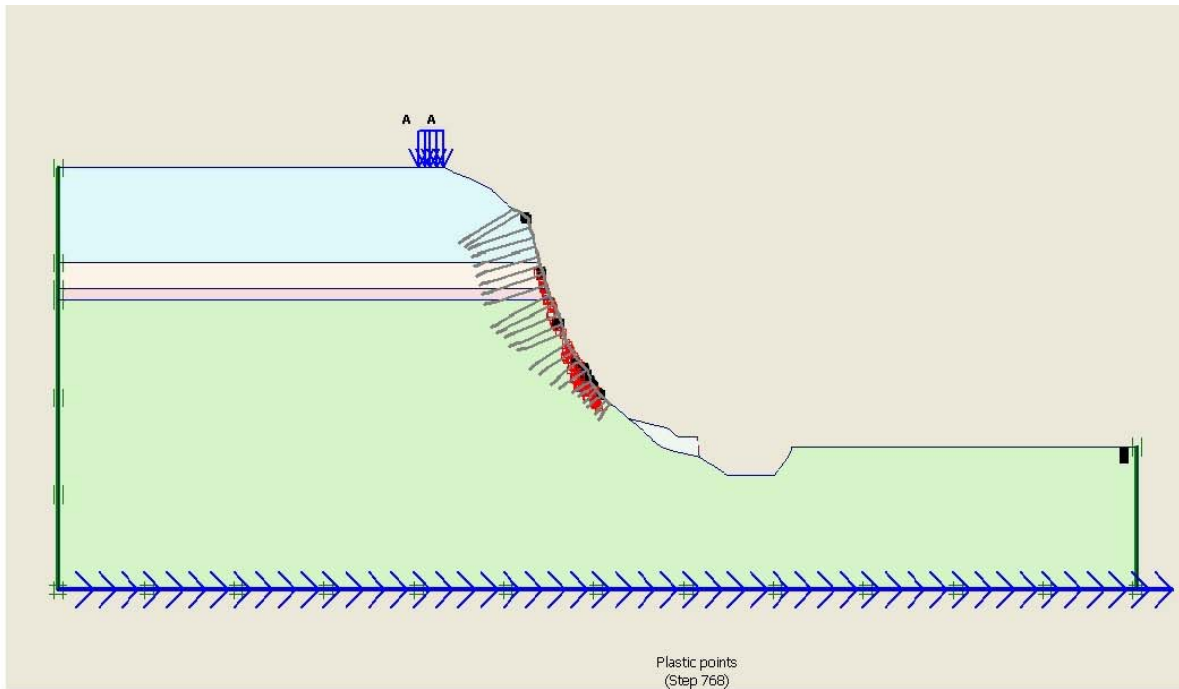
7.4.3 Análisis de las tensiones de corte relativas

Las tensiones de corte relativas en un punto son la relación entre la tensión cortante y la tensión de rotura, es decir, es un coeficiente que muestra lo cerca que está el punto de alcanzar su resistencia máxima y, por tanto, romperse. En la figura 7.15 se muestran las tensiones de corte relativas para el talud, sin la malla y sin los anclajes (superior), y con la malla y los anclajes pretensados 125 KN (inferior), sometido a su propio peso, se observa como la malla y el pretensado reducen las tensiones de corte relativas.

La figura 7.16 es idéntica a la figura 7.15 pero esta vez el talud está siendo sometido a una acción horizontal, concretamente se analiza con el acelerograma 201 en el instante para 7,0 s, (de modo similar a la figura 7.10), en este caso se observa igualmente como el pretensado

reduce significativamente las tensiones de corte relativas que se concentran a lo largo de toda la superficie anclada.

En las figuras 7.17 y 7.18 se analizan las tensiones de corte relativas para los instantes en los que se produce mayor número de puntos de plastificación y de anulación de la tracción, correspondientes con las figuras 7.11 a 7.14. Se observa como las mayores tensiones de corte relativas se concentran en la parte media e inferior del talud, siempre superficialmente, dentro de la superficie anclada.



- Puntos de anulación de la tracción
- Puntos del terreno plastificados

Acelerograma 201

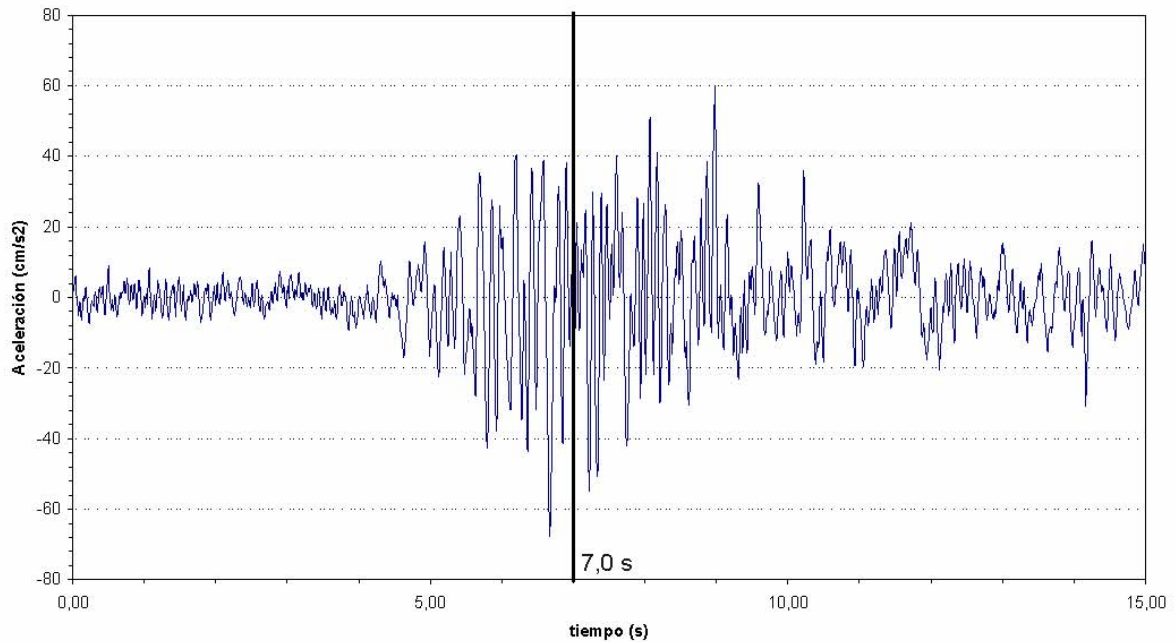
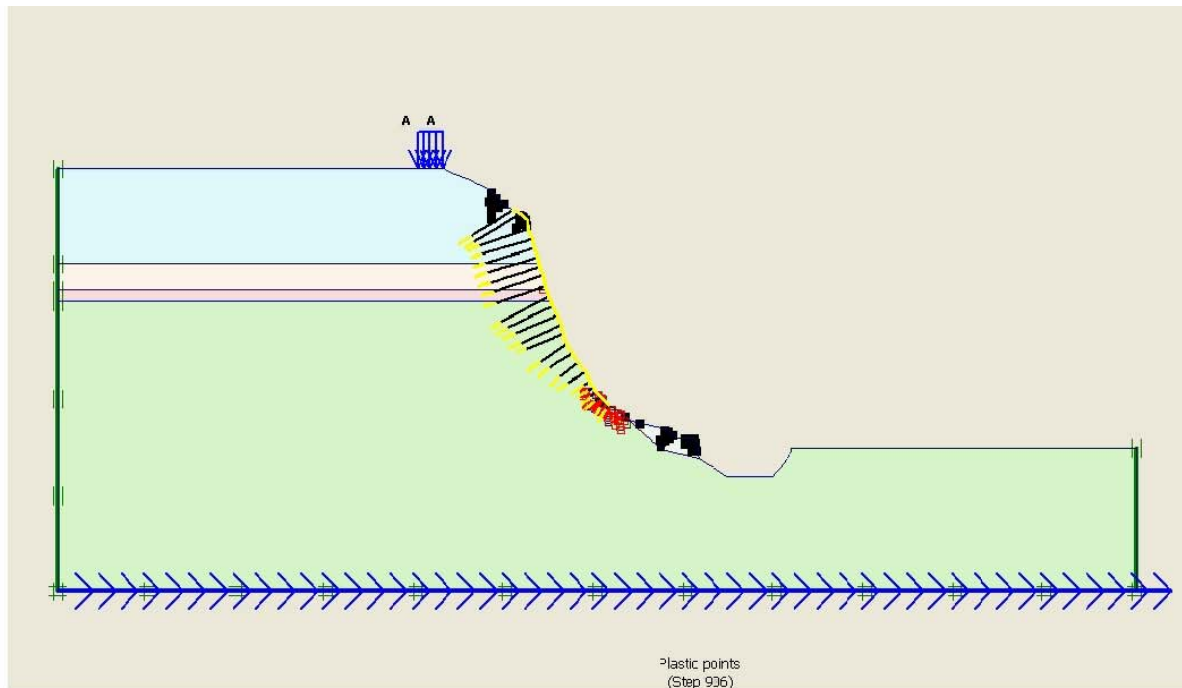


Figura 7.10. Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 201.



- Puntos de anulación de la tracción
- Puntos del terreno plastificados

Acelerograma 361

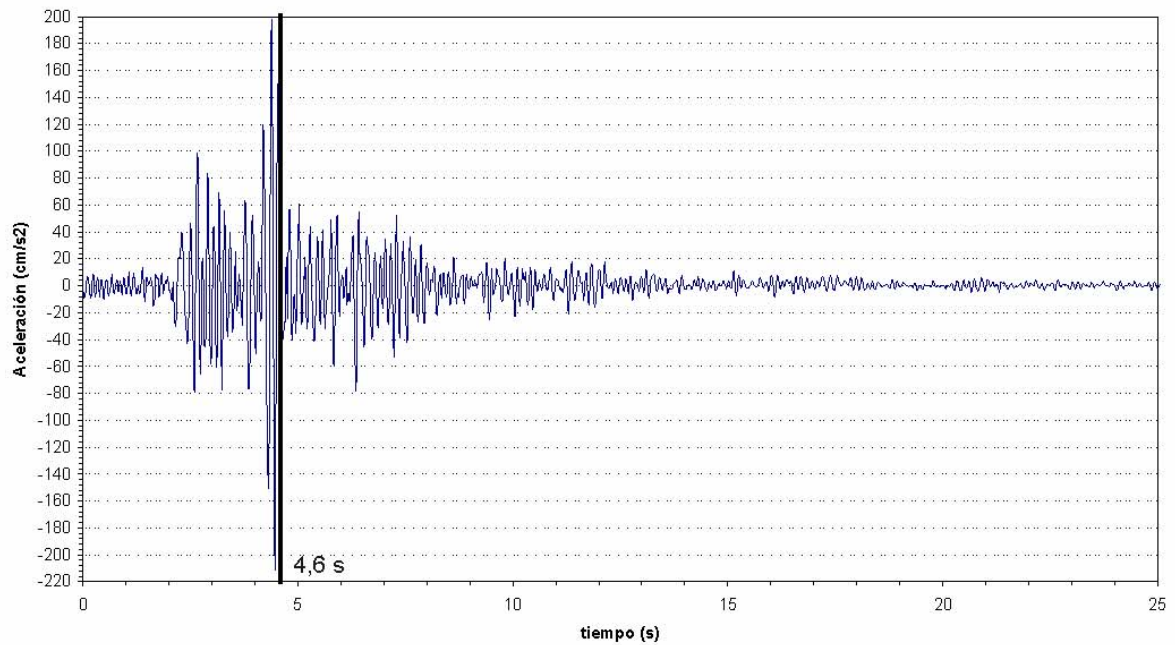
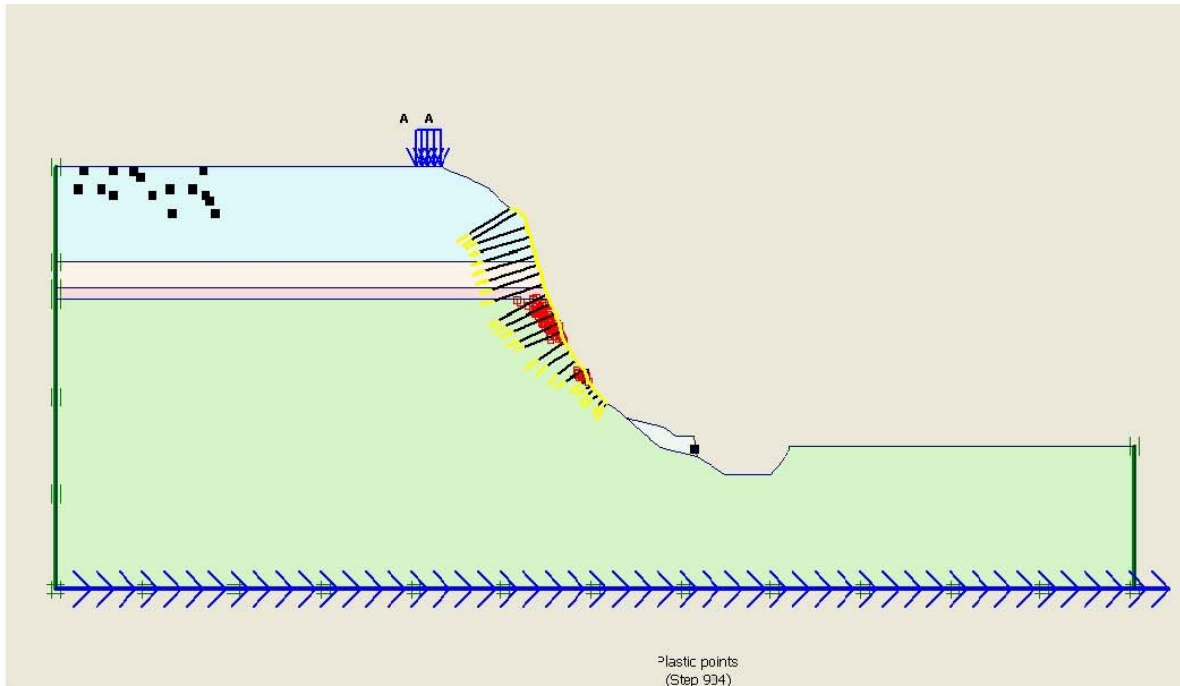


Figura 7.11. Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 361.



- Puntos de anulación de la tracción
- Puntos del terreno plastificados

Acelerograma 365

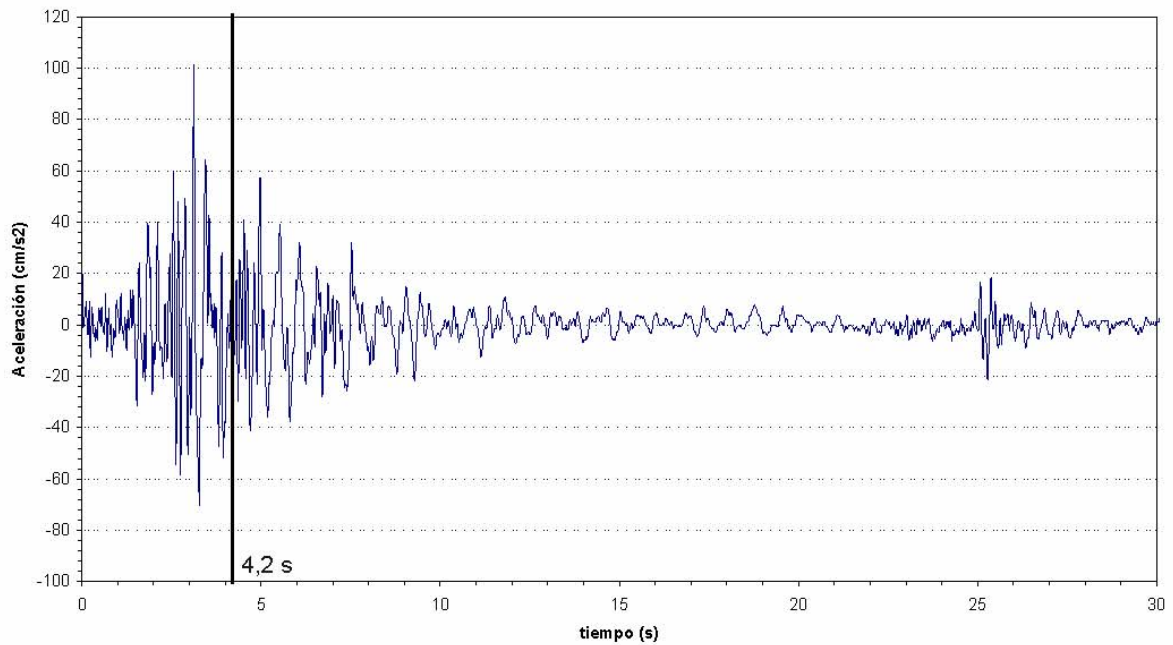
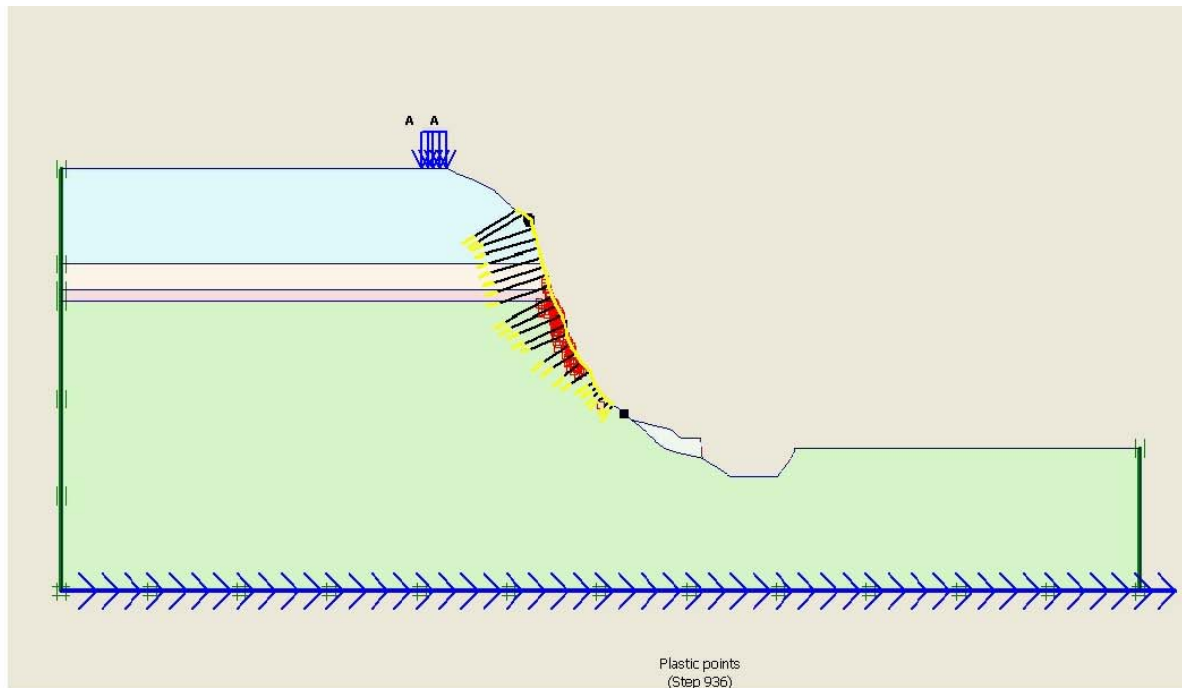


Figura 7.12. Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 365.



- Puntos de anulación de la tracción
- Puntos del terreno plastificados

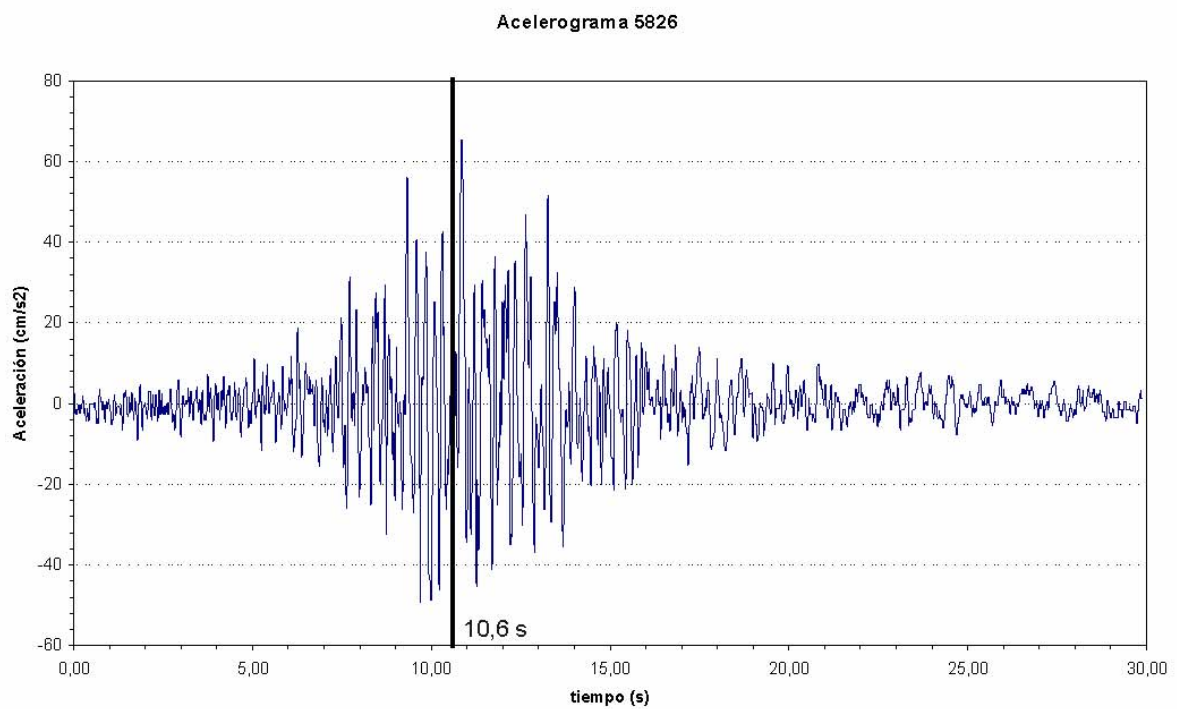
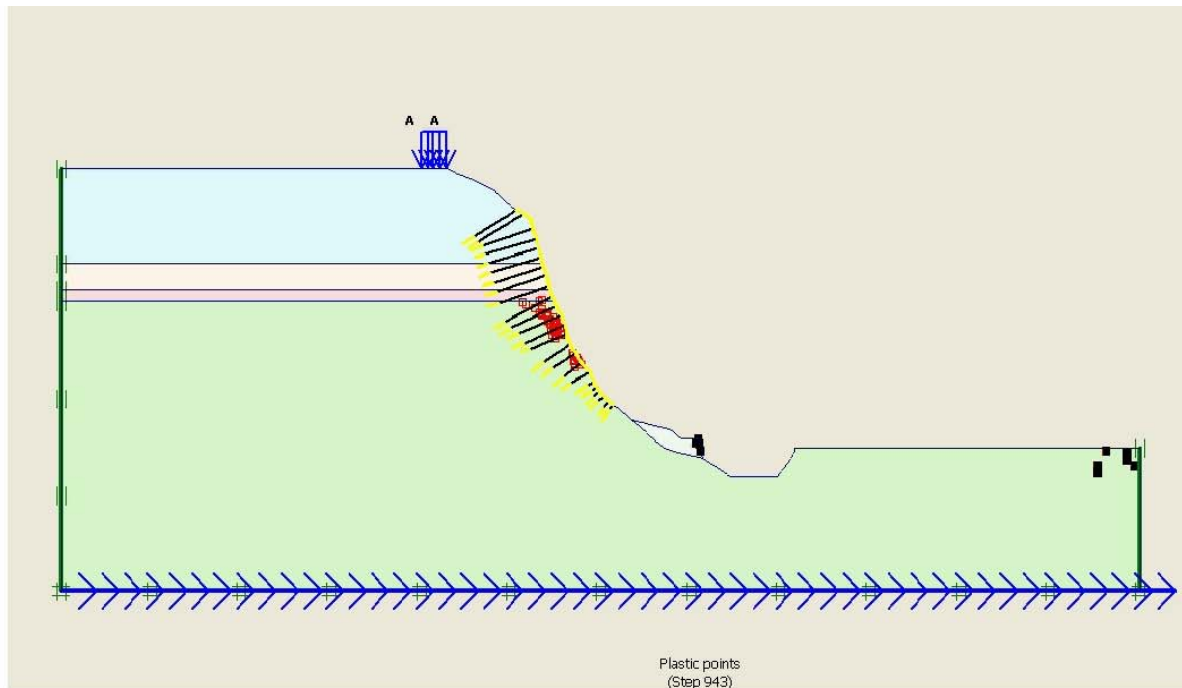


Figura 7.13. Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 5826.



- Puntos de anulación de la tracción
- Puntos del terreno plastificados

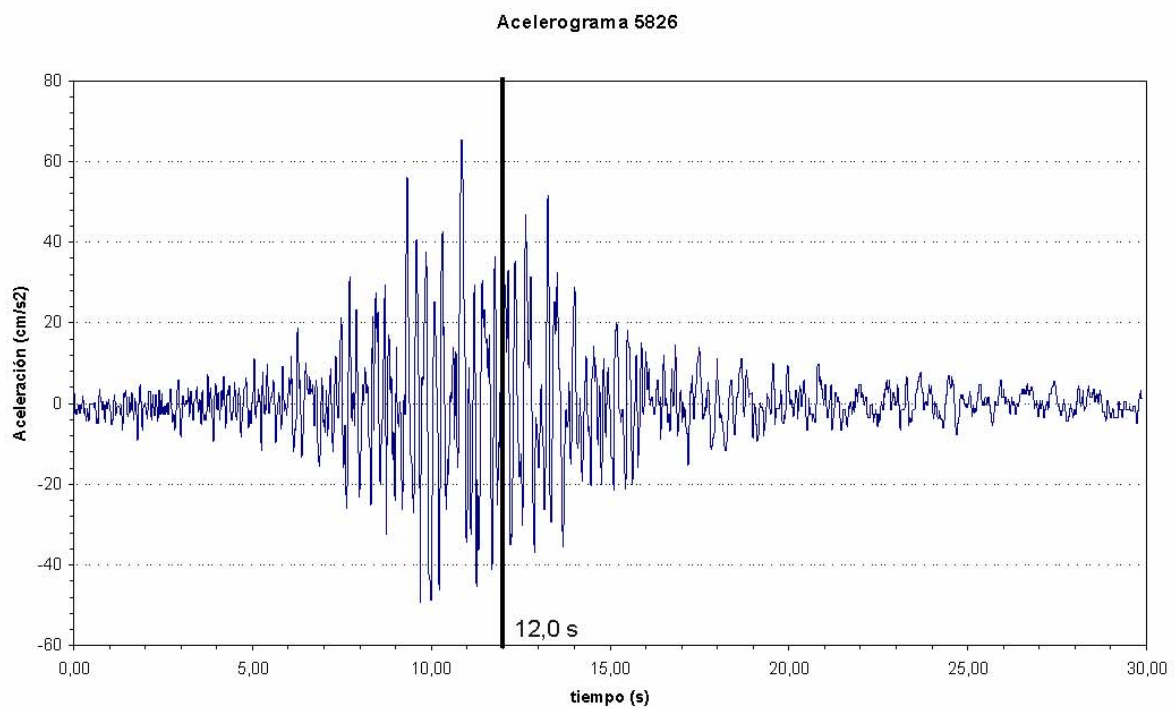
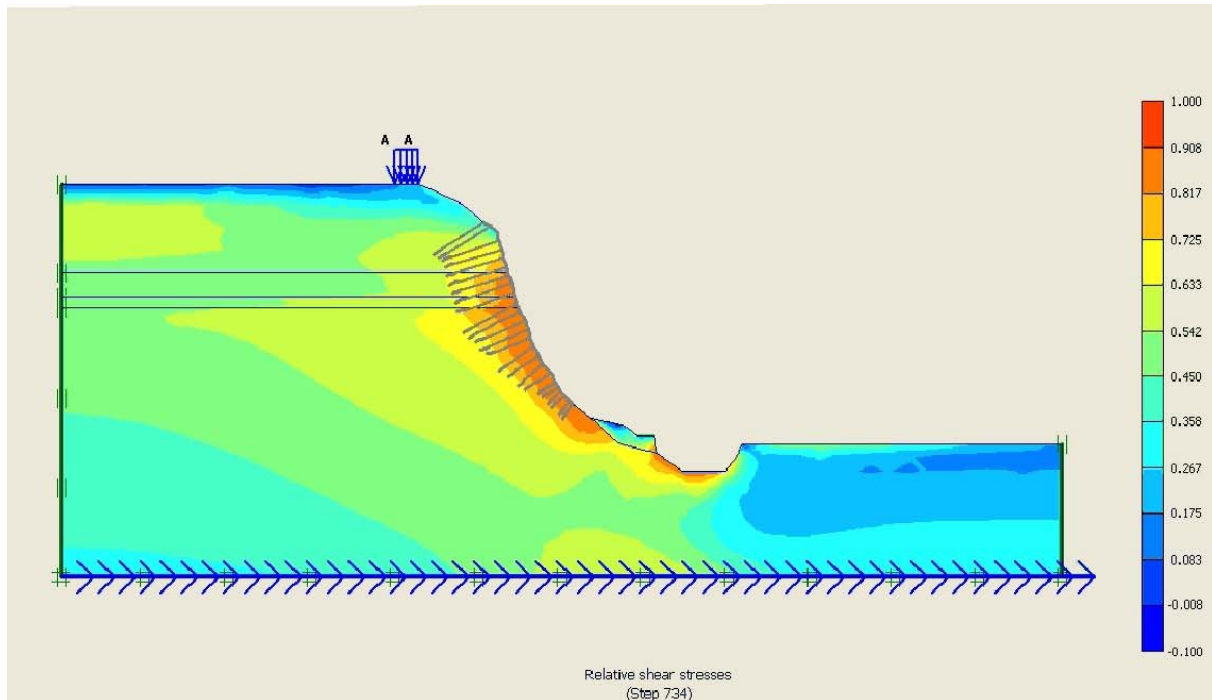
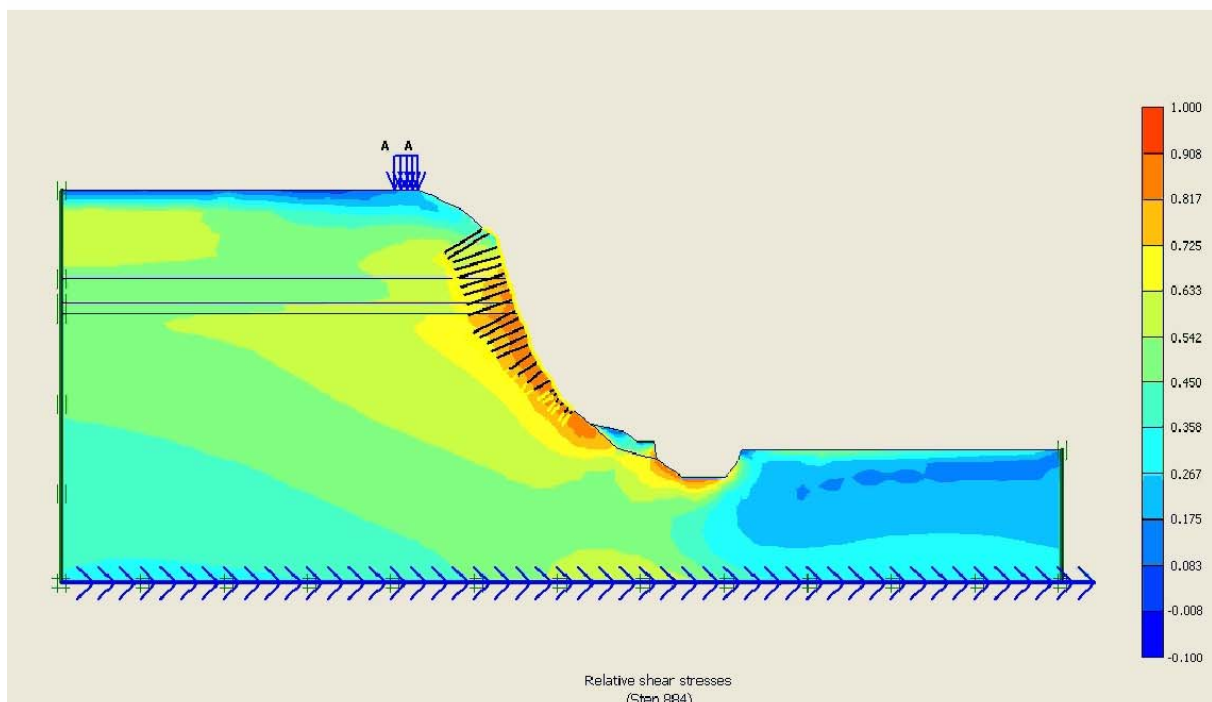


Figura 7.14. Representación del análisis dinámico del instante donde se produce mayor número de puntos de anulación de las tracciones y puntos del terreno plastificados para el acelerograma 5826.

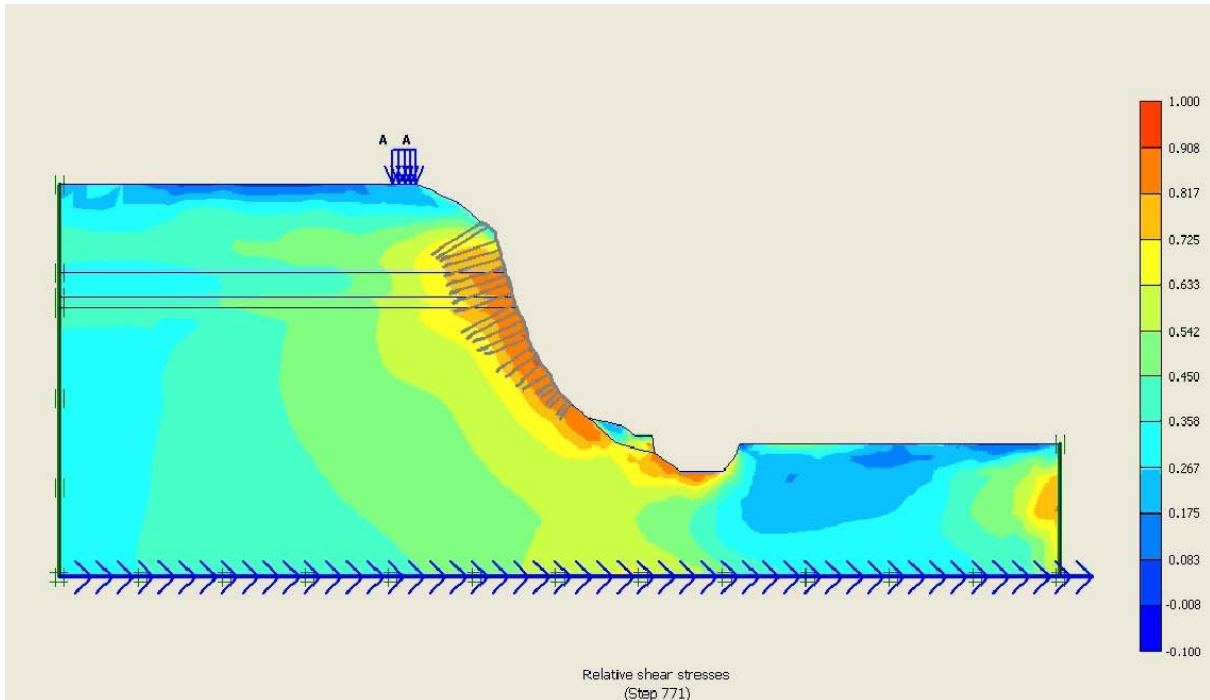


Estado en reposo. Talud sin malla ni anclajes.

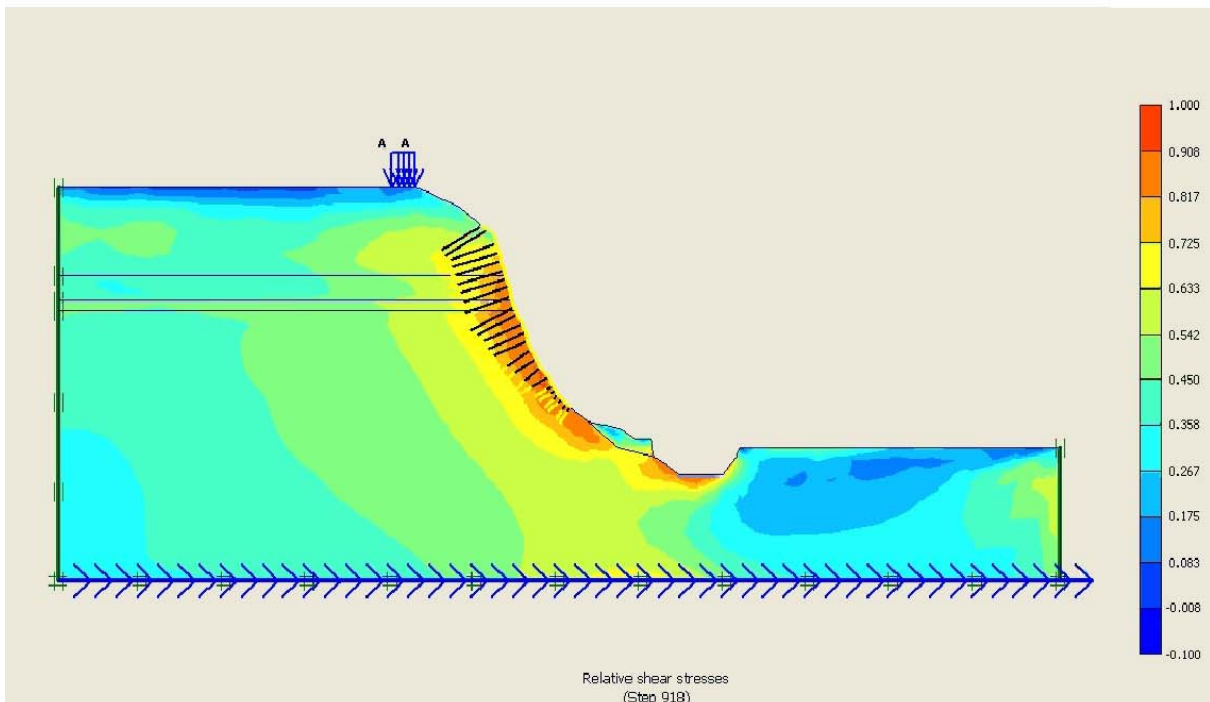


Estado en reposo. Pretensado 125 KN.

Figura 7.15. Representación de las tensiones de corte relativas en reposo, para el talud sin malla ni anclajes, y para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 KN.

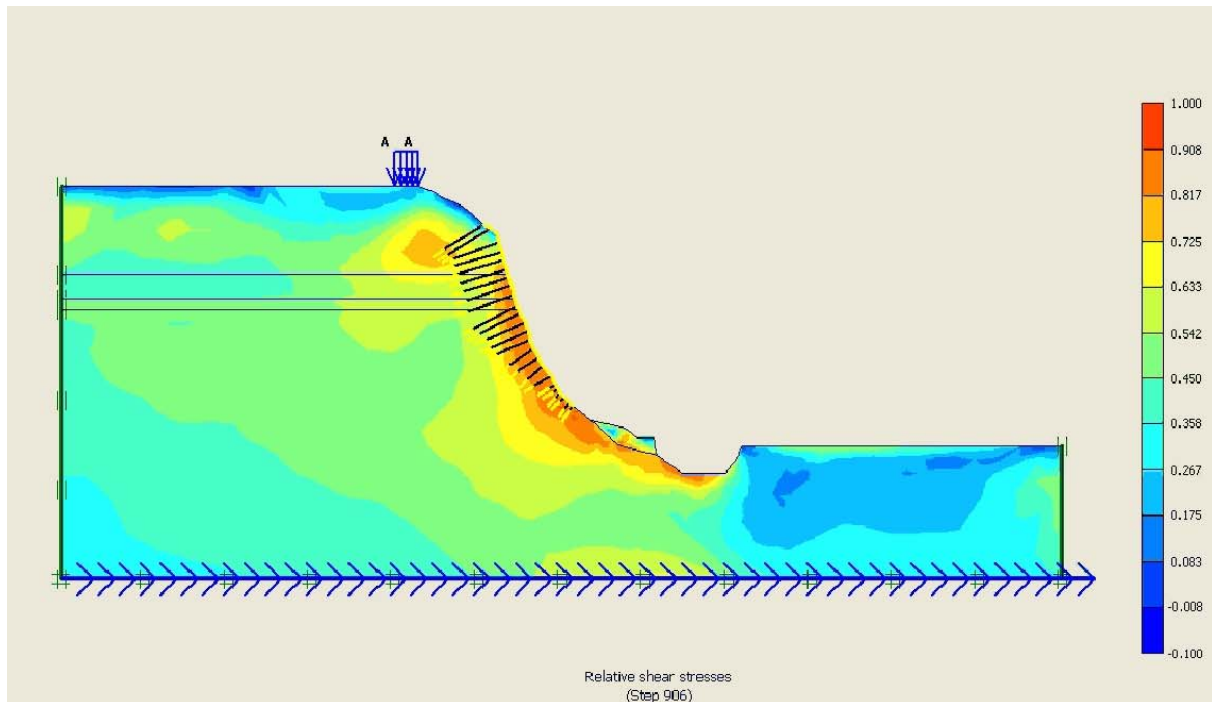


Tiempo 7,0 s. Acelerograma 201. Talud sin malla ni anclajes.

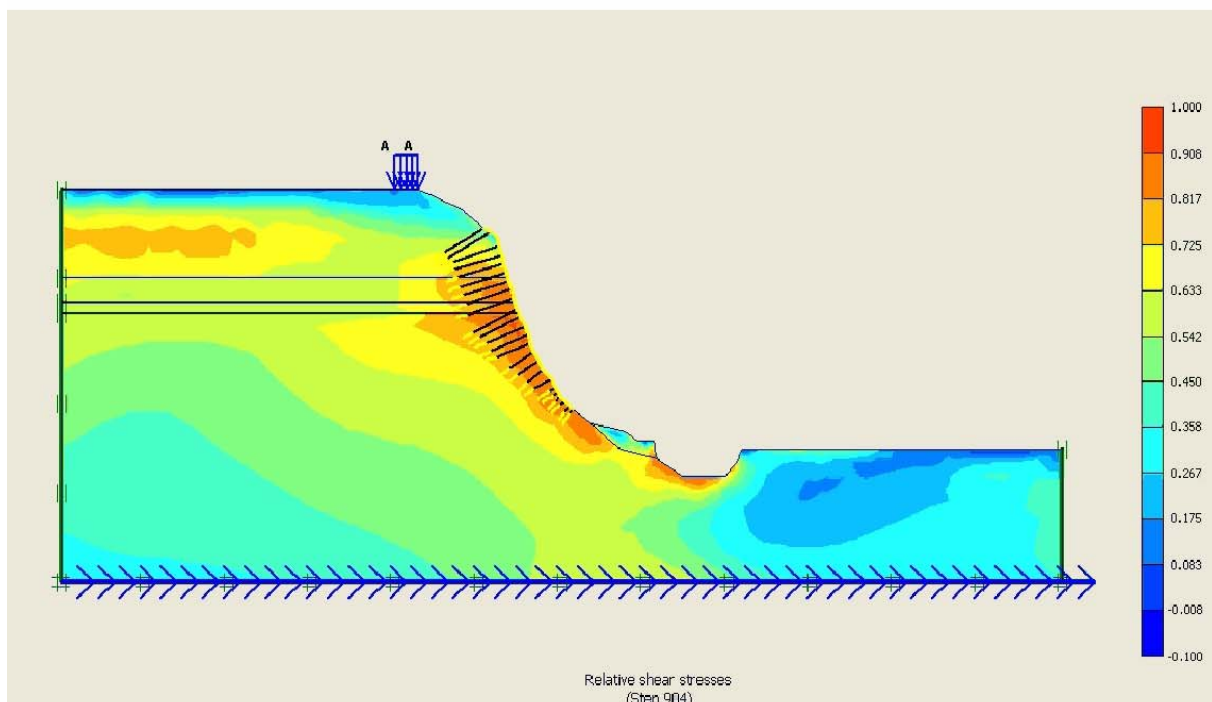


Tiempo 7,0 s. Acelerograma 201. Pretensado 125 kN.

Figura 7.16. Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 7,0 s de la aplicación del acelerograma 201, para el talud sin malla ni anclajes, y para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 kN.

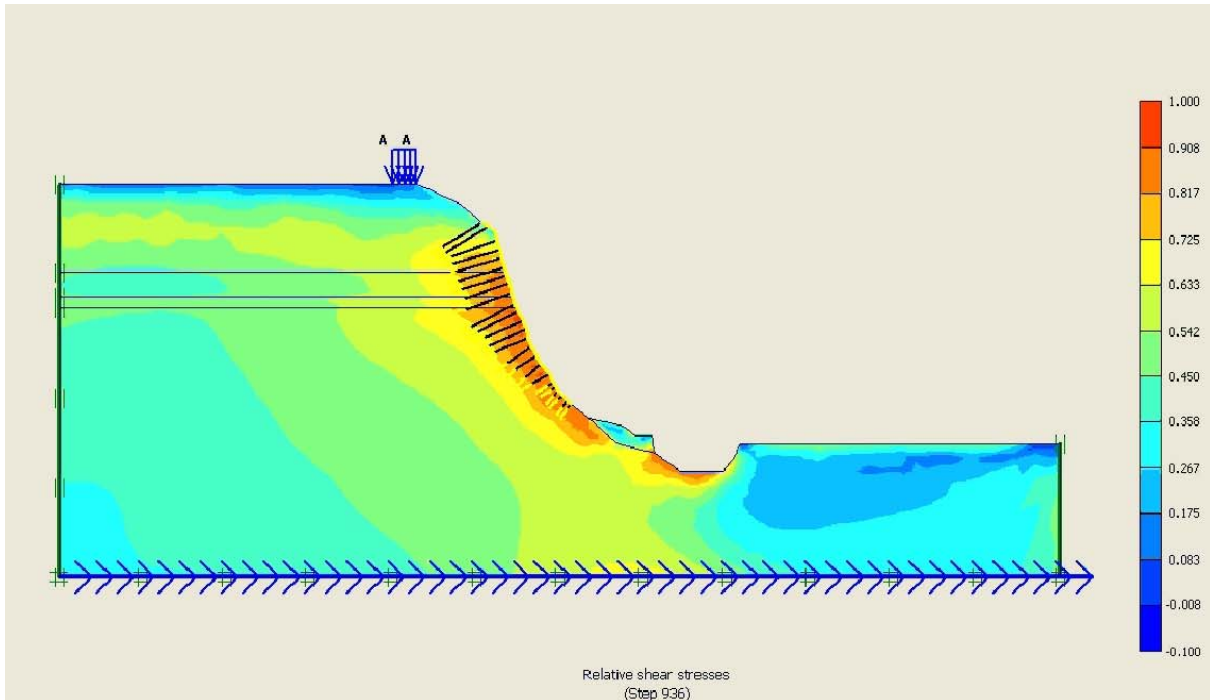


Tiempo 4,6 s. Acelerograma 361. Pretensado 125 kN.

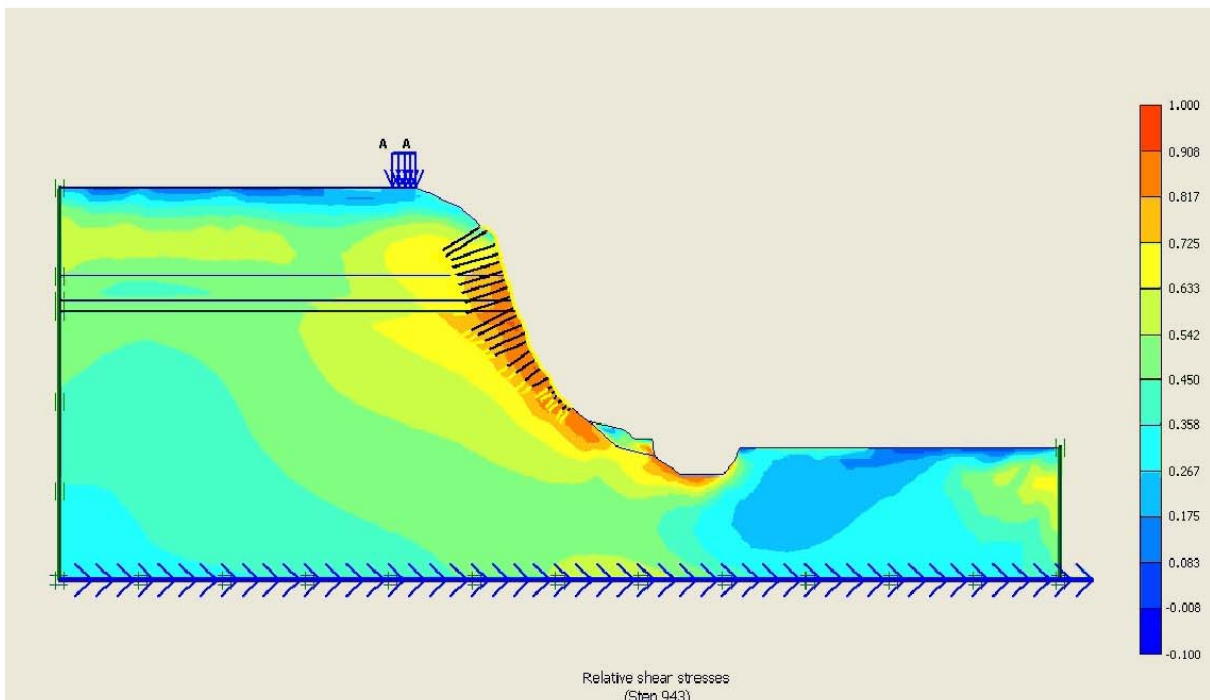


Tiempo 4,2 s. Acelerograma 365. Pretensado 125 kN.

Figura 7.17. Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 4,6 s de la aplicación del acelerograma 361, y 4,2 s del acelerograma 365, para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 kN.



Tiempo 10,6 s. Acelerograma 5826. Pretensado 125 kN.



Tiempo 12,0 s. Acelerograma 5826. Pretensado 125 kN.

Figura 7.18. Representación de las tensiones de corte relativas, transcurridos 10,6 s y 12,0 s de la aplicación del acelerograma 5826, para el talud con la malla y los anclajes con un pretensado de 125 kN.

7.4.4 Análisis de la deformación

En análisis de la deformación del talud, sometido a un acelerograma, en cada instante es una importante herramienta para poder determinar su comportamiento dinámico. El análisis realizado para el Tajo de San Pedro de la Alhambra de Granada nos permite comprobar la variación de la tensión de los tirantes en función del tiempo y comprobar que ninguno de los tirantes supera su tensión máxima admisible (100 kN/m) en ningún instante. El cálculo se ha realizado para distintas tensiones en los tirantes:

- 0 kN/m cada 5 m. Pretensado = 0 kN/m
- 125 kN/m cada 5 m. Pretensado = 25 kN/m
- 250 kN/m cada 5 m. Pretensado = 50 kN/m
- 375 kN/m cada 5 m. Pretensado = 75 kN/m
- 448 kN/m cada 5 m. Pretensado = 89,6 kN/m

En la figura 7.19 se observa la variación del pretensado de los tirantes en función del tiempo, sometiendo el talud al acelerograma 201. El pretensado inicial de los tirantes es 89,6 kN/m.

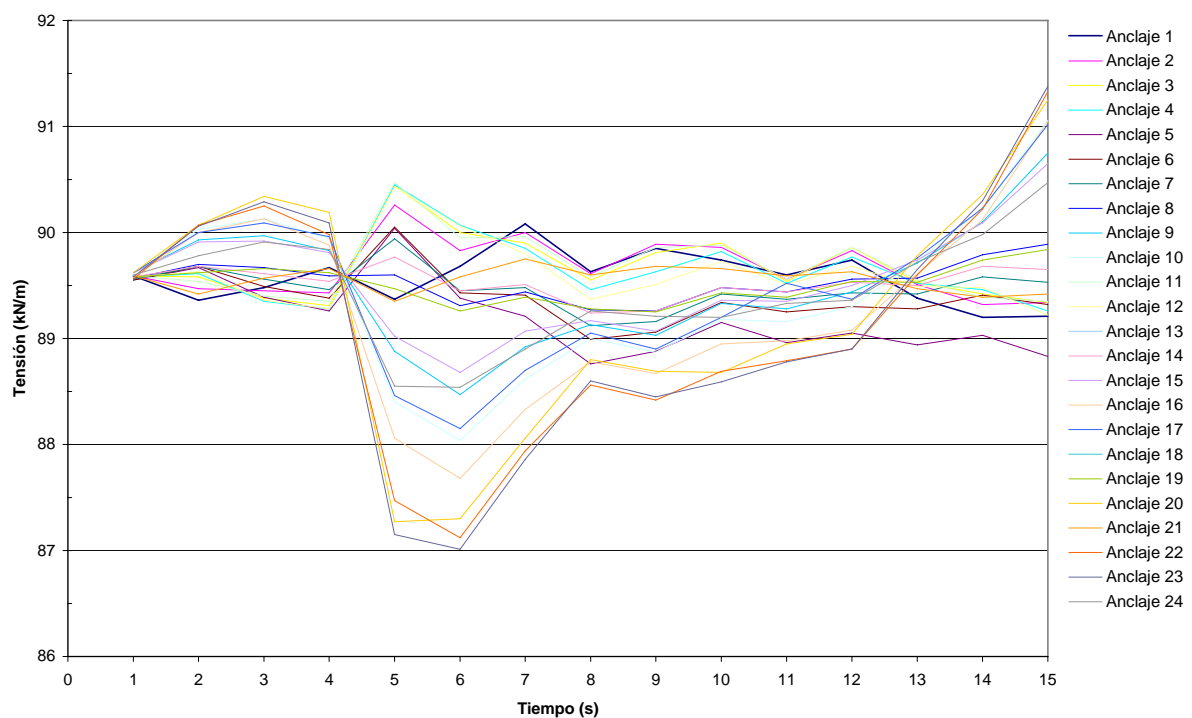


Figura 7.19. Representación de la tensión en los tirantes en función del tiempo para un pretensado de 89,6 KN. Acelerograma empleado: 201. La numeración de los anclajes es descendente con el talud.

El coeficiente de seguridad casi no aumenta a medida que aumenta el pretensado de los tirantes. El pretensado óptimo sería, por tanto, 125 kN pero consideraciones tectónicas aconsejan aumentar dicho pretensado hasta 448 kN. La variación de la tensión de los tirantes en función del tiempo es bastante pequeña no superando en ningún caso un 3% respecto a su tensión inicial.

7.5 Conclusiones

El Tajo de San Pedro de la Alhambra de Granada se sitúa al oeste de la colina sobre la que está construido el palacio. El talud es fruto de las avenidas del río Darro, la tectónica, la erosión, las filtraciones y las escorrentías. La cuña de retroceso pone en peligro el recinto monumental de La Alhambra. El coeficiente de seguridad del talud sometido a una acción horizontal según la norma sismorresistente es 1,01.

Existe un proyecto para la instalación de una malla de alambre de alto límite elástico que elevaría el coeficiente de seguridad hasta 1,55.

El análisis dinámico realizado nos permite estudiar la variación de las tensiones y de la deformación del talud sometido a un terremoto de diseño (probabilidad de superación del 5% y un período de exposición de 50 años, lo que equivale a un período de retorno de 974 años). El análisis de la estabilidad del talud pone de manifiesto que en el estado actual, las tensiones en la parte más superficial del talud están próximas a la tensión de rotura. Dichas tensiones se reducen significativamente al introducir la malla y los anclajes pretensados. La tensión de los tirantes sometidos a un acelerograma no supera en ningún instante su tensión máxima admisible. La solución propuesta eleva el coeficiente de seguridad, reduce las tensiones y las deformaciones del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada.

Futuras líneas de investigación

Actualización del valor de b de la ley de Gutenberg-Richter mediante el método de máxima verosimilitud a medida que aumenta la cantidad de datos disponibles. Análisis de la variación del valor de b con el tiempo. Análisis de la sismicidad histórica y obtención del valor de la distribución de tamaños para terremotos de magnitud superior a 5,0.

Analizar las variaciones de las series temporales mediante técnicas de clustering en zonas sismogénicas donde se produzcan terremotos de magnitud importante y en zonas donde exista una mayor cantidad de datos disponibles.

Actualización anual de las leyes de atenuación con los datos obtenidos de la base de datos de terremotos europeos. Obtención de leyes de atenuación para distancias a la fuente superiores a 100 km.

Investigar las diferencias en los resultados del método probabilista con leyes de atenuación de diferentes autores. Comparar los resultados que se obtengan con los de este estudio y con los de la norma NCSR-02. Actualizar el método probabilista a medida que se obtienen más datos para el cálculo de los parámetros de la ley de Gutenberg-Richter.

Referencias

Introducción.

- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits. *Bull. Earthquake Res. Inst.* **43**: 237-239.
- Ambraseys, N. N., J. Douglas, S. K. Sarma y P. M. Smit (2005). Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration. *Bull. Earthquake Eng.* (2005) **3**:1-53.
- Buform, E., Udías, A. y A. Colombas (1988). Seismicity, source mechanism and tectonics of the Azores-Gibraltar plate boundary. *Tectonophysics*, **152**: 89-118.
- Carrasco, R. (2001). Estimación de acelerogramas de cálculo en emplazamientos de Andalucía basados en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme. *Tesis doctoral*.
- Console, R., M. Murru, F. Catalli y G. Falcone (2007). Real time forecasts through an earthquake clustering model constrained by the rate-and-state constitutive law: comparison with a purely stochastic ETAS model, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 49-56.
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**, 1583-1606.
- Cosentino, P., V. Ficarra, D. Luzio (1977). Truncated exponential frequency-magnitude relationship in earthquake statistics. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **67**, 1615-1623.
- Expel (2008). Proyecto Expel. Sistema experto de análisis probabilista de la peligrosidad sísmica. Consejo de seguridad nuclear.

- Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes*. Columbia university press, New York, 1958.
- Gutenberg, B. y C.F. Richter (1954). *Seismicity of the Earth*, 2nd ed., Princeton University, Princeton, New Jersey.
- Justo, J. L., N. Vázquez y P. Durand (2005). Proyecto de restauración del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada. Confederación hidrográfica del Guadalquivir y Patronato de La Alhambra y Generalife.
- Justo, J. L., J. M. Azañón, A. Azor, J. Saura, P. Durand, M. Villalobos, A. Morales y E. Justo (2008). Neotectonics and slope stabilization at the Alhambra, Granada, Spain. *Engineering Geology*, **100**, 101-119.
- Martín, A. J. (1984). Riesgo sísmico en la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Martínez-Álvarez, F., A. Troncoso, J. C. Riquelme, y J. M. Riquelme (2007). Partitioning-clustering techniques applied to the electricity price time series. *Lecture Notes in Computer Science*, **4881**, 990-991.
- UNDRO, 1979. Natural disasters and vulnerability analysis. Report expert group meeting, Geneva.
- Utsu, T. (1965). A method for determining the value of b in a formula $\log n = a - bM$ showing the magnitude-frequency relation for earthquakes (with English summary). *Geophys. Bull. Hokkaido Univ.* **13**, 99-103.

Capítulo 1.

- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits. *Bull. Earthquake Res. Inst.* **43**: 237-239.
- Ayele, A. y O. Kulhanek (1997). Spatial and temporal variations of seismicity in the horn of Africa from 1960 to 1993. *Geophys. J. Int.*, **130**: 805-810.
- Frochlich, C. y S. D. Davis (1993). Teleseismic b values; or, much ado about 1.0. *Geophys. Res.* **98**: 631-644.
- Gerstenberger, M., Wiemer, S., y D. Giardini (2001). A systematic test of the hypothesis that the b -value varies with depth in California. *Geophys. Res. Lett.*, **28**: 57-60.
- Gibowitz, S. J. (1974), Frequency-magnitude depth and time relations for earthquakes in Island Arc: North Island, New Zealand. *Tectonophysics*, **23**: 283-297.
- Godano, C. y F. Pingue (2000). Is the seismic moment-frequency relation universal?. *Geophys. J. Int.*, **142**: 185-188.
- Grunthal, G., Hurtig, E. y E. Ruge (1982). Time dependence of statistical parameters: the aftershock sequence of the Friuli, Northern Italy, 1976 earthquake and a section of the Montenegro, Yugoslavia, earthquake series 1979. *Earthquake Prediction Res.*, **2**: 275-285.
- Gutenberg, B. y C.F. Richter (1942). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **32**: 163-191.
- Gutenberg, B. y C.F. Richter (1954). *Seismicity of the Earth*, 2nd ed., Princeton University, Princeton, New Jersey.
- Hurtig, E. y H. Stiller (1984). *Erdbeben und Erdbebengefährdung*. Akademie Verlag Berlin, 328 pp.

- Ishimoto, M. y K. Iida (1939). Observations sur les seismes enregistrés par le microsismographe construit dernièrement (1). *Bull. Earthquake Res. Inst., Univ. Tokyo* **17**: 443-478 (in Japanese with French abstract).
- Kagan, Y. Y. (1991). Seismic moment distribution. *Geophys. J. Int.*, **106**: 123-134.
- Kagan, Y. Y. (1997). Seismic moment-frequency relation for shallow earthquakes: regional comparison, *J. Geophys. Res.*, **102**: 2835-2852.
- Kagan, Y. Y. (1999). Universality of the Seismic Moment-frequency Relation. *Pure appl. Geophys*, **155**: 537-573.
- Kagan, Y. Y. (2002). Seismic moment distribution revisited: I. Statistical results. *Geophys. J. Int.*, **148**: 520-541.
- Karnik, V. K. (1971). Seismicity of the European Area, Part 2, Academia. Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, Czechoslovakia, 123-169.
- Kulhanek, O. (2005). Seminar on b-value. Dept. of Geophysics, Charles University, Prague.
- Lee, K. y W.-S. Yang (2006). Historical Seismicity of Korea. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **71(3)**: 846-855.
- Leonard, T. Papsouliotis, O. e I. G. Main (2001). A Poisson model for identifying characteristic size effects in frequency data: application to frequency-size distributions for global earthquakes, "starquakes" and fault lengths. *J. Geophys. Res.*, **106**, 13 473-13 484.
- Li Quan-Lin, Chen Gin-Tiao, Yu Lu y Hao Boi-lin (1978). Time and space scanning of the b-value. A method for monitoring the development of catastrophic earthquakes, *Acta Geophys. Sinica*, **21**: 101-125.
- Lombardi, A. M. (2003). The Maximum Likelihood Estimator of *b*-Value for Mainshocks. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **93(5)**: 2082-2088.

- Main, I. (2000). Apparent breaks in scaling in the earthquake cumulative frequency-magnitude distribution: fact or artefact?. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**: 86-97.
- McCaffrey, R. (1997). Influence of recurrence times and fault zone temperatures on the age-rate dependence of subduction zone seismicity. *J. Geophys. Res.*, 102, 22, 839-22,854.
- McGarr, A. (1984). Some application of seismic source mechanism studies to assessing underground hazard. In: N. C. Gay and E. H. Wainwright (Eds.). *Proc. 1st Inter. Congress on Rockbursts and Seismicity in Mines*. SAIM Johannesburg, pp. 199-208.
- McNally, K. C. (1989). Earthquakes and seismicity. In: D. E. James (Ed.). *The Encyclopedia of solid Earth Geophysics*, pp. 308-315.
- Mogi, K. (1962). Magnitude-frequency relationship for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, **40**: 831-883.
- Monterroso, D. (1999). Temporal and depth dependence of b-value in Central America: Application to the Motagua Fault and the subduction zone. M. Sc. Thesis, Department of Earth Sciences, Uppsala University, Sweden.
- Monterroso, D. y O. Kulhanek (2003). Spatial variations of b-values in the subduction zone of Central America. *Geofisica Inter.*, **42**: 1-13.
- Nuannin, P., Kulhanek, O. y L. Persson (2005). Spatial and temporal b value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquake of December 26, 2004. *Geophys. Res. Let.*, **32**, L11307.
- Okal, E y B. A. Romanovicz (1994). On the variation of b values with earthquake size, *Phys. Earth Planet. Inter.*, **87**: 55-76.
- Pacheco, J. F., Scholz, C. H. y L. R. Sykes (1992). Changes in frequency size relationship from small to large earthquakes. *Nature*, **335**: 71-73.

- Page, R. (1968). Aftershocks and microaftershocks of the great Alaska earthquake of 1964. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**: 1131-1168.
- Ranalli, G. (1969). A statistical study of aftershock sequences. *Ann. Geofis.* **22**, 359-397.
- Scholz, C. (1968). The frequency-magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**: 399-415.
- Shi, Y. y B. A. Bolt (1982). The Standard error of the magnitude-frequency b value. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **72**: 1677-1687.
- Suyehiro, S., Asada, T. y M. Ohtake (1964). Foreshocks and aftershocks accompanying a perceptible earthquake in central Japan: On the peculiar nature of foreshocks. *Pap. Meteorol. Geophys.*, **19**: 427-435.
- Udías, A. y J. Mezcua (1986). *Fundamentos de geofísica*. Ed. Alhambra, S.A.
- Udías, A. y J. Mézcua (1997). *Fundamentos de Geofísica*. Alianza Universidad Textos, 476 pp.
- Utsu, T. (1965). A method for determining the value of b in a formula $\log n = a - bM$ showing the magnitude-frequency relation for earthquakes (with English summary). *Geophys. Bull. Hokkaido Univ.* **13**, 99-103.
- Utsu, T. (1966). A statistical significance test of the difference in b-value between two earthquake groups. *J. Phys. Earth*, **14**: 37-40.
- Utsu, T. (1999). Representation and analysis of the earthquake size distribution: a historical review and some new approaches. *Pure appl. Geophys.*, **155**: 509-535.
- Warren, N. W. y G. V. Latham (1970). An experiment study of thermal induced microfracturing and its relation to volcanic seismicity. *J. Geophys. Res.*, **75**: 4455-4464.

Weichert, D. H. (1980). Estimation of earthquake recurrence parameters for unequal observation periods for different magnitudes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **70**: 1337-1346.

Wiemer, S. (1996). ZMAP Users Guide, 117 pp.

Wiemer, S., Macnutt, S. R., y M. Wyss (1998). Temporal and three-dimensional spatial analyses of frequency-magnitude distribution near Long Valley Caldera, California. *Geophys. J. Int.*, **134**: 409-421.

Wyss, M. (1973). Towards a physical understanding of the earthquake frequency distribution. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **31**: 341-359.

Zhang, J.-Z. y L.-Y- Song (1981). On the method of estimating b value and its Standard error. *Acta Seismologica Sin.* **3**: 292-301.

Capítulo 2.

- Giner, J. J. (1996). Sismicidad y peligrosidad sísmica en la comunidad autónoma valenciana. Análisis de incertidumbres. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- Kagan, Y. Y. (2002). Seismic moment distribution revisited: I. Statistical results. *Geophys. J. Int.*, **148**: 520-541.
- Kulhanek, O. (2005). Seminar on b-value. Dept. of Geophysics, Charles University, Prague.
- Lee, W. H. K., R. Bennet y K. Meagher (1972). A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration. *U. S. Geol. Surv. Open-file Rep.*, **28** pp.
- Lombardi, A. M. (2003). The maximum likelihood estimator of b-value for mainshocks. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **93(5)**: 2082-2088.
- López, C. y D. Muñoz (2003). Fórmulas de magnitud en los boletines y catálogos españoles. *Física de la Tierra*, **15**: 49-71.
- Martín, A. J. (1984). Riesgo sísmico en la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mezcua, J. y J. M. Martínez Solares (1983). Sismicidad del área Ibero-Magrebí. Instituto Geográfico Nacional. Publicación técnica nº 203. Madrid.
- Shi, Y. y B. A. Bolt (1982). The Standard error of the magnitude-frequency b value. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **72(5)**: 1677-1687.
- Tsumura, K. (1967). Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation. *Bull Earth. Res. Inst. Tokio*, **45**: 7-18.

Capítulo 3.

- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, *Bull. Earthquake Res. Inst.* **43**: 237-239.
- Bird, P., y Z. Liu (2007). Seismic hazard inferred from tectonics: California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 37-48.
- Ebel, J. E., D. W. Chambers, A. L. Kafka, y J. A. Baglivo (2007). Non-Poissonian earthquake clustering and the hidden Markov model as bases for earthquake forecasting in California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 57-65.
- Field, E. H. (2007). Overview of the working group for the development of Regional Earthquake Likelihood Models (RELM), *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 7-16.
- Frankel, A. D., M. D. Petersen, C. S. Mueller, K. M. Haller, R. L. Wheeler, E. V. Leyendecker, R. L. Wesson, S. C. Harmsen, C. H. Cramer, D. M. Perkins, y K. S. Rukstales (2002), *Documentation for the 2002 update of the national seismic hazard map. Technical report 02-420, United States Geological Survey.*
- Geller, R. J. (1997). Earthquake prediction: a critical review, *Geophys. J. Inter.*, **131** (3), 425-450.
- Gerstenberguer, M. C., L. M. Jones, y S. Wiemer (2007). Short-term aftershock probabilities: case studies in California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 66-77.

- Gibowitz, S. J. (1974). Frequency-magnitude depth and time relations for earthquakes in Island Arc: North Island, New Zealand, *Tectonophysics*, **23**, 283-297.
- Giner, J. J., S. Molina, P. Jauregui, y J. Delgado (2002). A new methodology for decreasing uncertainties in the seismic hazard assessment results by using sensitivity analysis. An application to sites in Eastern Spain, *Pure and Applied Geophysics*, **159**, 1271-1288.
- Hamerly, G. y C. Elkan (2003). Learning the k in k -means. *In Proceedings of the Seventeenth Annual Conference on Neural Information Processing Systems*, 281–288.
- Helmstetter, Y. Y. Kagan, y D. D. Jackson (2007). High-resolution time-independent grid-based forecast for M=5 earthquakes in California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 78-86.
- Holliday, J. R., C. C. Chen, K. F. Tiempo, J. B. Rundle, D. L. Turcotte, y A. Donnellan (2007). A RELM earthquake forecast based on Pattern Informatics, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 78-86.
- Kafka, A. L. y S. Z. Levin (2000). Does the spatial distribution of smaller earthquakes delineate areas where larger earthquakes are likely to occur?, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **32**, 163-191.
- Kagan, Y. Y., y D. D. Jackson (1994). Long-term probabilistic forecasting of earthquakes, *J. of Geophys. Res.*, **99**(13), 685-700.
- Kagan, Y. Y., D. D. Jackson, y Y. Rong (2007). A testable five-year forecast of moderate and large earthquakes in southern California based on smoothed seismicity, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 94-98.

- Kaufmann, L., y P. J. Rousseeuw (1990). Finding groups in data: an introduction to cluster analysis, *John Wiley & Sons, Inc.*, NY.
- Kulhanek, O. (2005). Seminar on b-value. Dept. of Geophysics, Charles University, Prague.
- Lee, W. H. K., R. Bennet, y K. Meagher (1972). A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration, *U. S. Geol. Surv. Open-file Report*, 28 pages.
- Lee, K., y W.-S. Yang (2006). Historical Seismicity of Korea, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **71**(3), 846-855.
- López, C., y D. Muñoz (2003). Fórmulas de magnitud en los boletines y catálogos españoles, *Física de la Tierra*, **15**, 49-71.
- Lowrie, W. (2007). Fundamentals of Geophysical, *Cambridge University Press*.
- MacQueen, J. B. (1968). Some methods for classification and analysis of multivariate observations, *Proceedings of the 5th Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, Berkeley, University of California Press, **1**, 281-297.
- Martínez-Álvarez, F., A. Troncoso, J. C. Riquelme, y J. M. Riquelme (2007). Partitioning-clustering techniques applied to the electricity price time series, *Lecture Notes in Computer Science*, **4881**, 990-991.
- Martín, A. J. (1989). Probabilistic seismic hazard analysis and damage assessment in Andalusia (Spain), *Tectonophysics*, **167**, 235-244.
- Mezcua, J., J. Rueda, y R. M. García Blanco (2004). Reevaluation of historic earthquakes in Spain, *Seism. Res. Let.*, **75**(1), 189-204.

- Murru, M., R. Console, y G. Falcone (2008). Real time earthquake forecasting in Italy, *Tectonophysics*, in press.
- Nuannin P., O. Kulhanek, y L. Persson (2005). Spatial and temporal *b* value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquake of December 26, 2004, *Geophys. Res. Lett.*, **32**.
- Petersen, M. D., T. Cao, K. W. Campbell, y A. D. Frankel (2007). Time-independent and time dependent seismic hazard assessment for the state of California: Uniform California Earthquake rupture forecast model 1.0, *Seism. Res. Lett.*, **78**(1), 99-109
- Ranalli, G. (1969). A statistical study of aftershock sequences, *Ann. Geofis.*, **22**, 359-397.
- Rhoades, D. A. (2007). Application of the EEPAS model to forecasting earthquakes of moderate magnitude in southern California, *Seism. Res. Lett.*, **78**(1), 110-115.
- Sammonds, P. R., P. G. Meredith, y I. G. Main (1992). Role of pore fluid in the generation of seismic precursors to shear fracture, *Nature*, **359**, 228-230.
- Schorlemmer, D., S. Wiemer, y M. Wyss (2005). Variations in earthquake-size distribution across different stress regimes, *Nature*, **437**, 539-542.
- Sfetsos, A., y C. Siriopoulos (2004). Combinational time series forecasting based on clustering algorithms and neural networks, *Neural Computing and Applications*, **13**(1), 56-64.

- Shen, Z. Z., D. D. Jackson, y Y. Y. Kagan (2007). Implications of geodetic strain rate for future earthquakes, with a five-year forecast of M5 earthquakes in southern California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 116-120.
- Tsumura, K. (1967). Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation, *Bull Earth. Res. Inst.*, Tokyo, **45**, 7-18.
- Utsu, T. (1965). A method for determining the value of b in a formula $\log n = a - bM$ showing the magnitude-frequency relation for earthquakes (with English summary), *Geophys. Bull. Hokkaido Univ.*, **13**, 99-103.
- Ward, S. N. (2000). San Francisco bay area earthquake simulations: a step toward a standard physical earthquake model, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, 370-386.
- Ward, S. N. (2007). Methods for evaluation earthquake potential and likelihood in and around California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 121-133.
- Wiemer, S., M. Gerstenberger, y E. Hauksson (2002). Properties of the Aftershock Sequence of the 1999 M_w 7.1 Hector Mine Earthquake: Implications for Aftershock Hazard, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **92**(4), 1227-1240.
- Wiemer, S., y D. Schorlemmer (2007). ALM: An Asperity-based Likelihood Model for California, *Seism. Res. Let.*, **78**(1), 134-143.
- Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, **1**, 80-83.

Yan, M., y K. Ye (2007). Determining the number of clusters using the weighted gap statistic, *Biometrics, in press.*

Zollo, A., W. Marzocchi, P. Capuano, A. Lomaz, y G. Iannaccone (2002). Space and time behaviour of seismic activity at Mt. Vesuvius volcano, Southern Italy, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **92**(2), 625-640.

Capítulo 4.

- Andeweg, B., de Vicente, G., Cloetingh, S., Giner, J. y A. Muñoz Martín (1999). Local stress field and intraplate deformation of Iberia: Variations in spatial and temporal interplay of regional stress sources. *Tectonophysics*, **305**: 153-164.
- Argus, D. F., Gordon, R. G., DeMets, C. y S. Stein (1989). Closure of the Africa-Eurasia-North America plate motion circuit and tectonics of the Gloria fault. *J. Geophys. Res.*, **94**: 5585-5602.
- Banda, E., Gallart, J., García-Dueñas, V., Dañobeitia, J. y J. Makris (1993). Lateral variation of the crust in the Iberian Peninsula: New evidence from the Betic Cordillera. *Tectonophysics*, **221**: 53-66.
- Bezzeghoud M. y J. F. Borges (2003). Focal mechanisms of earthquakes in Portugal. *Física de la Tierra*, **15**: 229-245.
- Bufo, E., Udías, A. y A. Colombas (1988). Seismicity, source mechanism and tectonics of the Azores-Gibraltar plate boundary. *Tectonophysics*, **152**: 89-118
- Bufo, E., Sanz de Galdeano, C. y A. Udías (1995). Seismotectonics of the Ibero-Maghreb region. *Tectonophysics*, **248**: 247-261.
- Bufo, E., y A. Udías (2003). Mecanismos focales de terremotos en España. *Física de la Tierra*, **15**: 211-227.
- Calvert, A., Sandvol, E., Seber, D., Barazangi, M., Roecker, S., Mourabit, T., Vidal, F., Alguacil, G. y N. Jabour (2000). Geodynamic evolution of the lithosphere and upper mantle beneath the Alboran region of the western Mediterranean: Constraints from travel tomography. *J. Geophys. Res.*, **105**: 10871-10898.
- Casas, A. y A. Carbo (1990). Deep structure of the Betic Cordillera derived from the interpretation of a complete Bouguer anomaly map. *J. Geodyn.* **12**: 137-147.

- Jiménez-Munt, I., Fernández, M., Torne, M. y P. Bird (2001). The transition from linear to diffuse plate boundary in the Azores-Gibraltar region: Results from a thin-sheet model. *Earth Plate. Sci. Lett.*, **192**: 175-189.
- Kiratzi, A. A. y C. B. Papazachos (1995). Active crustal deformation from the Azores triple junction to the Middle East. *Tectonophysics*, **243**: 1-24.
- López-Fernández, C., Pulgar, J. A., González-Cortina, J. M., Gallart, J., Díaz, J. y M. Ruiz (2004). Actividad sísmica en el noroeste de la Península Ibérica observada por la red sísmica local del Proyecto GASPI (1999-2002). *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, **24**: 91-106.
- Mezcua, J. y J. Rueda (2006). Sismicidad, Sismotectónica y evolución geodinámica de la Península Ibérica. *Física de la Tierra*, **18**: 137-155.
- Morales, J., Serrano, I., Jabaloy, A., Galindo-Zaldívar, J., Zhao, D., Torcal, F., Vidal, F., y F. González-Lodeiro (1999). Active continental subduction beneath the Betic Cordillera and Alboran Sea. *Geology*, **27**: 735-738.
- Olivera, C., Fleta, J., Susagna, T., Figueras, S., Goula, X. y A. Roca (2003). Sismicidad y deformaciones actuales en el nordeste de la Península Ibérica. *Física de la Tierra*, **15**: 111-114.
- Seber, D., Barazangi, M., Ibenbrahim, A. y A. Demnati (1996). Geophysical evidence for lithospheric delamination beneath the Alboran Sea and Rif-Betic mountains. *Nature*, **379**: 785-790.
- Senos, M. L. y F. Carrillo (2003). Seismicity of Portugal mainland. *Física de la Tierra*, **15**: 93-110.
- Stich, D., Ammon, C. J. y J. Morales (2003). Moment tensor solutions for small and moderate earthquakes in the Ibero-Magherb region. *J. Geophys. Res.*, **108**: 7-1,7-20.

Torné, M., Fernández, M., Comas, M. C. Y J. I. Soto (2000). Lithospheric structure beneath the Alboran Basin: Results from 3D gravity modeling and tectonic relevance. *J. Geophys. Res.*, **105**: 3209-3228.

Vegas, R. y E. Banda (1982). Tectonic framework and Alpine evolution of the Iberian Peninsula. *Earth. Evol. Sci.*, **4**: 320-343.

Capítulo 5.

- Abrahamson, N. A. y K. M. Shedlock (1997). *Overview, Seism. Res. Lett.*, **68**, 9-23.
- Akkar, S. y P. Gulkan (2002). A critical examination of near-field accelerograms from the Sea of Marmara region earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **92**, 428-447.
- Ambraseys, N., P. M. Smit, R. Berardi, D. Rinaldis, F. Cotton y C. Berge-Thierry (2000). Dissemination of European strong-motion data. *Council of European communities, 4th framework programme, environment and climates*, DG XII, ENV4-CT97-0397, Bruxelles.
- Ambraseys, N. N., J. Douglas, S. K. Sarma y P. M. Smit (2005). Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration. *Bull. Earthquake Eng.* (2005) **3**:1-53.
- Anderson, J. G. (2000). Expected shape of regressions for ground motion parameters on rock. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, S43-S52.
- Atakan, K., A. Ojeda, A. Meghraoui, A. Barka, M. Erdik y A. Bodare (2002). Seismic hazard in Istanbul following the 17 August 1999 Izmit and 12 November Duzce earthquakes. *Bull., Seism. Soc. Am.*, **92**, 466-482.
- Bender, B. (1984): "Incorporating acceleration variability into seismic hazard analysis" *Bull. Seism. Soc. Am.*, **74**, 1451-1462.
- Bolt, B. A. (1993). Earthquakes and geological discovery. *Scientific American Library*, New York.
- Bommer, J. J., J. Douglas y F. O. Strasser (2003). Style-of-faulting in ground-motion prediction equations. *Bull. Earthquake Eng.*, **1**(2), 171-203.

- Boore D. W., W. B. Joyner y T. Fumal (1993). Estimation of response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: an interim report. *U.S. Geol. Surv. Open-File Report* 93-509.
- Boore, D. M., W. B. Joyner y T. Fumal (1997). Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: a summary of recent work. *Seism. Res. Lett.*, **69** (1), 128-153.
- Campbell, K. W. (1981): “Near source attenuation of peak horizontal acceleration”. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **71**, 2039-2070.
- Campbell, K. W. (1997): “Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra”. *Seism. Res. Lett.* **68**, 154-179.
- Campbell, K. W. (2002). Engineering models of strong ground motion, in earthquake engineering handbook, W. F. Chen and C. Scawthorn (Editors), CRC Press, Boca Rotan, Florida, Chapter 5-1;5-76.
- Campbell, K. W. (2003). Strong motion attenuation relationships, in international handbook of earthquake and engineering seismology. W. H. K. Lee, H. Kanamori, P. C. Jennings, and C. Kisslinger (Editors), *Academic Press*, London, Vol. **2**, Chapter 60.
- Campbell, K. W. y Y. Bozorgnia (2003). Updated near-source ground-motion (attenuation) relations for the horizontal and vertical components of peak ground acceleration and acceleration response spectra. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **93**(1), 314-331.
- Carrasco, R. (2001). Estimación de acelerogramas de cálculo en emplazamientos de Andalucía basados en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme. *Tesis doctoral*.
- Douglas, J. (2001). A critical reappraisal of some problems in engineering seismology. *Ph. D. thesis*, University of London.

- Douglas, J. (2003). A note on the use of strong-motion data from small magnitude earthquakes from empirical ground motion estimation. *In Skopje Earthquake 40 years of European Earthquake Engineering (SE-40EEE)*, Aug.
- Douglas, J. (2004a). An investigation of analysis of variance as a tool for exploring regional differences in strong ground motions. *Journal of Seismology*, **8**(4), 485-496.
- Douglas, J. (2004b). Use of analysis of variance for the investigation of regional dependence of strong ground motions. *In proceedings of Thirteenth World Conference on Earthquake Engineering*, Paper no. **29**.
- Eakins, P. R. (1987): "Faults and faulting". In the encyclopedia of structural geology and plate tectonics, C.K. Seyfert, editor, volume 10 of encyclopedia of Earth sciences series, 229-239. Van Nostrand Reinhold Company.
- Finn, W. D. L. (1999): "Codes, standards and seismic safety evaluation of earth structures". *Proceedings second international conference earthquake geotechnical engineering*, v.3, 1091-1106.
- Frohlich, C. y K. D. Apperson (1992): "Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and the consistency of seismic activity near plate boundaries". *Tectonics*, **11**, 279-296.
- Harvard Seismology (2003): CMT Catalog Search. On the internet at <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>. Department of Earth and planetary sciences and department of engineering and applied science, Harvard University.
- Jackson, J. (2001): "Living with earthquakes: know your faults". *J. Earthquake Eng.* **5** (Special issue 1), 5-123.
- Joyner, W. y D. M. Boore (1981). Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, vol. **71**, no. 6, pp 2011-2038.

- Joyner, W. B. y D. M. Boore (1993). Methods for regression analysis of strong-motion data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **83**, 469-487.
- Joyner, W. B. y D. M. Boore (1994). Errata, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **84**, 955-956.
- Loh, C.-H., W.-Y. Jean y J. Penzien (1994). “Uniform-hazard response spectra – An alternative approach”. *Earthquake Engineering & Estructural Dynamics*, **23**, 433-445.
- McGuire, R. K. (1976): “Fortran computer program for seismic risk analysis”. *U.S. Geol. Surv.*, Open-File Report, 76-67, 92 pp.
- McGuire, R. K. (1978a). FRISK: computer program for seismic risk analysis using faults as earthquakes sources, *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, 78-1007, 71 pp.
- McGuire, R. K. (1978b). Seismic ground motion parameter relations, *Proc. Am. Soc. Civil Eng. J. Geotech. Eng. Dic.*, **104**, 481-490.
- Park, S. y S. Elrich, (1998). Predictions of shear-wave velocities in southern California using surface geology, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **88**, 677-685.
- Sadigh, K., C.-Y. Chang, J. A. Egan, F. Makdisi y R. R. Youngs (1997): “Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data”. *Seism. Res. Lett.*, **68**(1), 180-189.
- Vakov, A. V. (1996): “Relationships between earthquake magnitude, source geometry and slip mechanism”. *Tectonophysics*, **261**, 97-113.
- Wells, D. L. y K. J. Coppersmith (1994): “New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement”. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **84**, 974-1002.
- Westaway, R. y R. B. Smith (1989). Strong ground motion in normal-faulting earthquakes. *Geophys. J.*, **96**, 529-559.

- Wills, C. J. y W. J. Silva (1998). Shear-wave velocity characteristics of geologic units in California, *Earthquake Spectra* **14**, 533-556.
- Wills, C. J., M. Petersen, W. A. Bryant, M. Reichle, G. J. Saucedo, S. Tan, G. Taylor y J. Treinman, (2000). A site-condition map for California based on geology and shear-wave velocity, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **90**, S187-S208.
- Youd, T. L., J. P. Bardet y J. D. Bray (Editors) (2000). Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999 reconnaissance report, *Earthquake Spectra* **16** (Suppl. A), 65-96.

Capítulo 6.

- Ambraseys, N. N., J. Douglas, S. K. Sarma y P. M. Smit (2005). Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration. *Bull. Earthquake Eng.* (2005) **3**:1-53.
- Benito, B., y M. E. Jiménez (1999). Peligrosidad sísmica. *Física de la Tierra*, **11**, 1-28.
- Boore, D. W., W. B. Joyner y T. Fumal (1993). Estimation of response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: an interim report. *U. S. Geol. Surv.*, Open-File Report, 93-509.
- Carrasco, R. (2001). Estimación de acelerogramas de cálculo en emplazamientos de Andalucía basados en espectros de respuesta de peligrosidad sísmica uniforme. *Tesis doctoral*.
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**, 1583-1606.
- Ebel, J. E. y A. L. Kafka (1999). A Monte Carlo approach to seismic hazard analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**, 854-866.
- Gumbel, E. J. (1958). *Statistics of extremes*. Columbia university press, New York, 1958.
- Housner, G. W. (1959). Behavior of structures during earthquakes. *Journal of the engineering mechanics*, ASCE, **85**(4), 109-129.

- Housner, G. W. (1975a). Spectrum intensities of strong motion earthquakes. *Proceedings of the symposium on earthquake and blast effects on structures*, EERI.
- Housner, G. W. (1975b). Measures of severity of earthquake ground shaking. *Proceedings of the U. S. national conference on earthquake engineering*, EERI, Ann Arbor, Michigan.
- Housner, G. W. (1975c). Spectrum intensities of strong motion earthquakes. *Proceedings of the symposium on earthquake and blast effects on structures*, EERI.
- Hudson, D. E. (1979). Reading and interpreting strong motion accelerogram. *Engineering monographs on earthquake criteria. Structural design and strong motion records*, EERI, **1**, Berkeley, California.
- Husid, R. (1973). Earthquake: spectral analysis and characteristic acceleration as a basis of earthquake resistant design, Santiago, Chile.
- Justo, J. L., J. M. Azañón, A. Azor, J. Saura, P. Durand, M. Villalobos, A. Morales y E. Justo (2008). Neotectonics and slope stabilization at the Alhambra, Granada, Spain. *Engineering Geology*, **100**, 101-119.
- Lin, J. y S. A. Mahin (1985). Effect of inelastic behavior on the analysis and design of earthquake resistant structures. *Earthquake engineering*.
- Martín, A. J. (1984). Riesgo sísmico en la Península Ibérica. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Madrid.

Meirovitch, L. (1985). Introduction to dynamics and control. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Nau, J. M. y W. J. Hall (1982). An evaluation of scaling methods for earthquake response spectra. Civil engineering studies. *Structural research series*, **499**. University of Illinois, Urbana.

UNDRO, 1979. Natural disasters and vulnerability analysis. Report expert group meeting, Geneva.

Veneziano, D., C. A. Cornell y T. O'Hara (1984). Historical methods of seismic hazard analysis. Electric power research institute, Palo Alto, California, Research Report NP-3438.

Capítulo 7.

- Amorosi, A., G. Elia, D. Boldini, M. Sasso y P. Lollino (2007). Sull'analisi della risposta sismica locale mediante codici di calcolo numerici. Proc. of IARG 2007, Salerno, Italy.
- Justo, J. L., N. Vázquez y P. Durand (2005). Proyecto de restauración del Tajo de San Pedro de La Alhambra de Granada. Confederación hidrográfica del Guadalquivir y Patronato de La Alhambra y Generalife.
- Justo, J. L., J. Saura, P. Durand, A. Morales, J. M. Azañón y D. Castro (2007). The restoration of San Pedro cliff at the Alhambra, an example of the preservation of historic sites. *Preservation of Natural and Rock Weathering*.
- Justo, J. L., J. M. Azañón, A. Azor, J. Saura, P. Durand, M. Villalobos, A. Morales y E. Justo (2008). Neotectonics and slope stabilization at the Alhambra, Granada, Spain. *Engineering Geology*, **100**, 101-119.
- Kuhlmeyer, R. L., y J. Lysmer (1973). Finite element method accuracy for wave propagation problems. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division*, **99**(5), 421-427.
- Lanzo, G., A. Pagliaroli y B. D'Elia (2004). L'influenza della modellazione di Rayleigh dello smorzamento viscoso nelle analisi di risposta sismica locale, ANIDIS, XI Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Genova, Italy.

Muñoz, B., y J. A. Torres Vila (2000). Sistemas de soporte flexibles en la estabilización de taludes y control de la erosión. Experiencias de aplicación en Andalucía. *Segundo Congreso Andaluz de Carreteras*, Cádiz, 2, 1349-1362.

Park, D, y Y. M. A. Hashash (2004). Soil damping formulation in nonlinear time domain site response analysis. *Journal of Earthquake Engineering*, **8**(2), 249-274.

Plaxis (2007). Plaxis versión 8. Dynamics manual.

Visone, C., E. Bilotta y F. Santucci (2008). Remarks on site response analysis by using Plaxis dynamic module. *Plaxis Bulletin*, 14-18.

Anejo 1

Cálculo de la media y de la varianza de y

Anejo 1.

Cálculo de la media y la varianza de y .

1. Media de y

En (1.7) se deduce que:

$$y = \frac{\partial}{\partial \beta} \ln f(M_i, \beta) = \frac{e^{-\beta(M-M_0)} - \beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}}{\beta \cdot e^{-\beta(M-M_0)}} = \frac{1}{\beta} + M_0 - M \quad (\text{A1.1})$$

Su media es:

$$E(y) = \int_{M_0}^{\infty} y f(M, \beta) dM = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right) e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.2})$$

Desarrollando la expresión:

$$E(y) = \beta \left[\int_{M_0}^{\infty} \frac{1}{\beta} e^{-\beta(M-M_0)} dM + \int_{M_0}^{\infty} M_0 e^{-\beta(M-M_0)} dM - \int_{M_0}^{\infty} M e^{-\beta(M-M_0)} dM \right]$$

$$E(y) = \beta[(1) + (2) + (3)] \quad (\text{A1.3})$$

Resolviendo la ecuación (1):

$$(1) = \frac{1}{\beta} \int_{M_0}^{\infty} e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.4})$$

Es necesario realizar el siguiente cambio de variable:

$$u = -\beta(M - M_0) \Rightarrow M = M_0 - \frac{u}{\beta} \quad (\text{A1.5})$$

$$du = -\beta dM \Rightarrow dM = \frac{-du}{\beta} \quad (\text{A1.6})$$

Sustituyendo:

$$(1) = \frac{1}{\beta} \int_0^{-\infty} e^u \frac{du}{-\beta} = \frac{-1}{\beta^2} [e^u + C]_0^{-\infty} = \frac{1}{\beta^2} \quad (\text{A1.7})$$

Se resuelve (2) de modo análogo a (1):

$$(2) = M_0 \int_{M_0}^{\infty} e^{-\beta(M-M_0)} dM = \frac{M_0}{\beta} \quad (\text{A1.8})$$

Resolvemos (3):

$$(3) = \int_{M_0}^{\infty} M e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.9})$$

Es necesario realizar el siguiente cambio de variable:

$$u = -\beta(M - M_0) \Rightarrow M = M_0 - \frac{u}{\beta} \quad (\text{A1.10})$$

$$du = -\beta dM \Rightarrow dM = \frac{-du}{\beta} \quad (\text{A1.11})$$

$$(3) = \int_0^{-\infty} \left(M - \frac{u}{\beta} \right) e^u \frac{du}{-\beta} = \frac{-1}{\beta} \left[\int_0^{-\infty} M_0 e^u du - \int_0^{-\infty} \frac{-u}{\beta} e^u du \right] = \frac{M_0}{\beta} + (5) \quad (\text{A1.12})$$

$$(5) = \frac{1}{\beta^2} \int_0^{-\infty} u e^u du = \frac{1}{\beta^2} \left[e^u (u - 1) + C \right]_0^{-\infty} = \frac{1}{\beta^2} \quad (\text{A1.13})$$

Por tanto:

$$(3) = \frac{M_0}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} \quad (\text{A1.14})$$

Una vez reagrupados todos los términos:

$$E(y) = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right) e^{-\beta(M-M_0)} dM = \beta \left(\frac{1}{\beta^2} + \frac{M_0}{\beta} - \frac{M_0}{\beta} - \frac{1}{\beta^2} \right) = 0 \quad (\text{A1.15})$$

2. Varianza de y

La varianza de y se define como:

$$\text{var}(y) = \int_{M_0}^{\infty} y^2 f(M, \beta) dM = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta} + M_0 - M \right)^2 e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.16})$$

$$\text{var}(y) = \beta \int_{M_0}^{\infty} \left(\frac{1}{\beta^2} + M_0^2 + \frac{2M_0}{\beta} + M^2 - \frac{2M}{\beta} - 2MM_0 \right) e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.17})$$

$$\text{var}(y) = \beta[(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)]$$

Resolviendo las ecuaciones de modo análogo:

$$(1) = \frac{1}{\beta^2} \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\beta^3} \quad (\text{A1.18})$$

$$(2) = M_0^2 \frac{1}{\beta} = \frac{M_0^2}{\beta} \quad (\text{A1.19})$$

$$(3) = \frac{2M_0}{\beta} \frac{1}{\beta} = \frac{2M_0}{\beta^2} \quad (\text{A1.20})$$

$$(5) = \frac{-2}{\beta} \left(\frac{M_0}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} \right) = \frac{-2M_0}{\beta^2} - \frac{2}{\beta^3} \quad (\text{A1.21})$$

$$(6) = -2M_0 \left(\frac{M_0}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} \right) = \frac{-2M_0^2}{\beta} - \frac{2M_0}{\beta^2} \quad (\text{A1.22})$$

$$(4) = \int_{M_0}^{\infty} M^2 e^{-\beta(M-M_0)} dM \quad (\text{A1.23})$$

Es necesario realizar el siguiente cambio de variable:

$$u = -\beta(M - M_0) \Rightarrow M = M_0 - \frac{u}{\beta}$$

$$du = -\beta dM \Rightarrow dM = \frac{-du}{\beta}$$

$$(4) = \int_0^{-\infty} \left(M_0 + \frac{u^2}{\beta^2} - 2\frac{uM_0}{\beta} \right) \frac{e^u}{-\beta} du = (4a) + (4b) + (4c) \quad (\text{A1.24})$$

$$(4a) = \frac{M_0^2}{-\beta} \int_0^{-\infty} e^u du = \frac{M_0^2}{\beta} \quad (\text{A1.25})$$

$$(4b) = \frac{1}{\beta^3} \int_0^{-\infty} u^2 e^u du = \frac{-1}{\beta^3} \left\{ [u^2 e^u + c]_0^{-\infty} - 2 \int_0^{-\infty} u e^u du \right\} = \frac{-1}{\beta^3} (-2) = \frac{2}{\beta^3} \quad (\text{A1.26})$$

$$(4c) = \frac{2M_0}{\beta^2} \int_0^{-\infty} u e^u du = \frac{2M_0}{\beta^2} [e^u (u-1) + C]_0^{-\infty} = \frac{2M_0}{\beta^2} \quad (\text{A1.27})$$

Reagrupando todos los términos de la ecuación:

$$\text{var}(y) = \beta \left(\frac{1}{\beta^3} + \frac{M_0^2}{\beta} + \frac{2M_0}{\beta^2} + \frac{M_0^2}{\beta} + \frac{2}{\beta^3} + \frac{2M}{\beta^2} - \frac{2M_0}{\beta^3} - \frac{2}{\beta^3} - \frac{2M_0}{\beta} - \frac{2M_0}{\beta^2} \right) = \frac{1}{\beta^2} \quad (\text{A1.28})$$

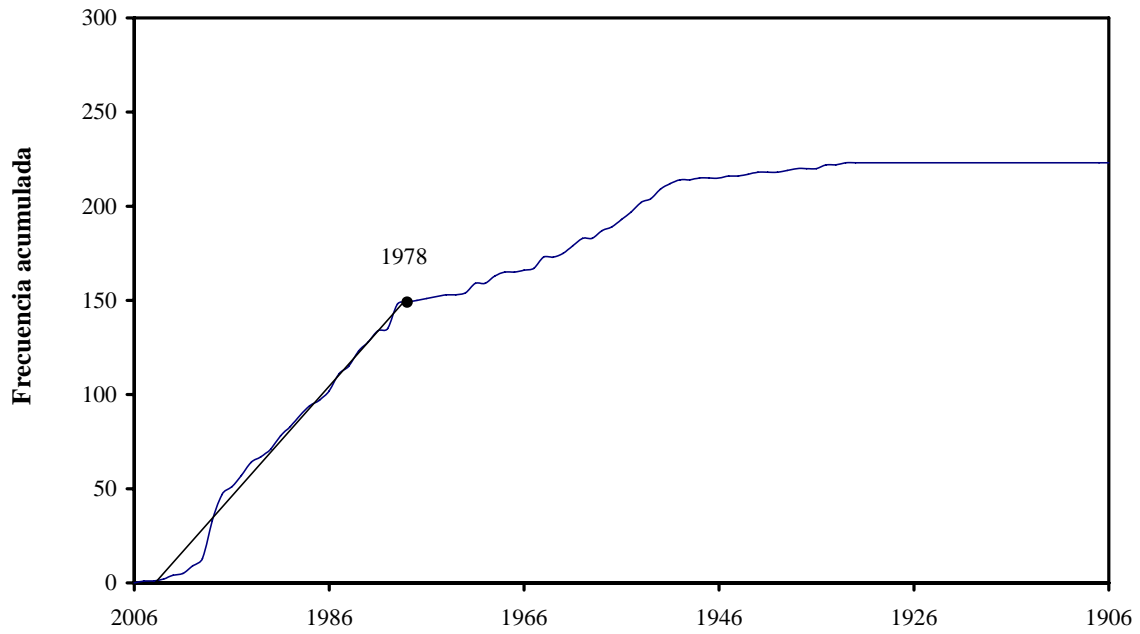
Anejo 2

Año de plenitud de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

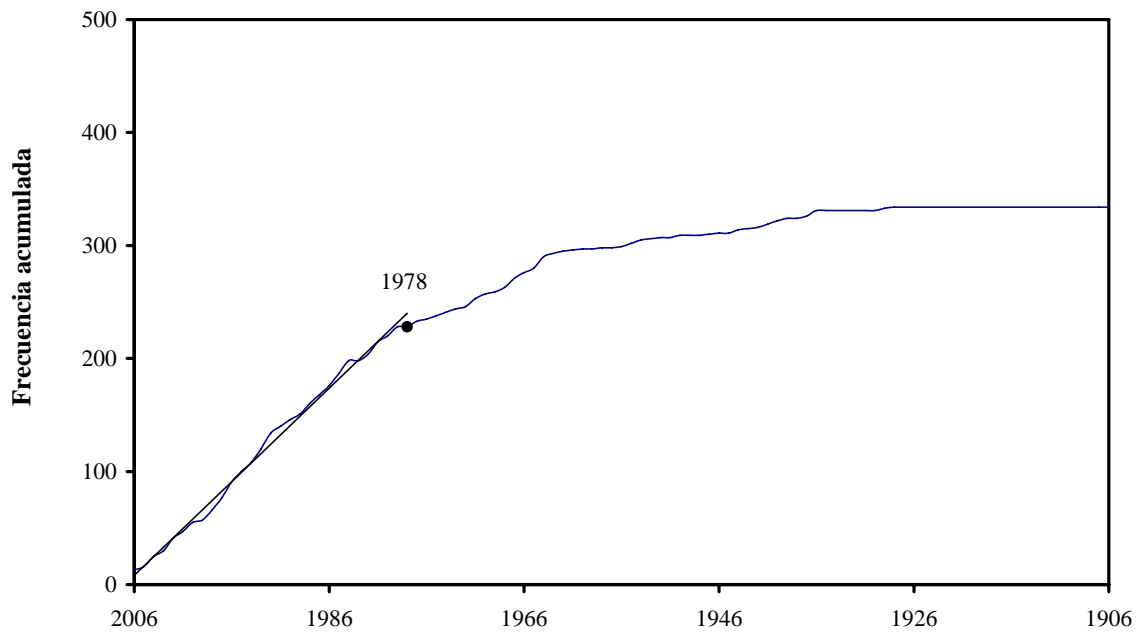
Anejo 2.

Año de plenitud de las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

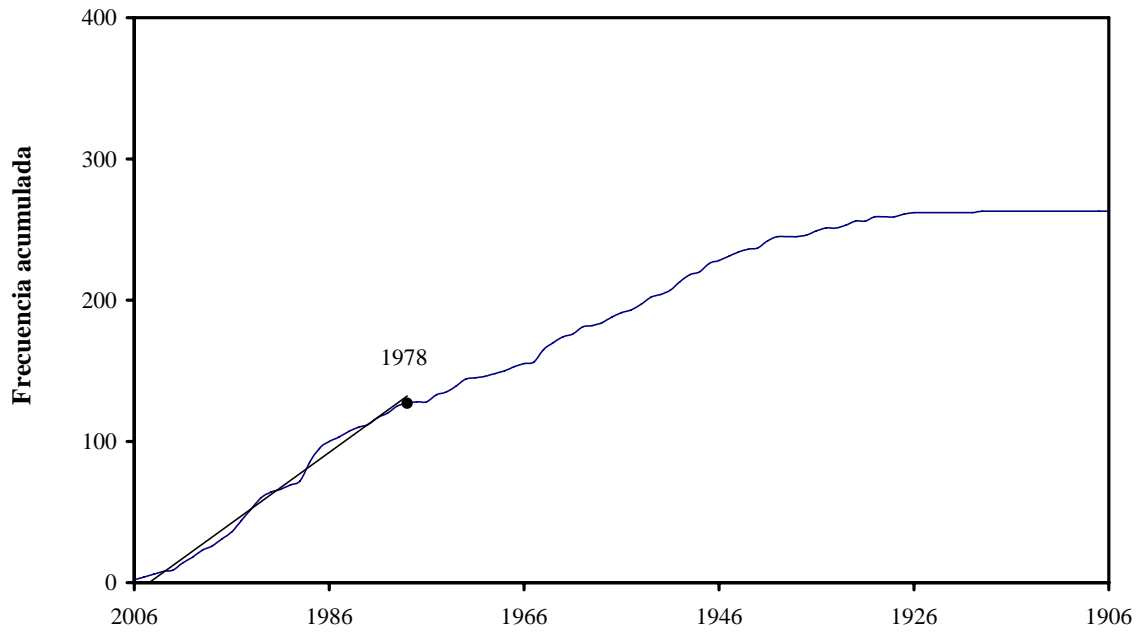
ZSG 1



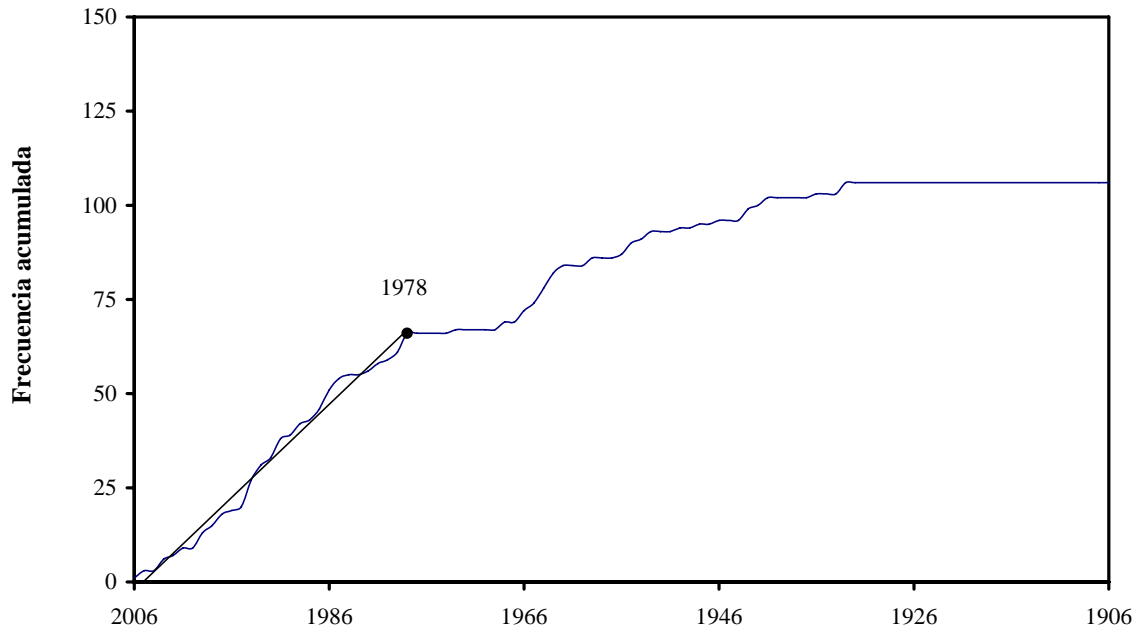
ZSG 2



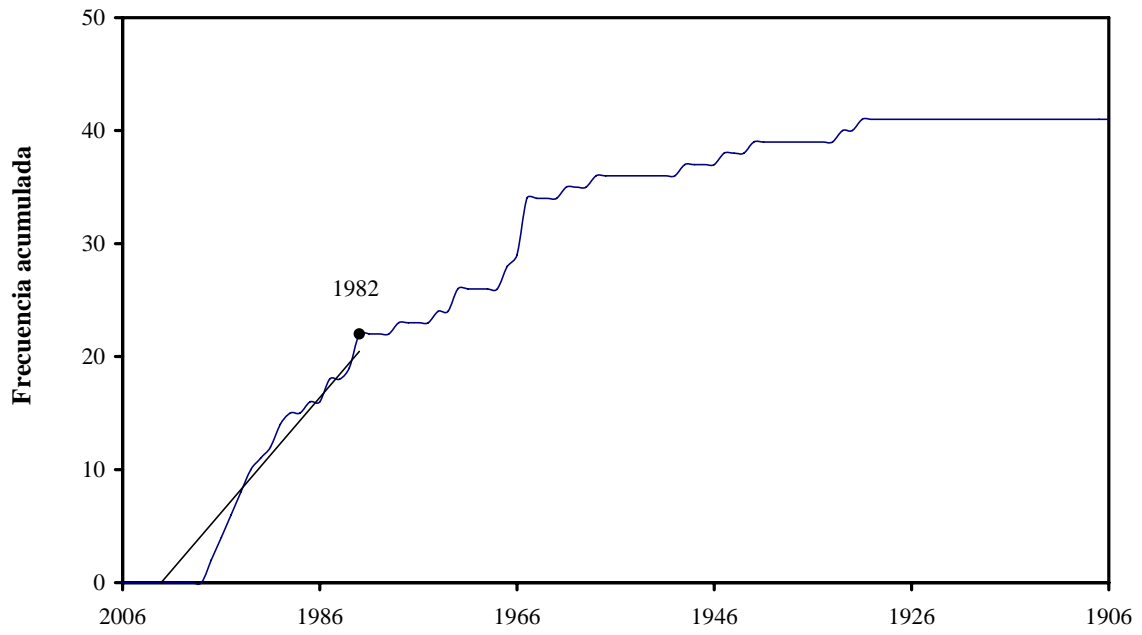
ZSG 3



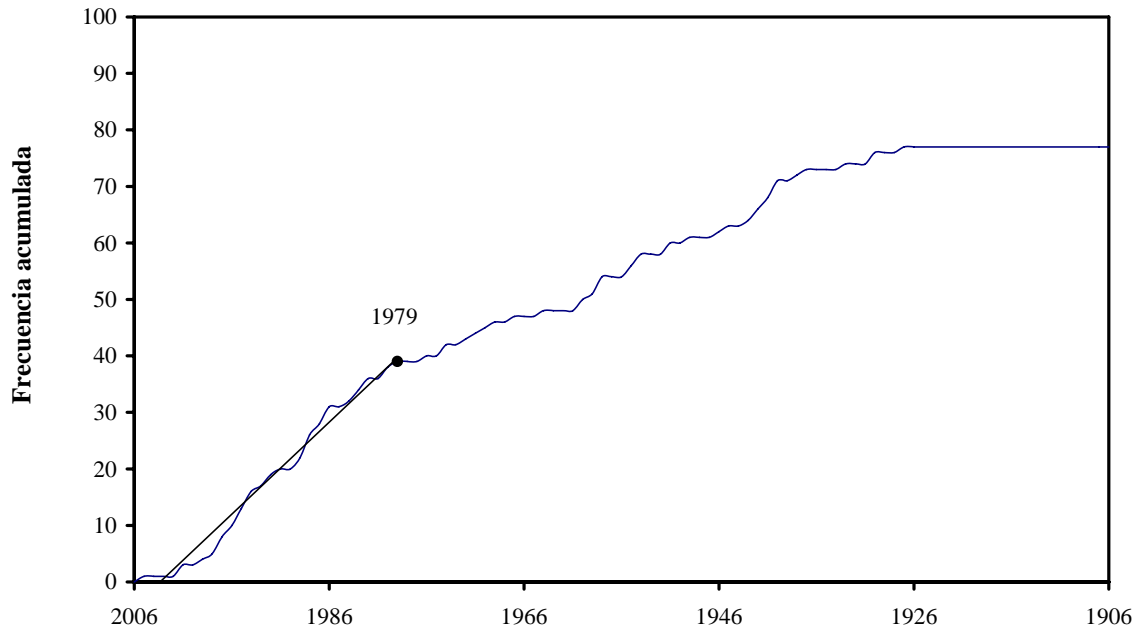
ZSG 4 M ≥ 3,0



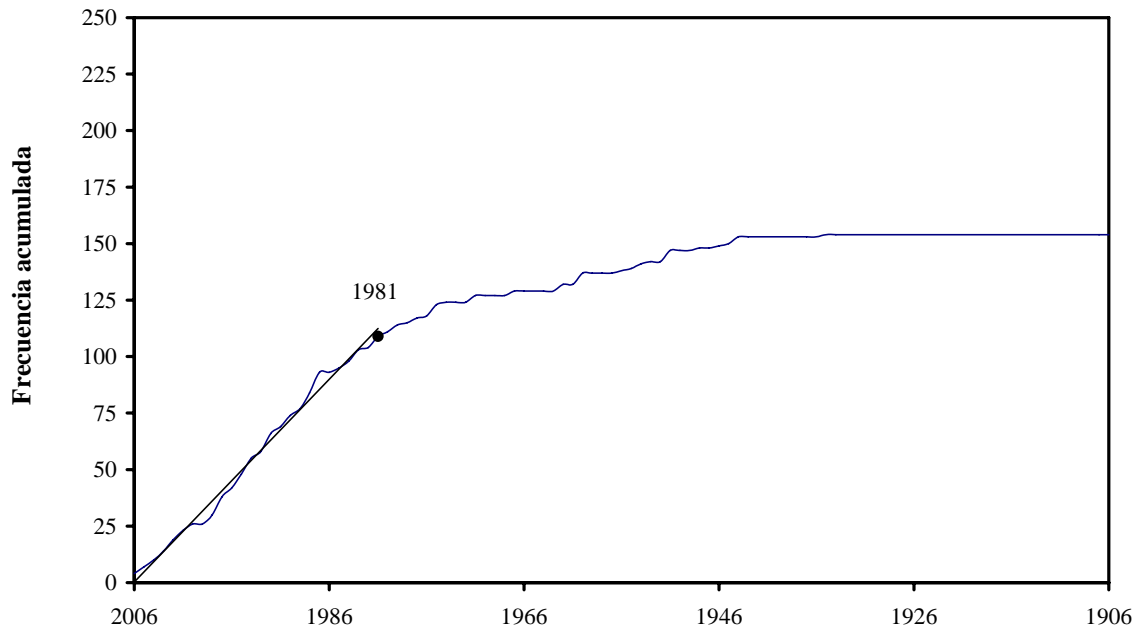
ZSG 5



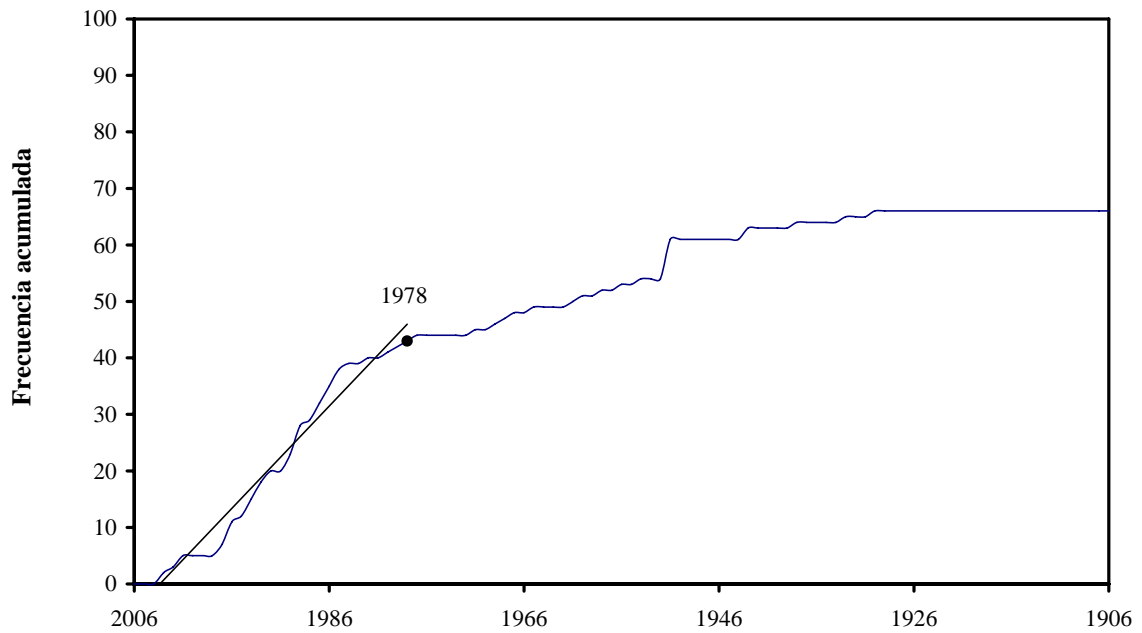
ZSG 6



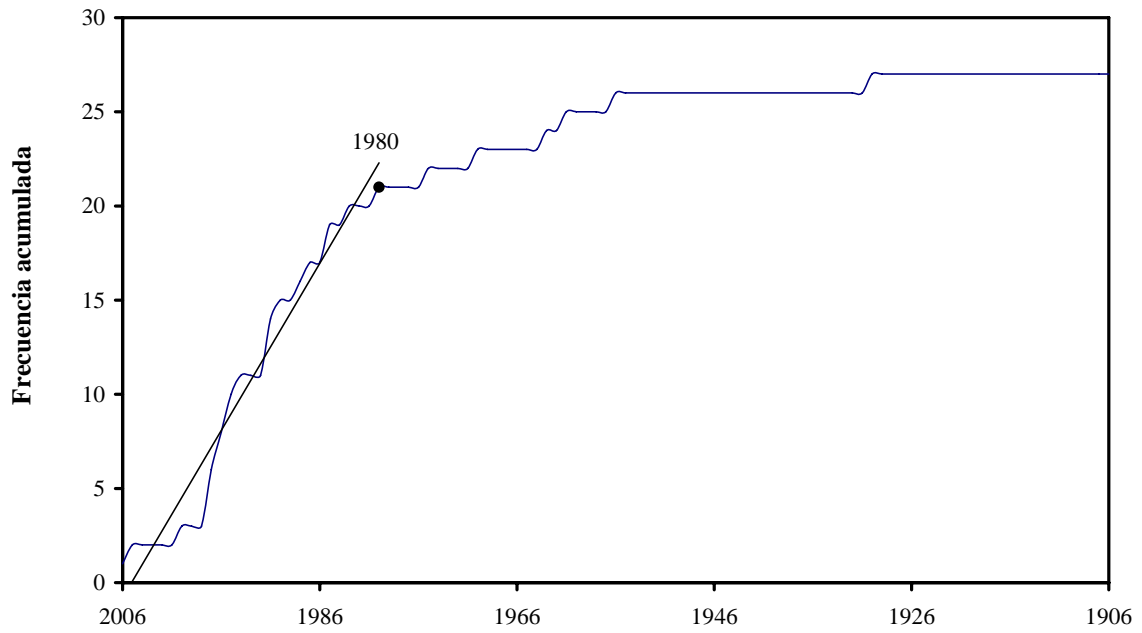
ZSG 7



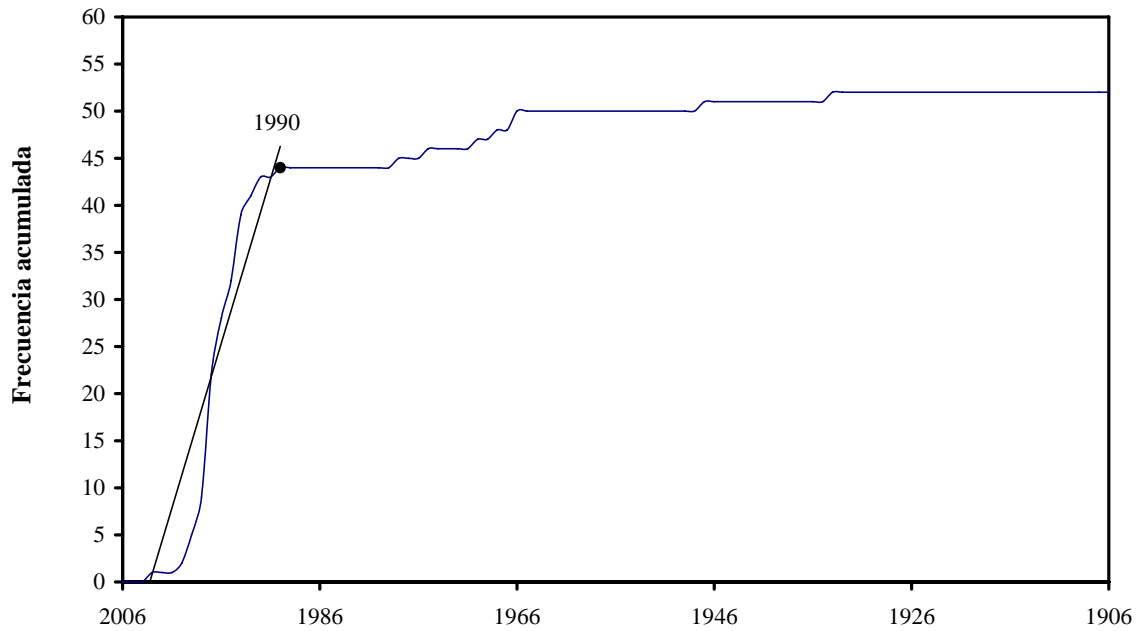
ZSG 8



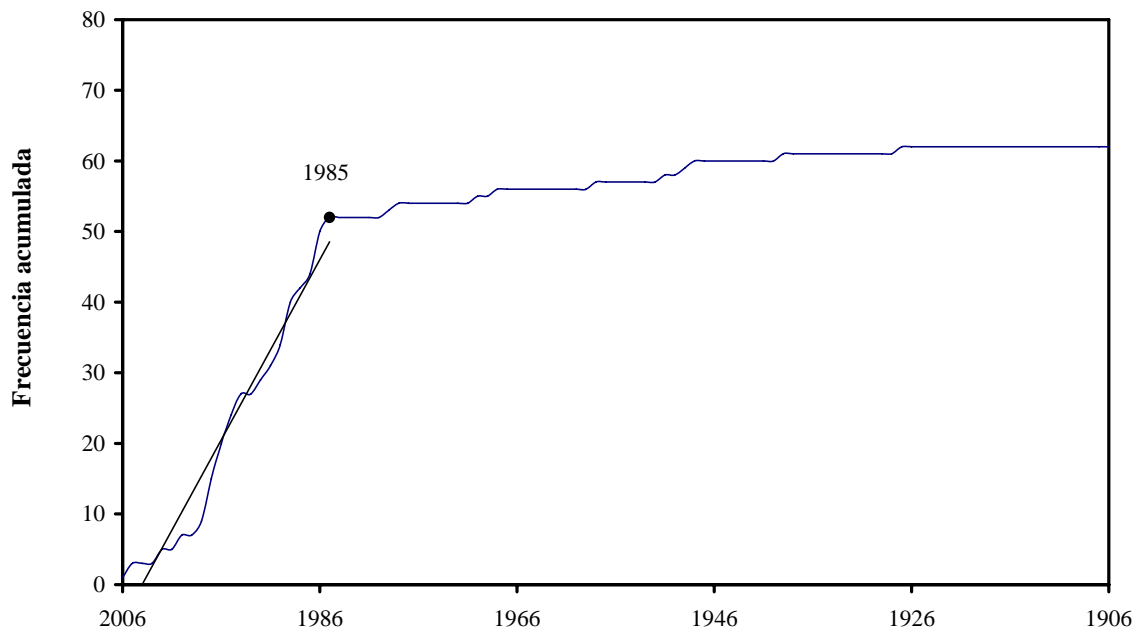
ZSG 9



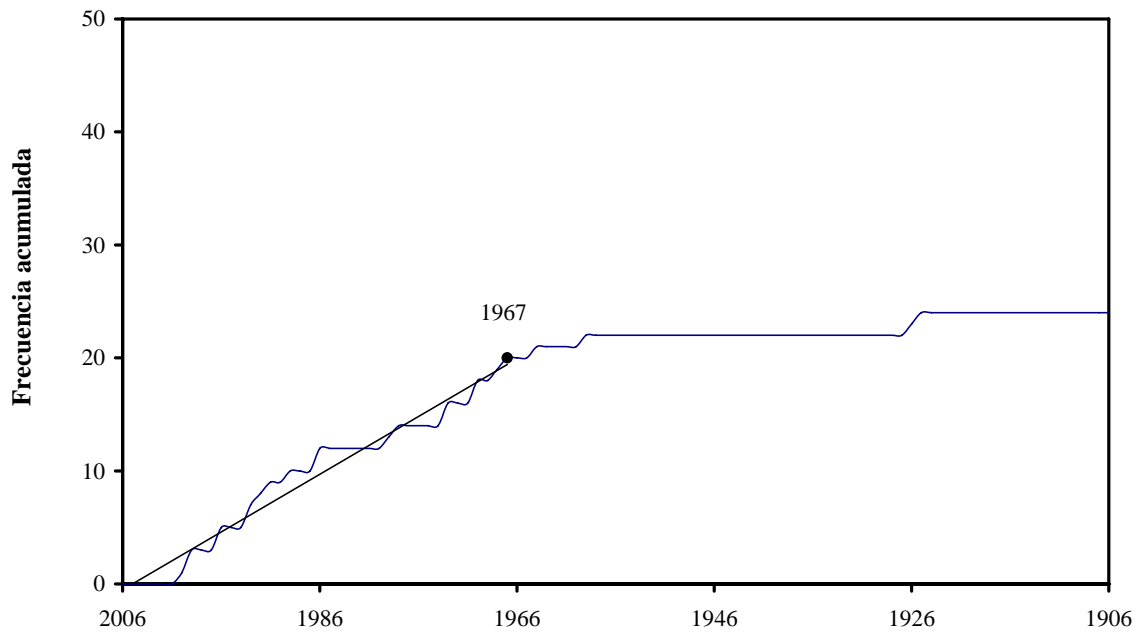
ZSG 10



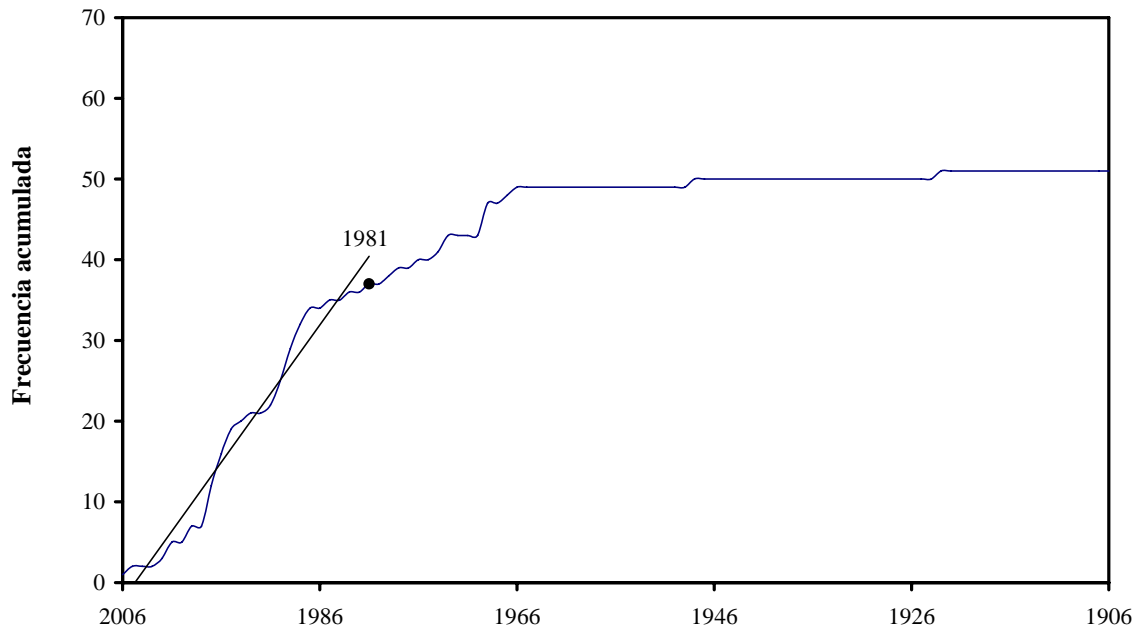
ZSG 11



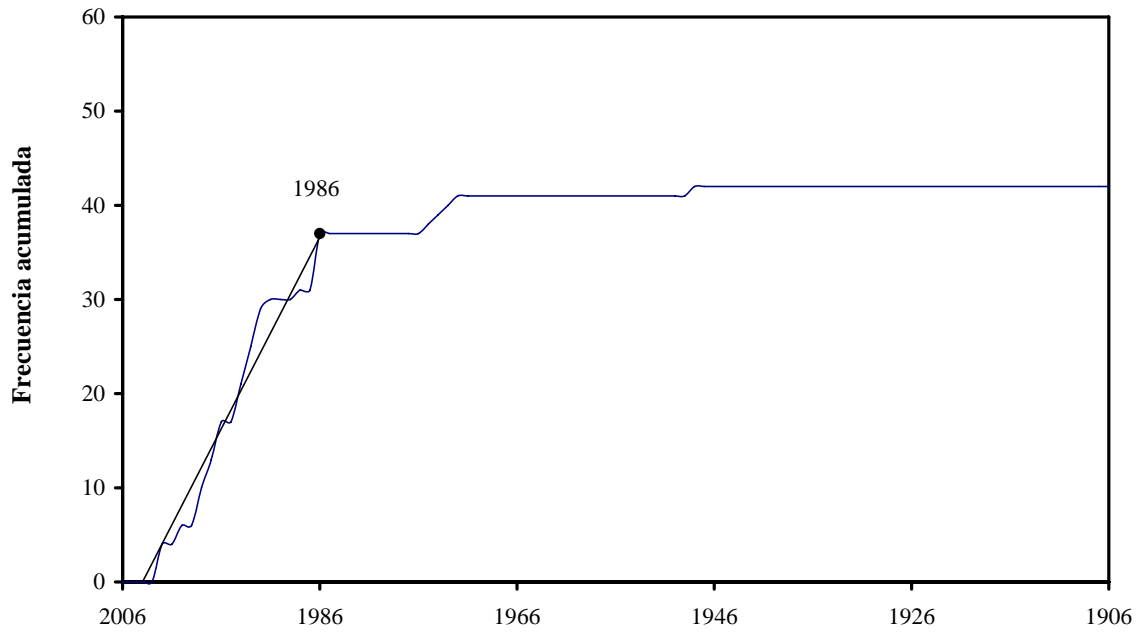
ZSG 12



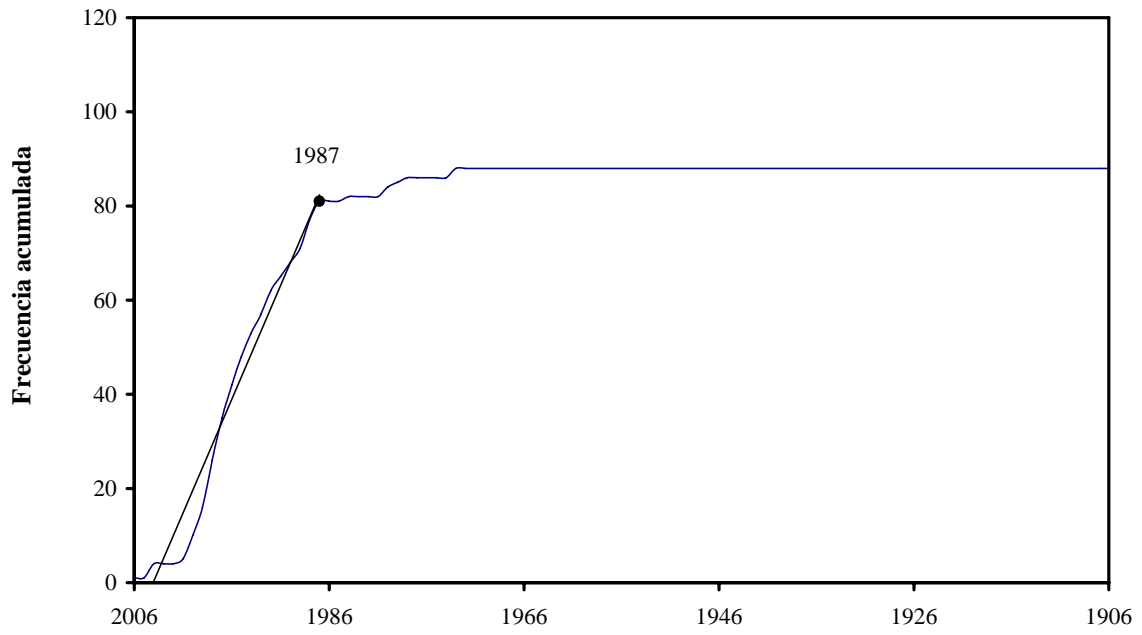
ZSG 13



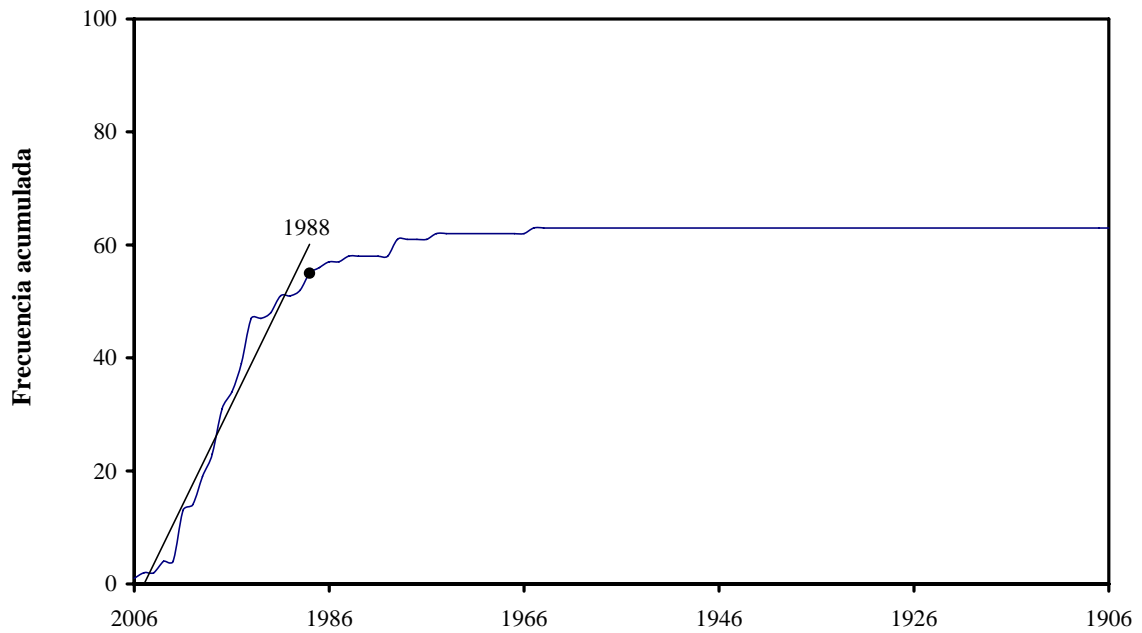
ZSG 14



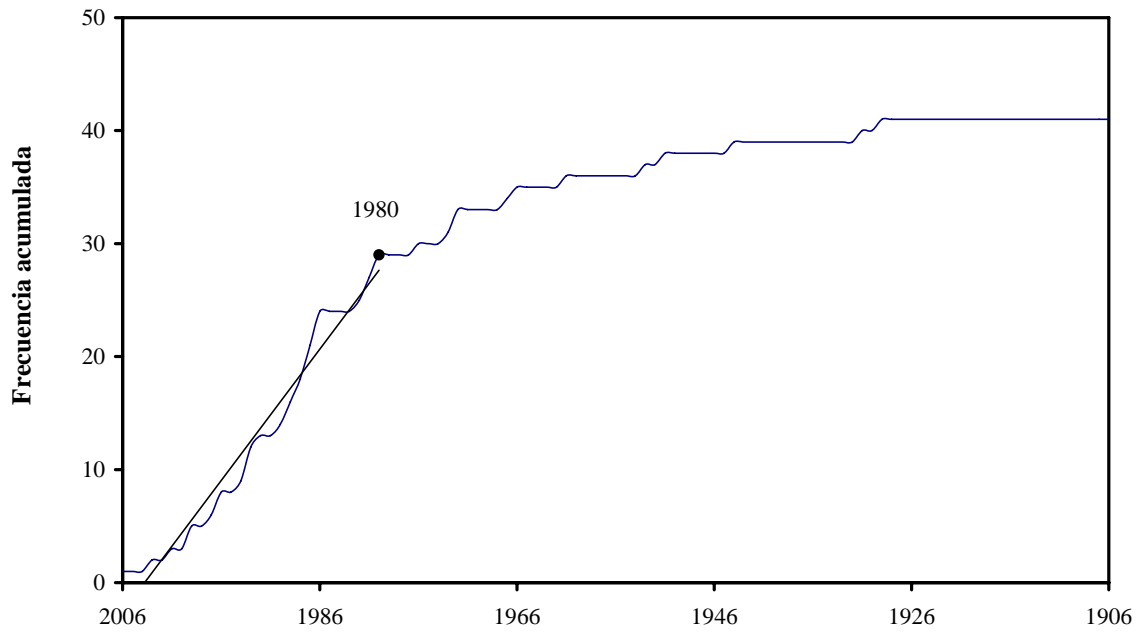
ZSG 15



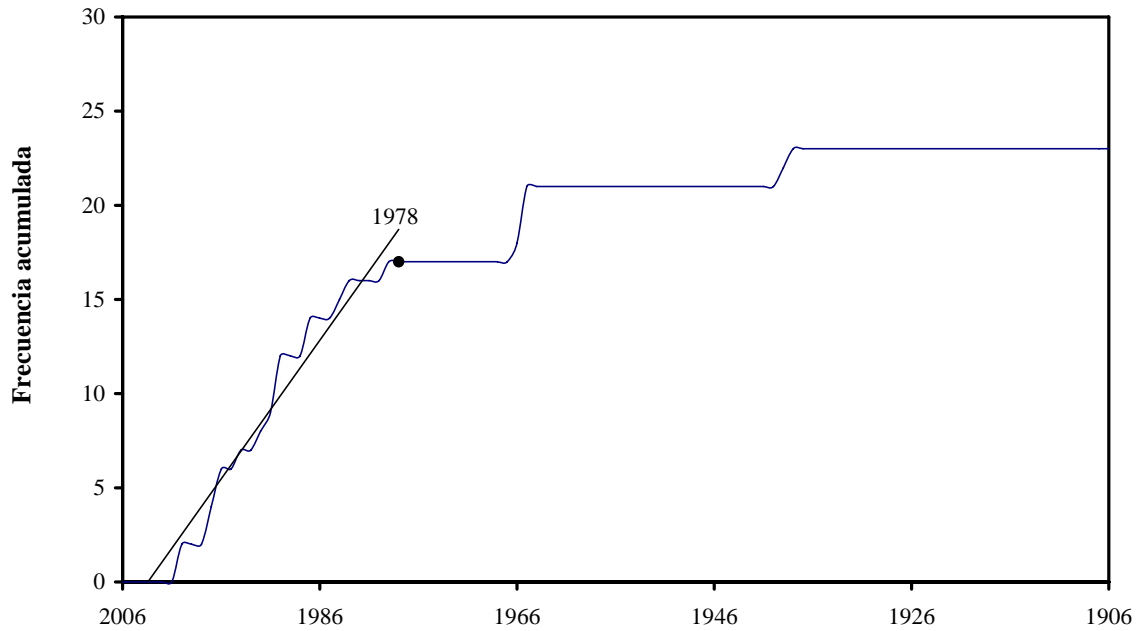
ZSG 16



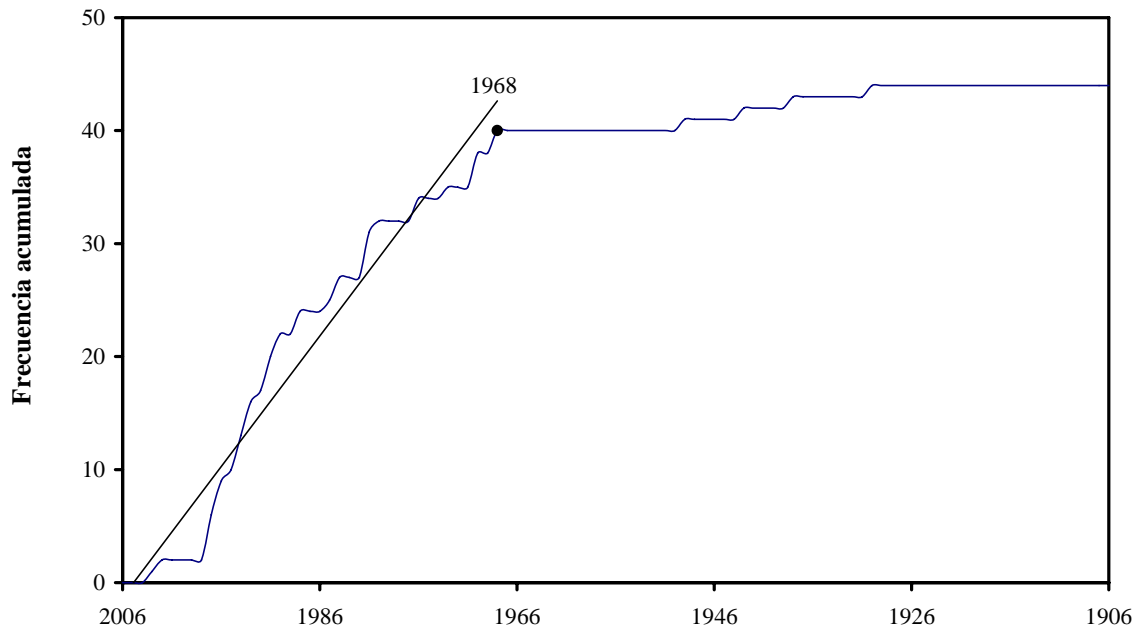
ZSG 17



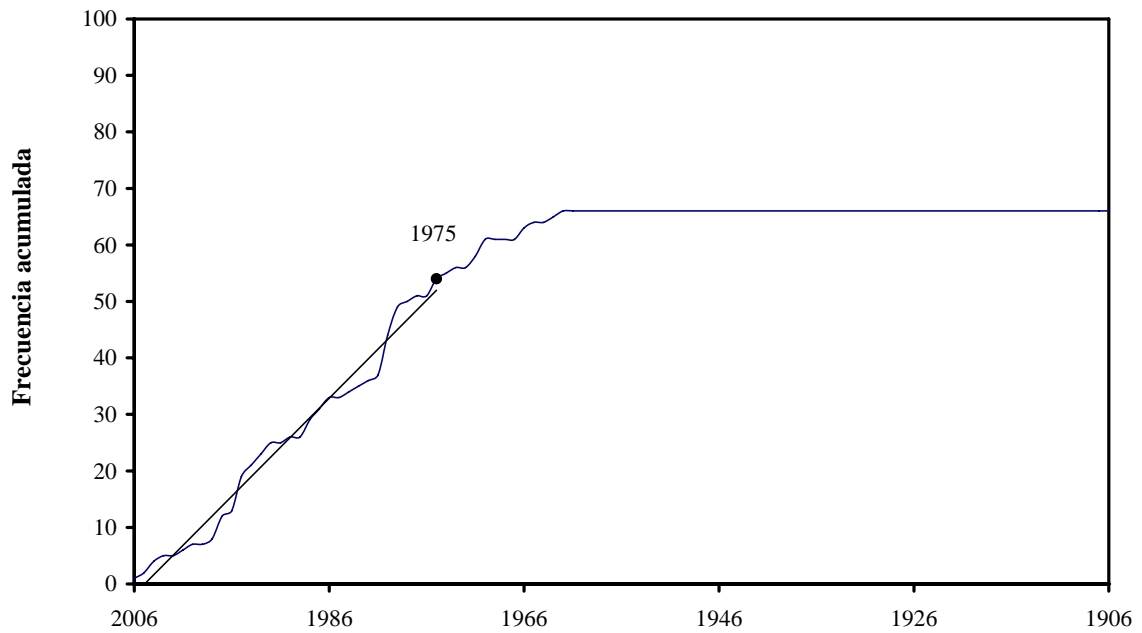
ZSG 18



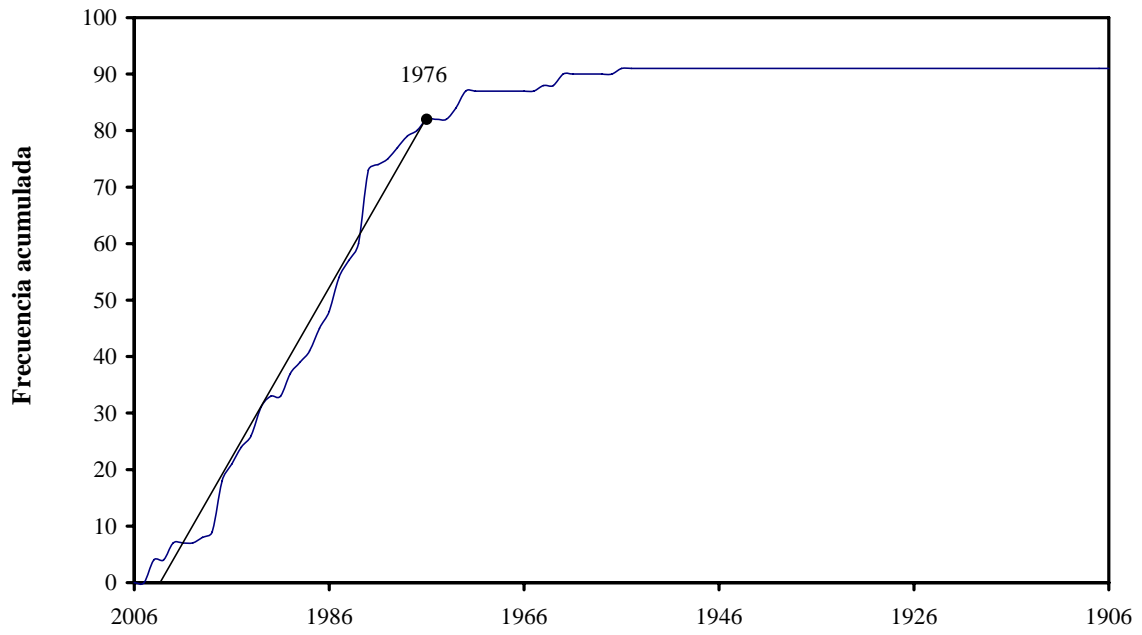
ZSG 19



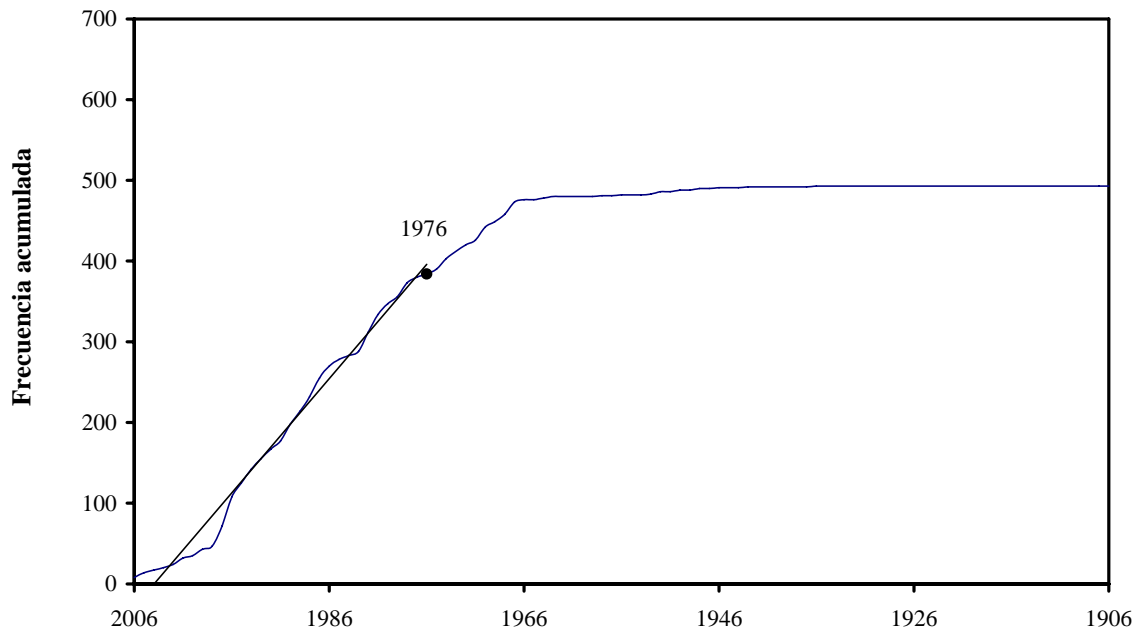
ZSG 20



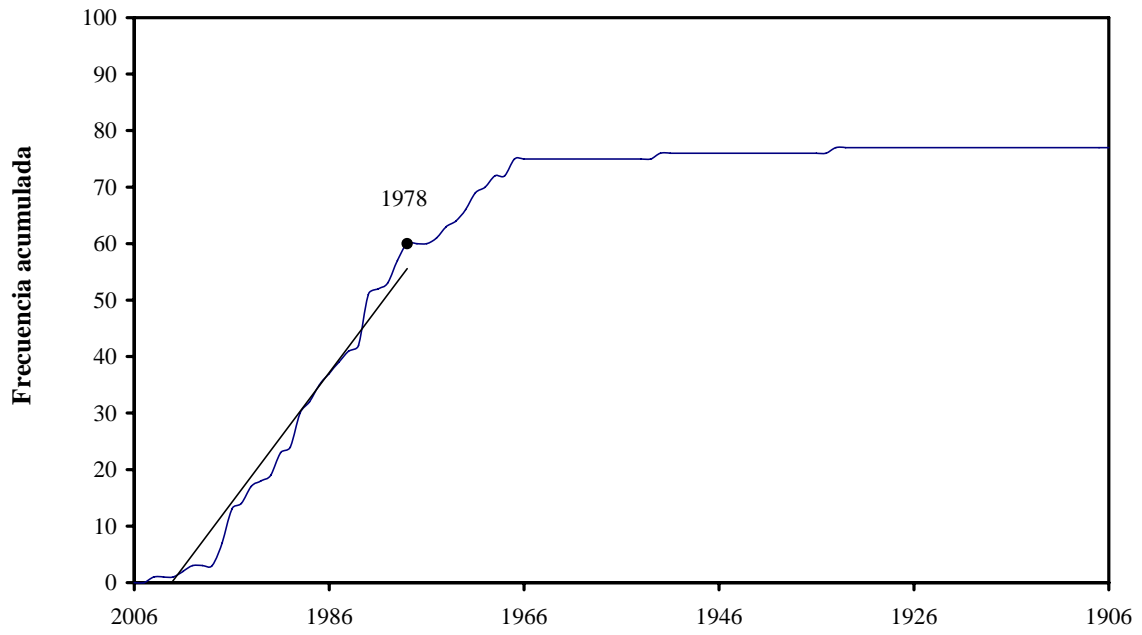
ZSG 21



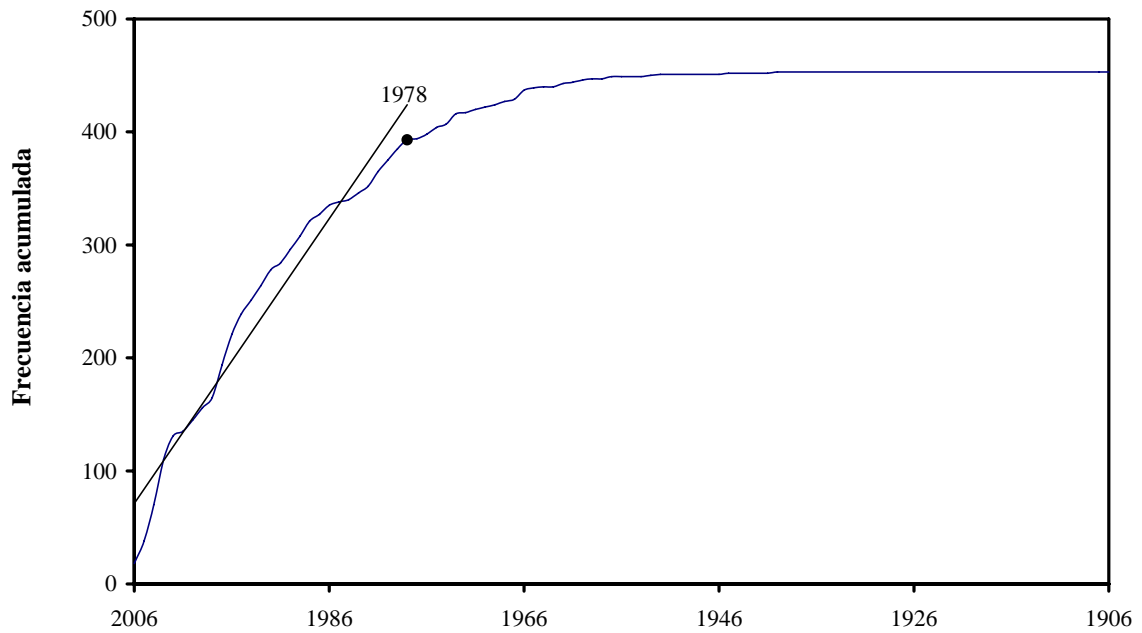
ZSG 22



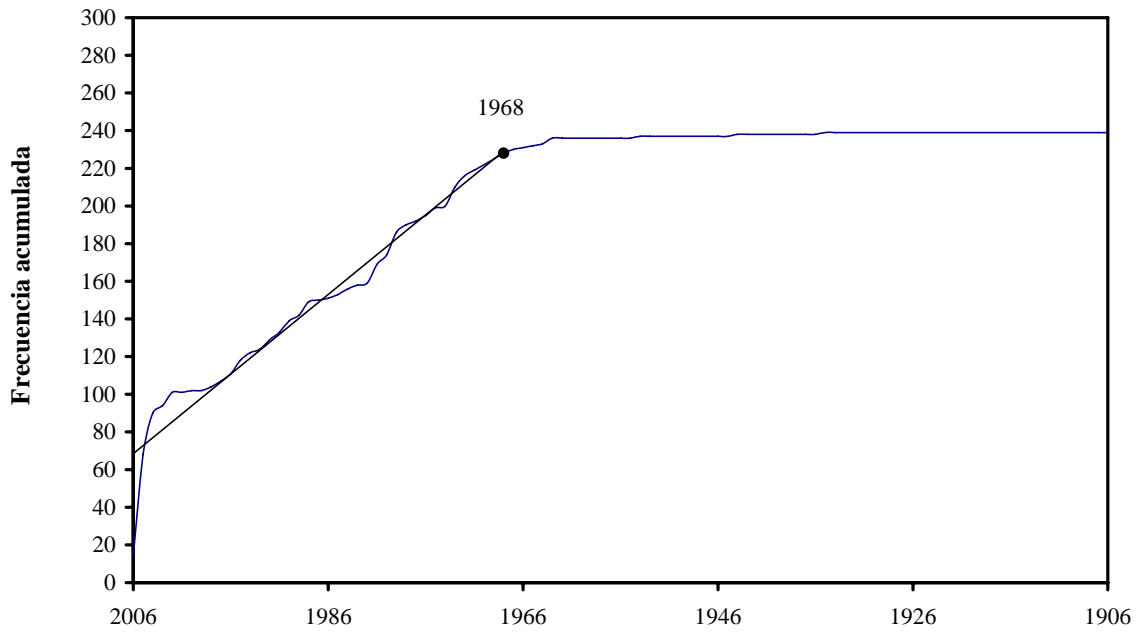
ZSG 23



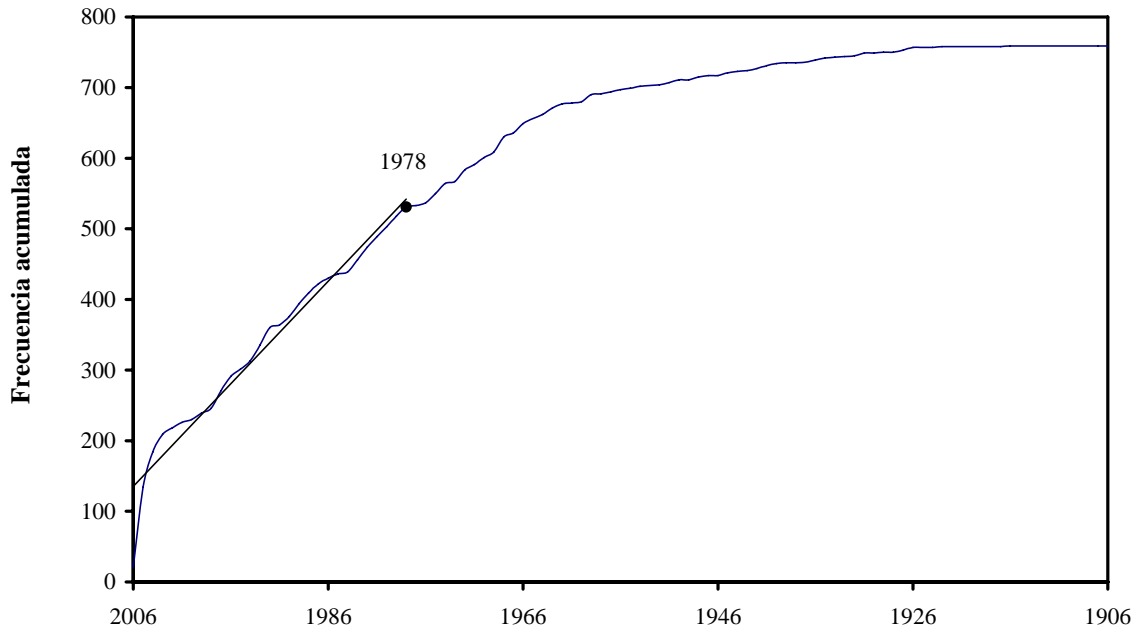
ZSG 24



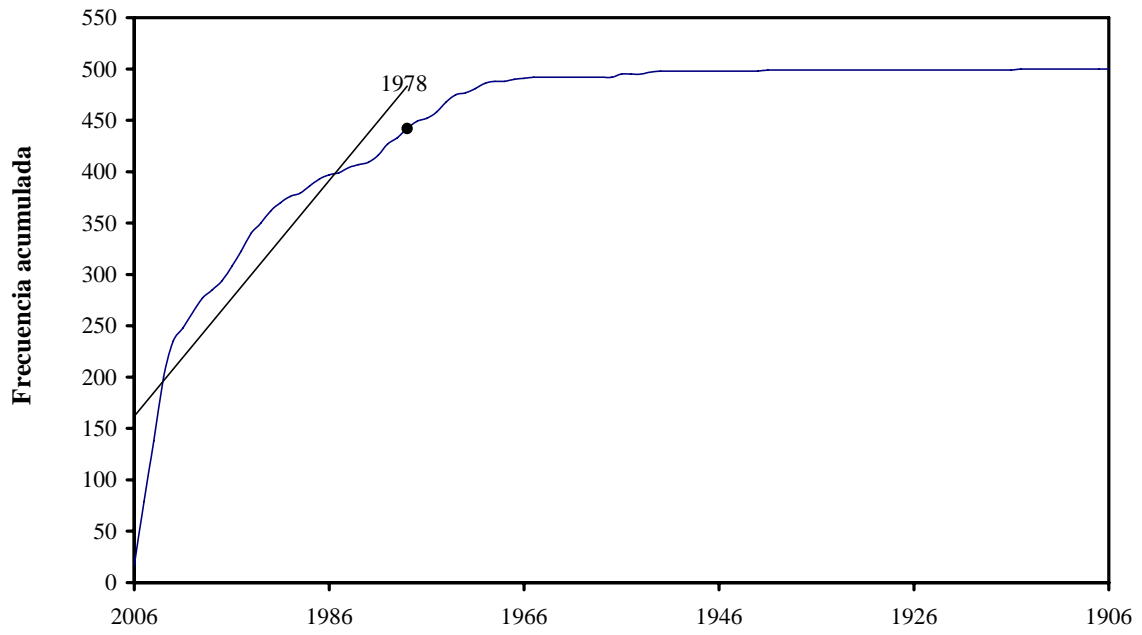
ZSG 25



ZSG 26



ZSG 27



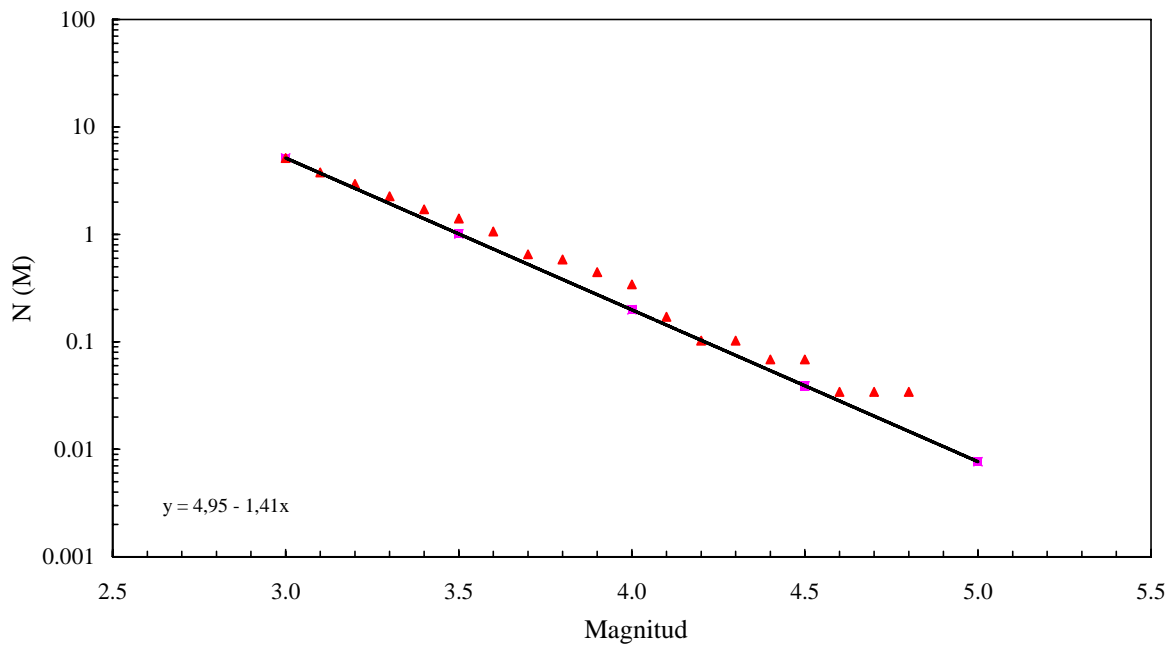
Anejo 3

Ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica

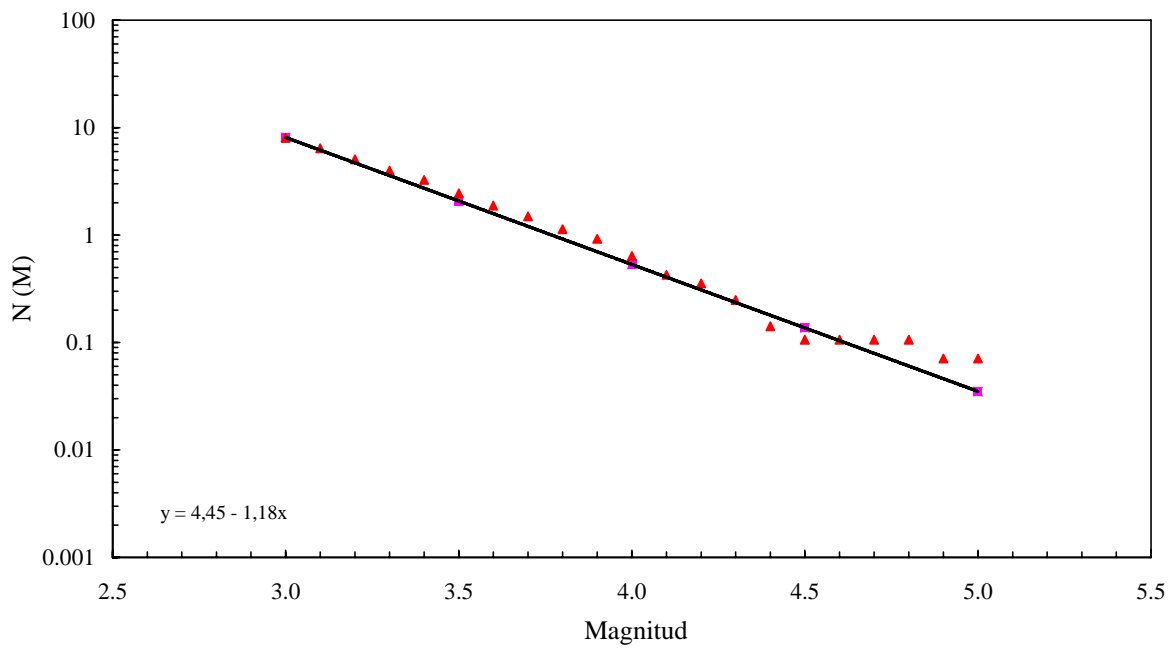
Anejo 3.

Ley de Gutenberg-Richter para las zonas sismogénicas de la Península Ibérica.

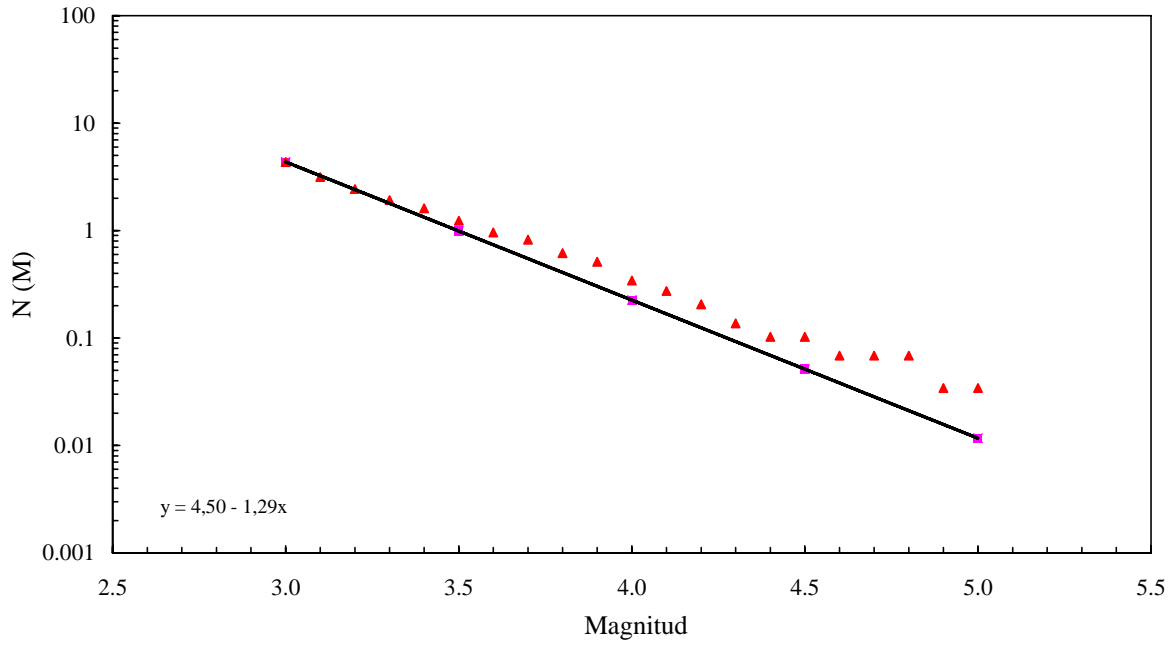
ZSG 1



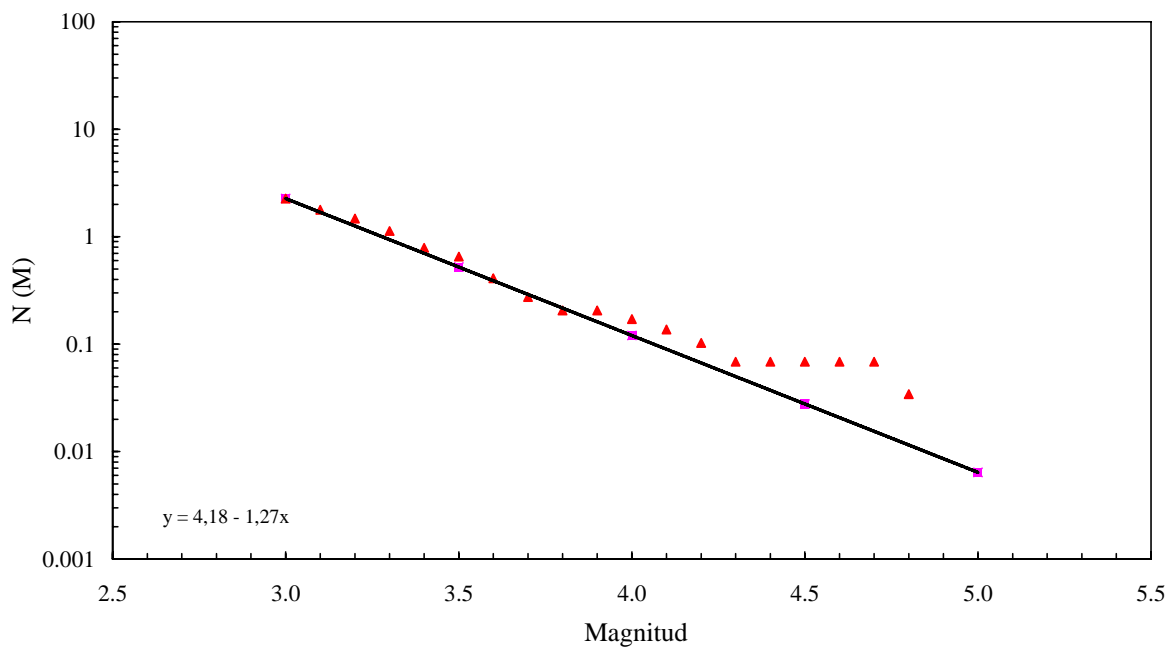
ZSG 2



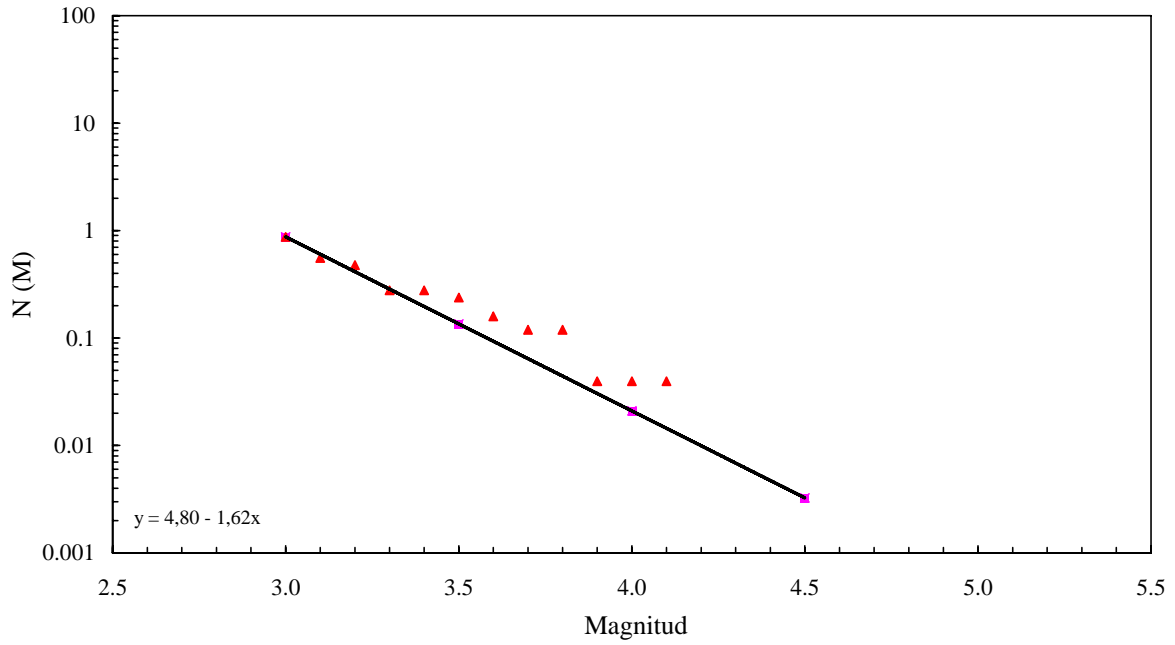
ZSG 3



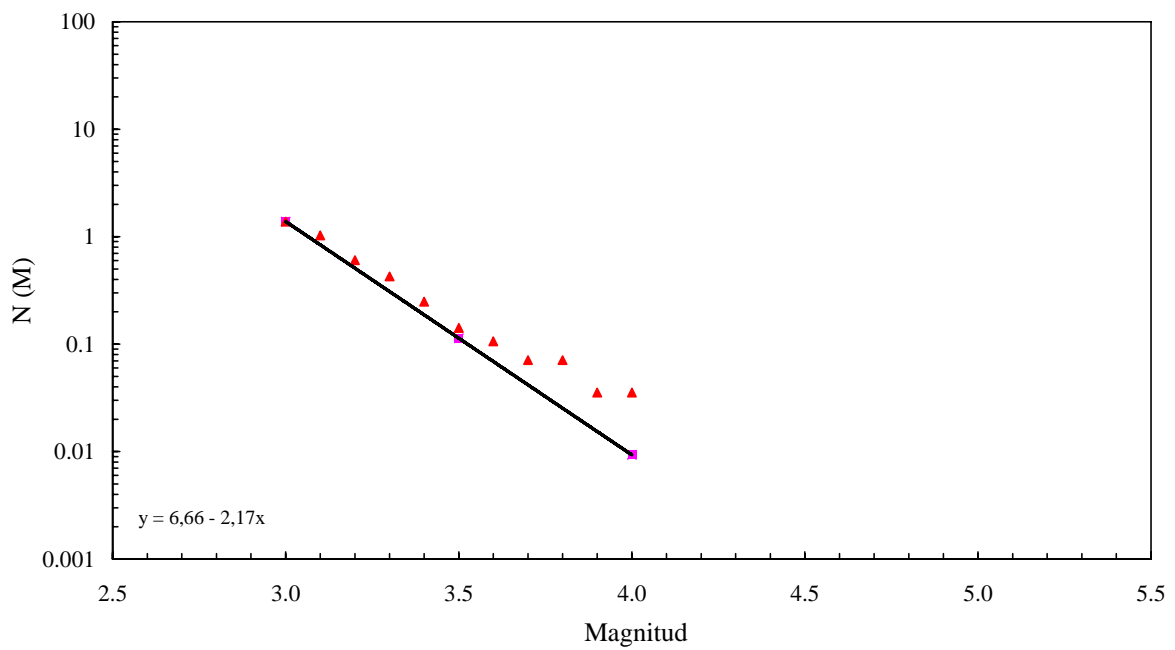
ZSG 4



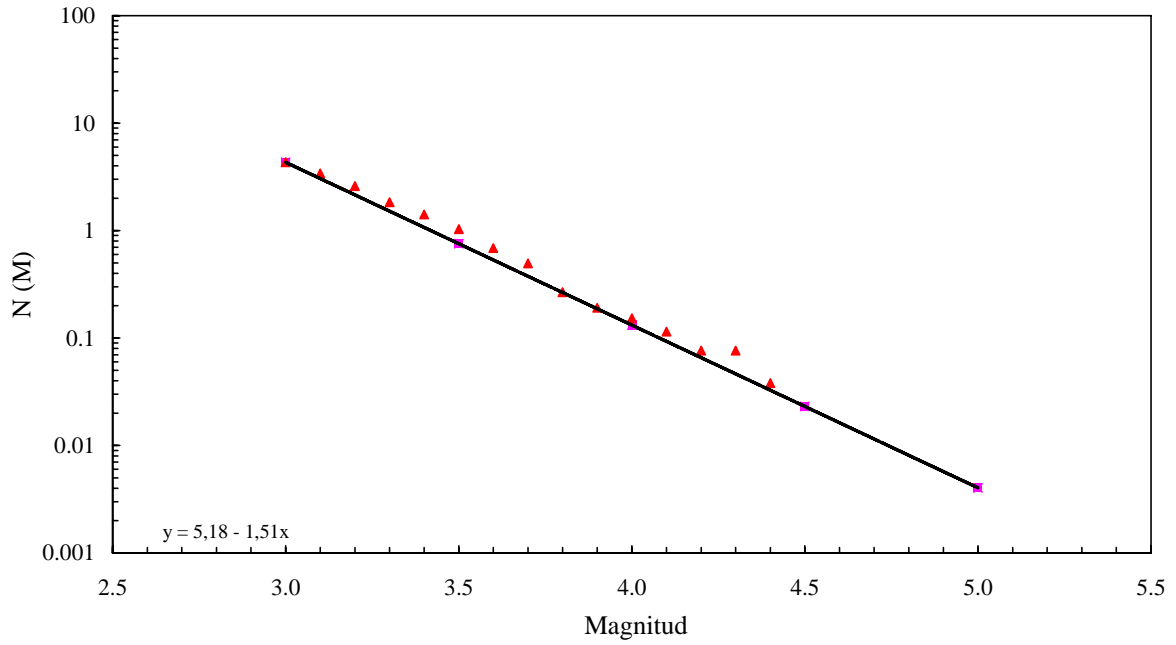
ZSG 5



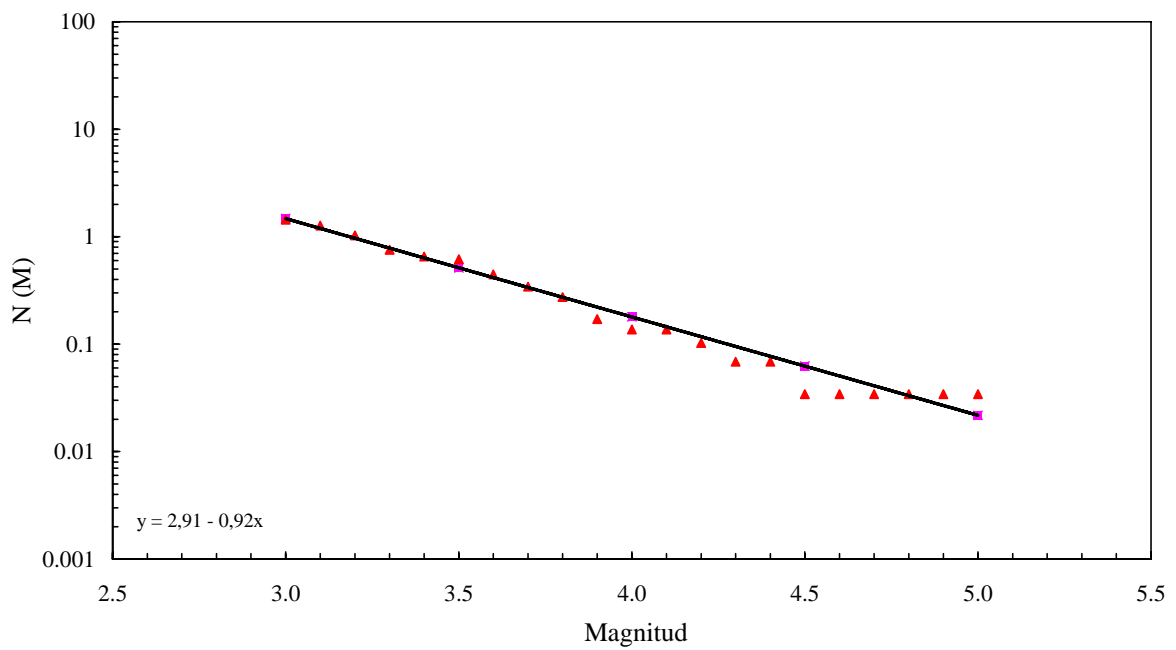
ZSG 6



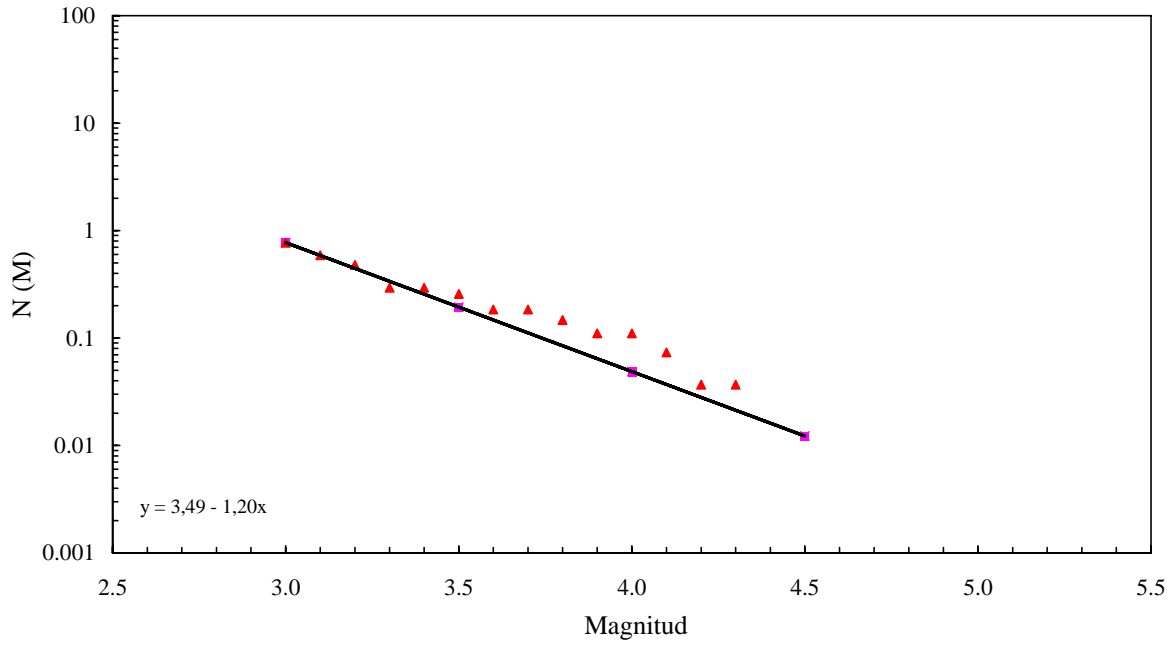
ZSG 7



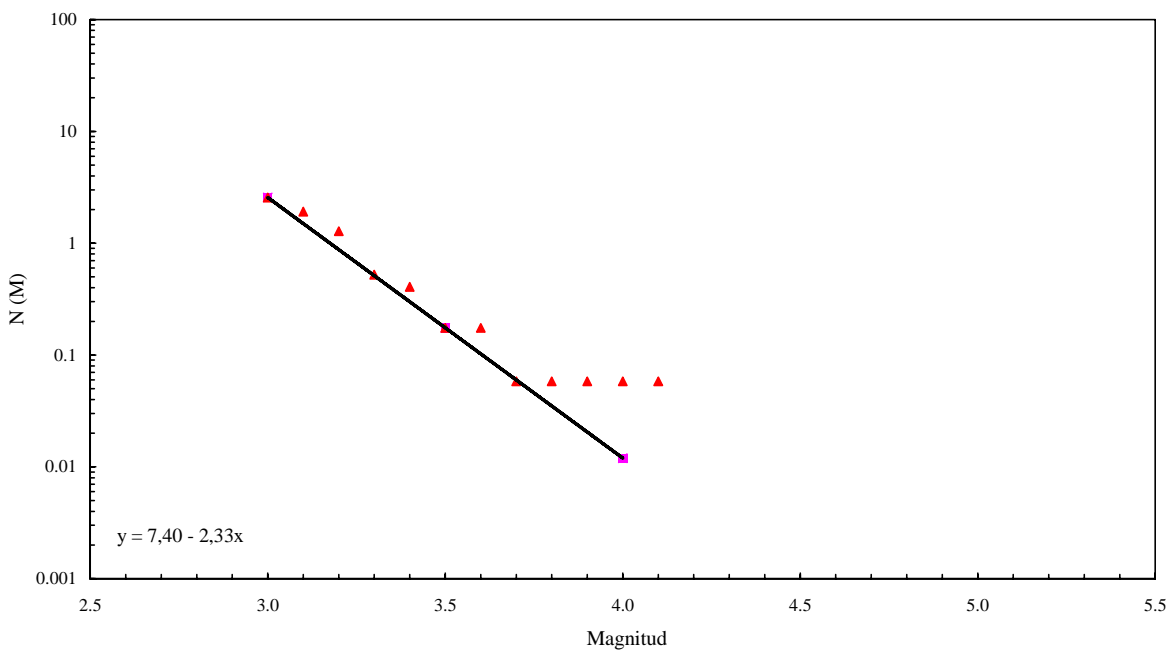
ZSG 8



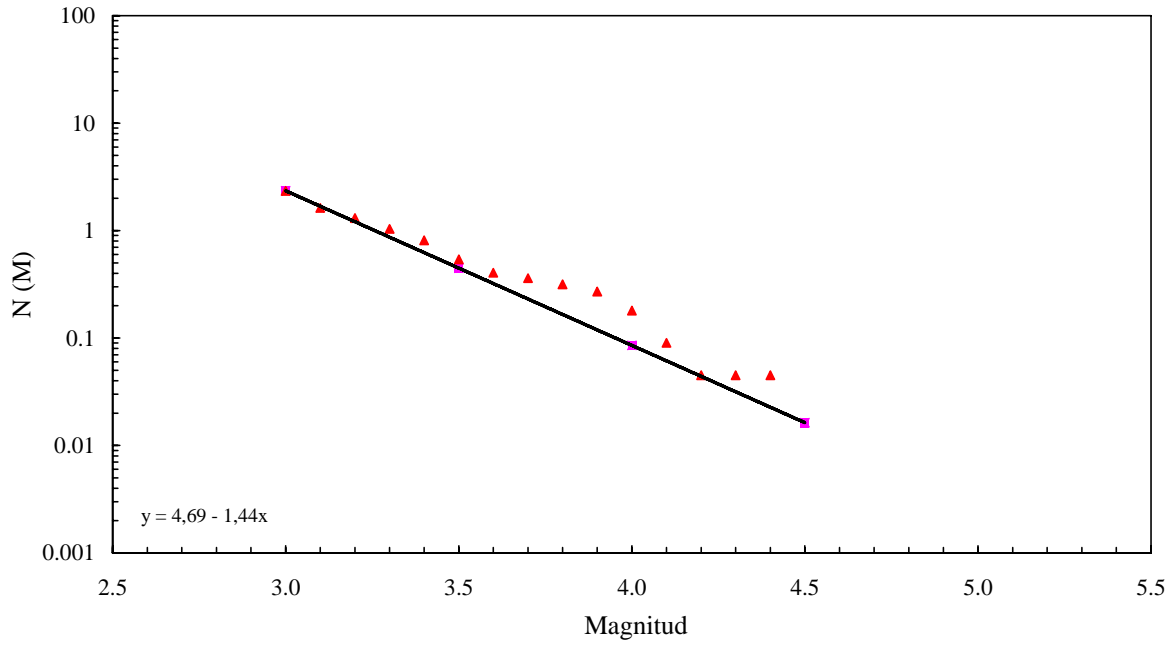
ZSG 9



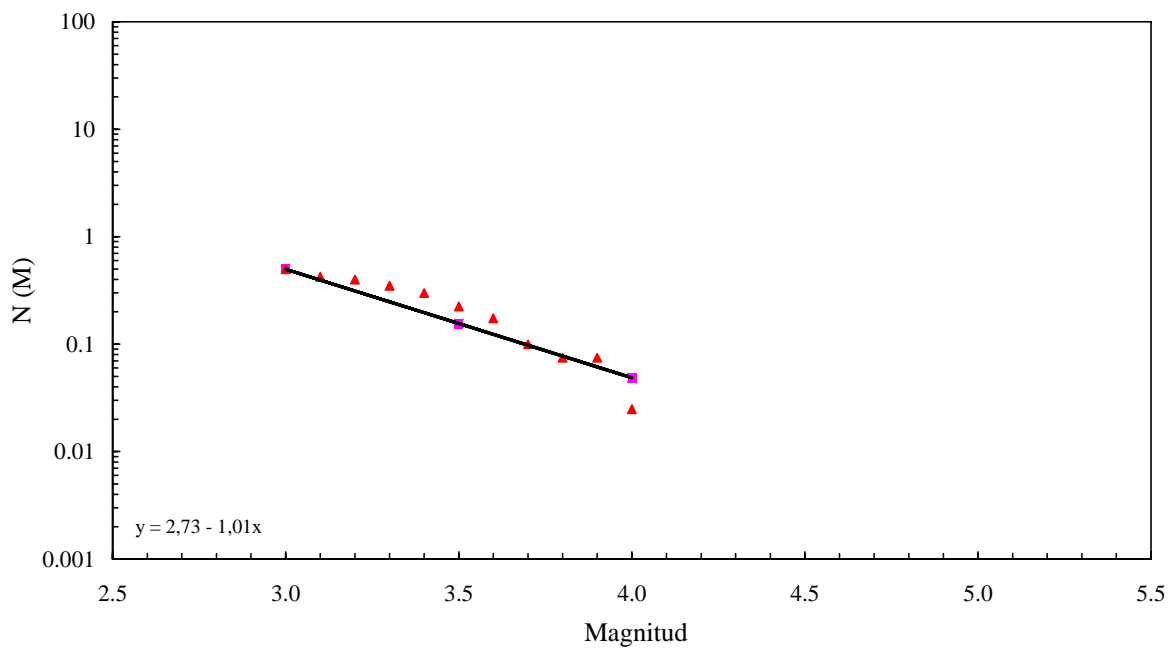
ZSG 10



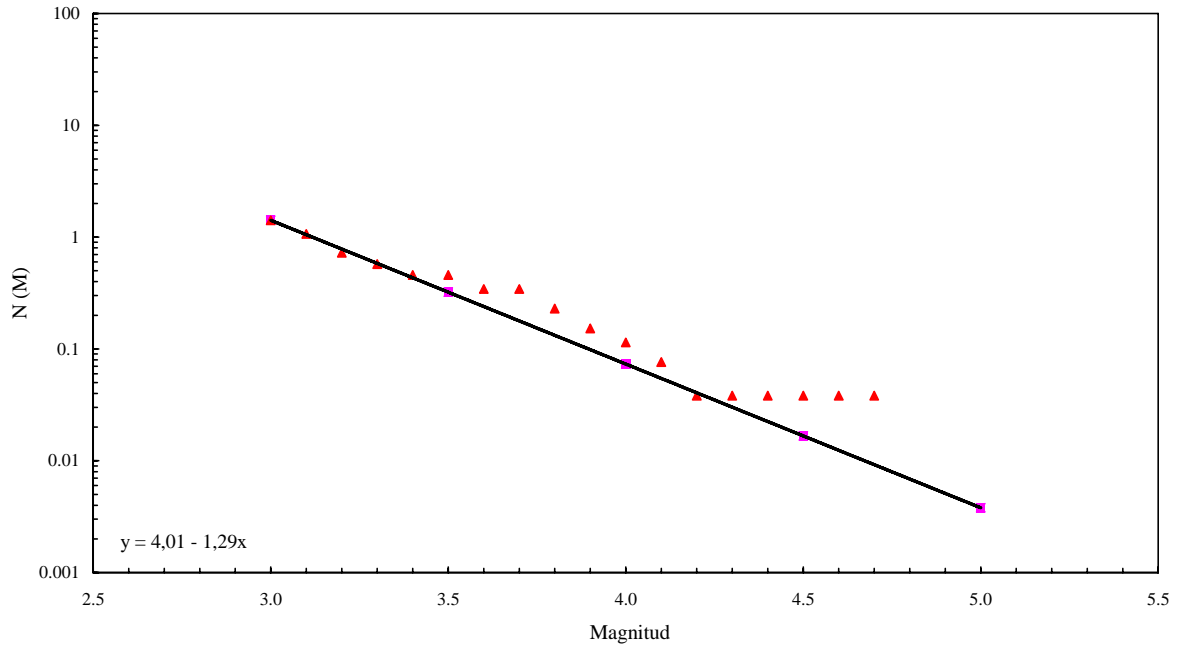
ZSG 11



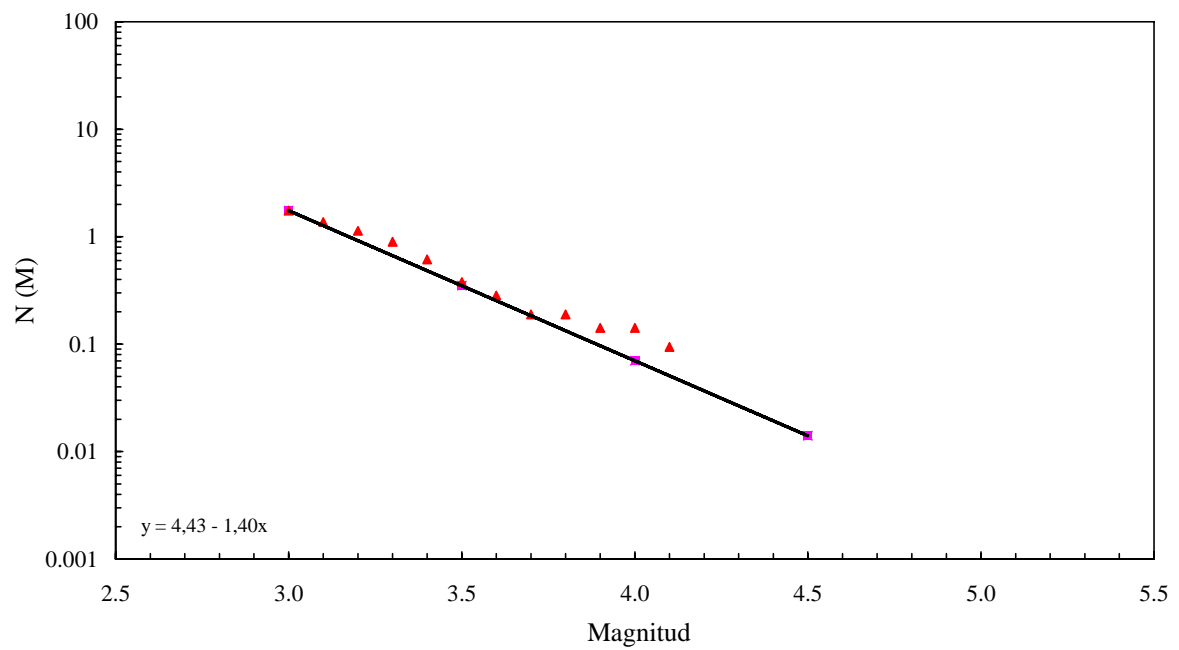
ZSG 12



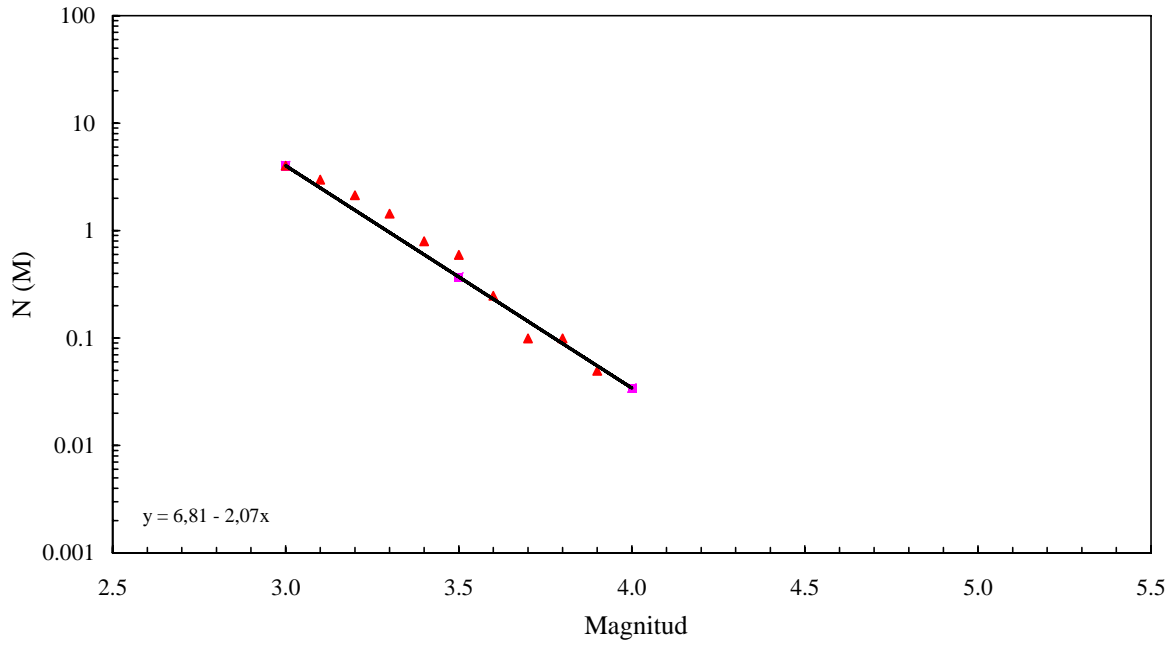
ZSG 13



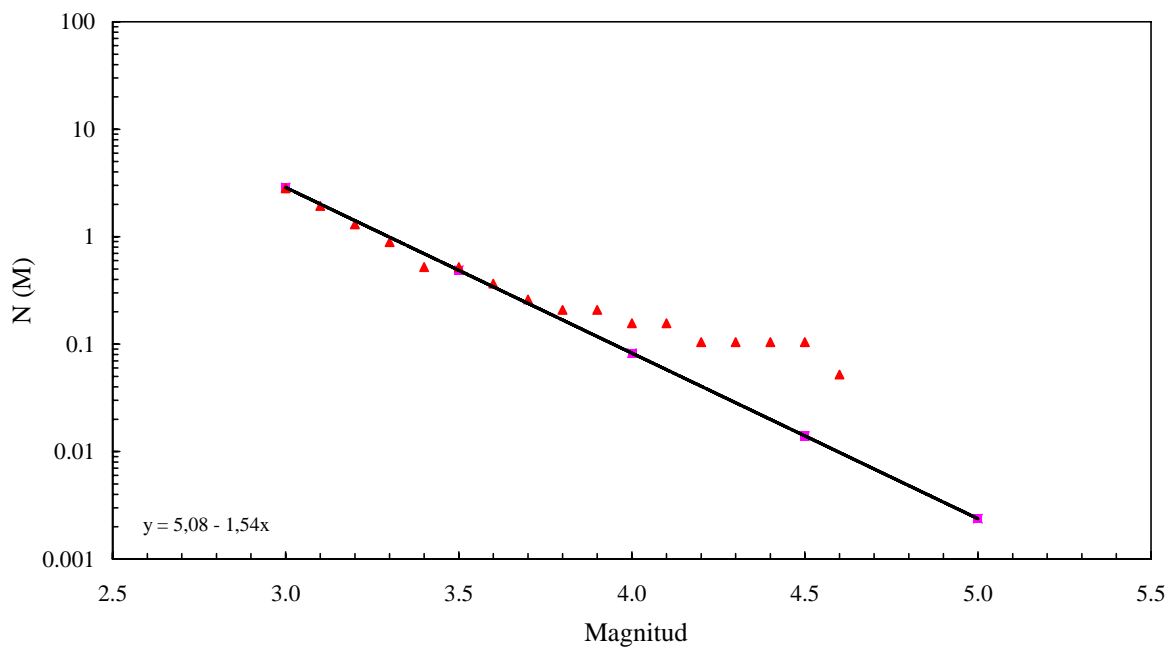
ZSG 14



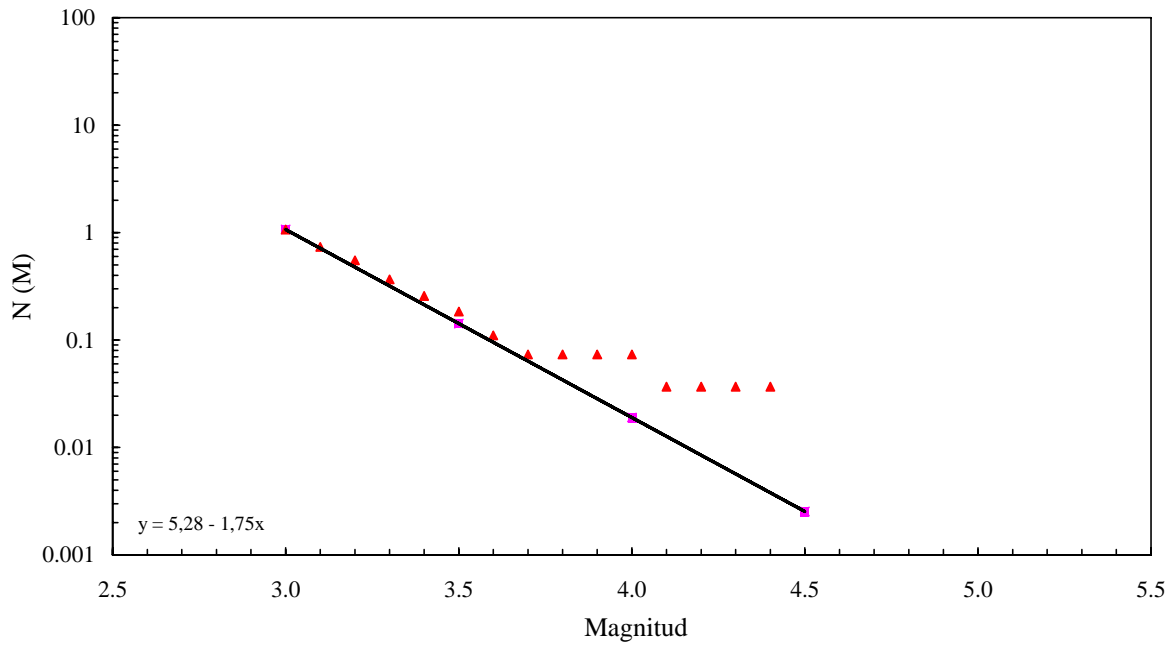
ZSG 15



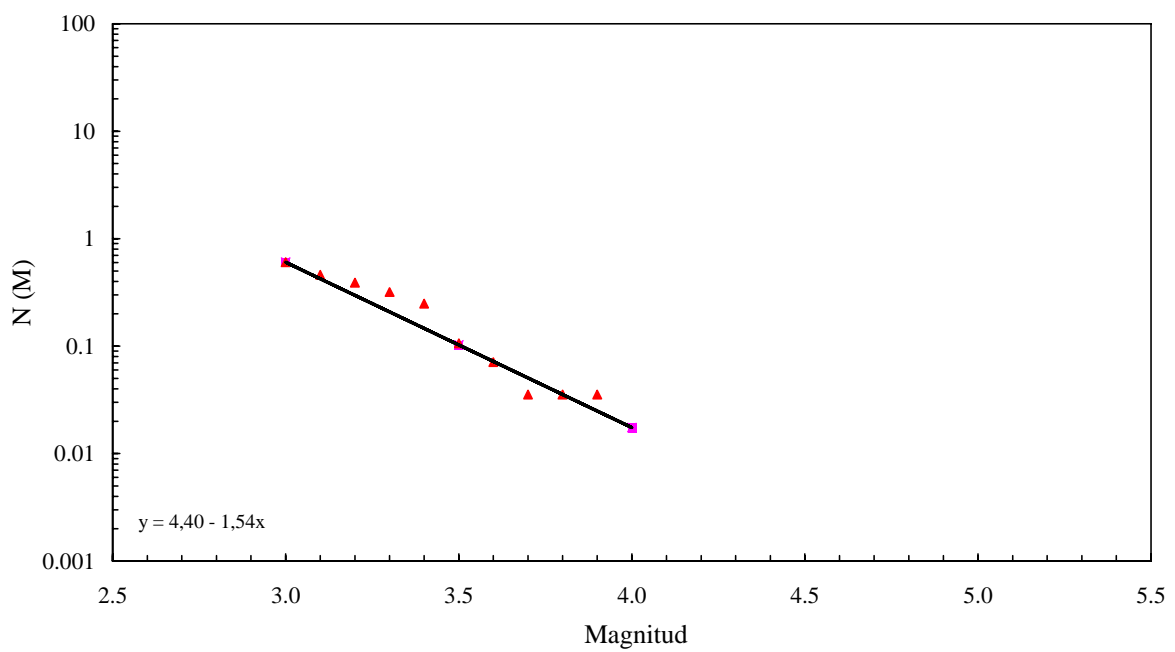
ZSG 16



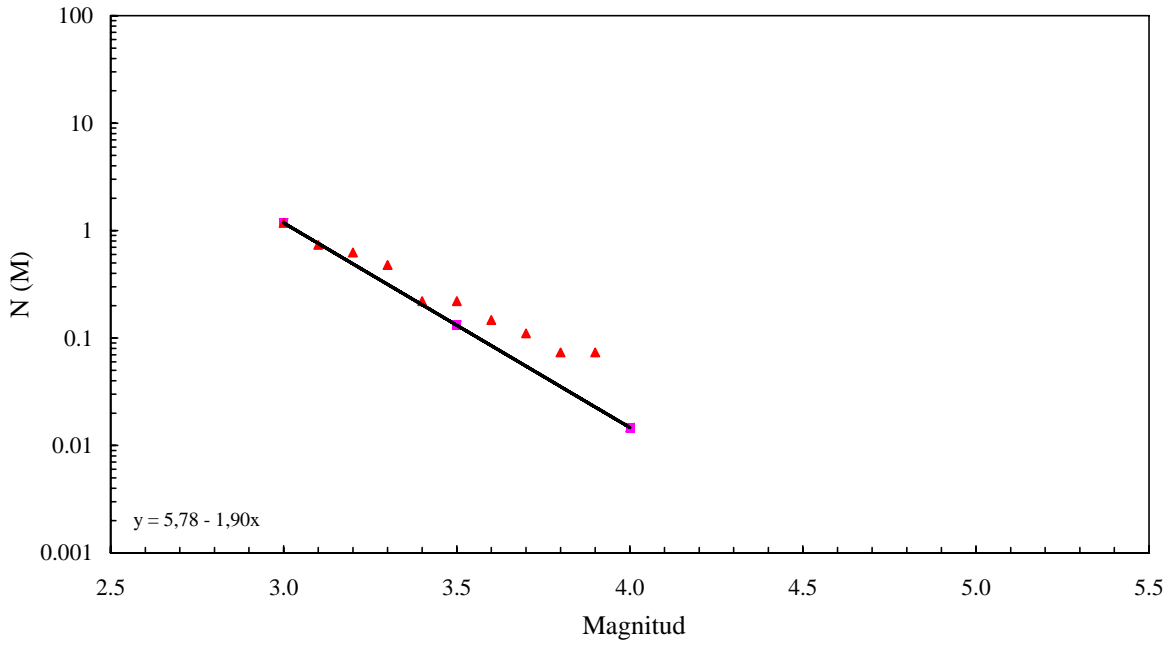
ZSG 17



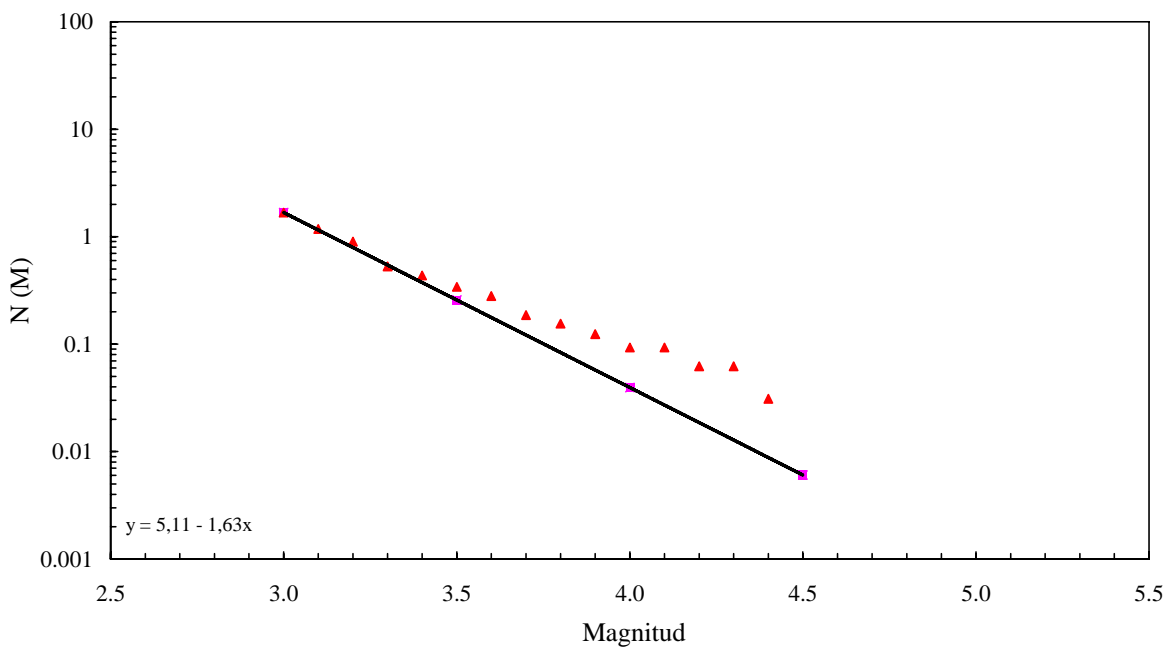
ZSG 18



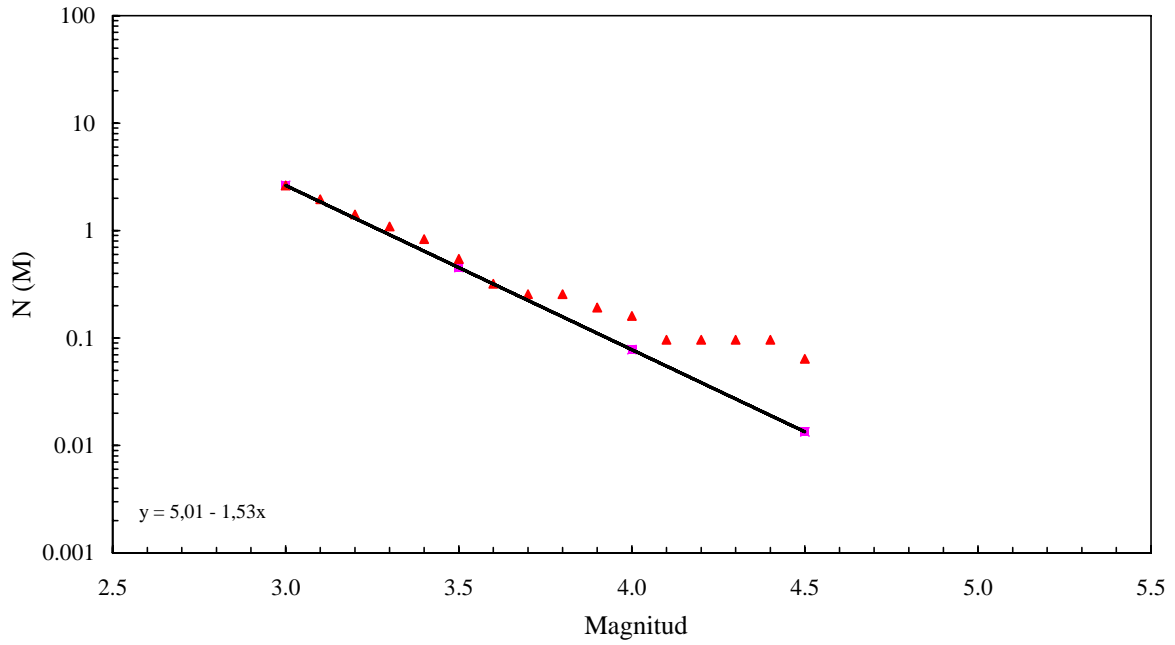
ZSG 19



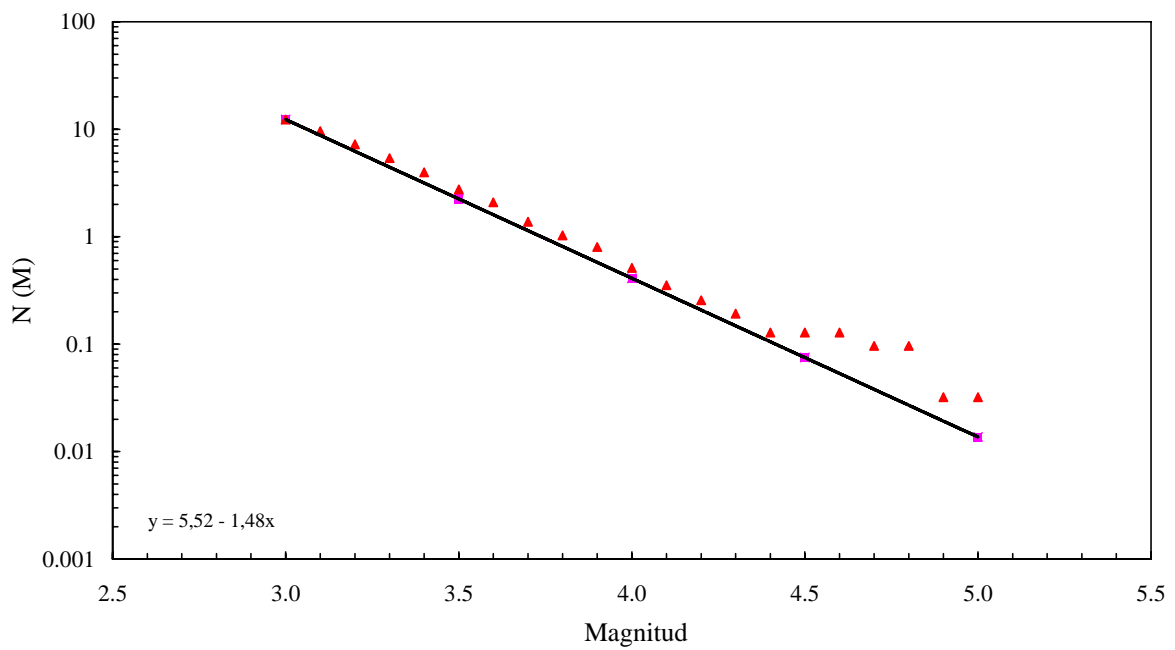
ZSG 20



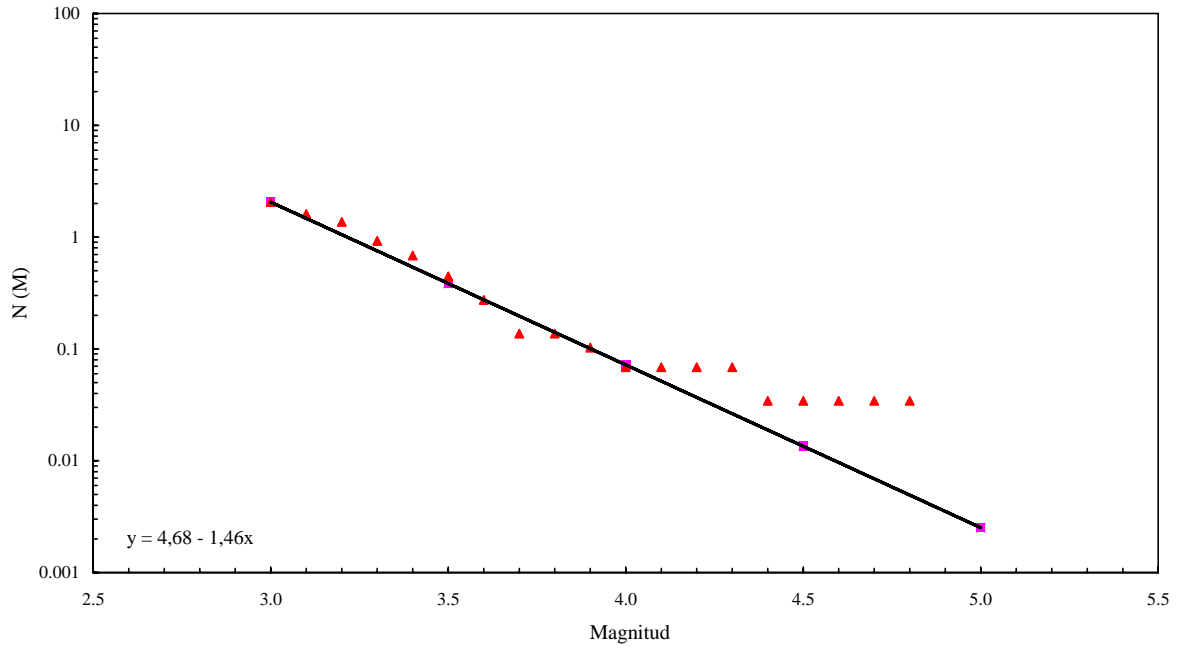
ZSG 21



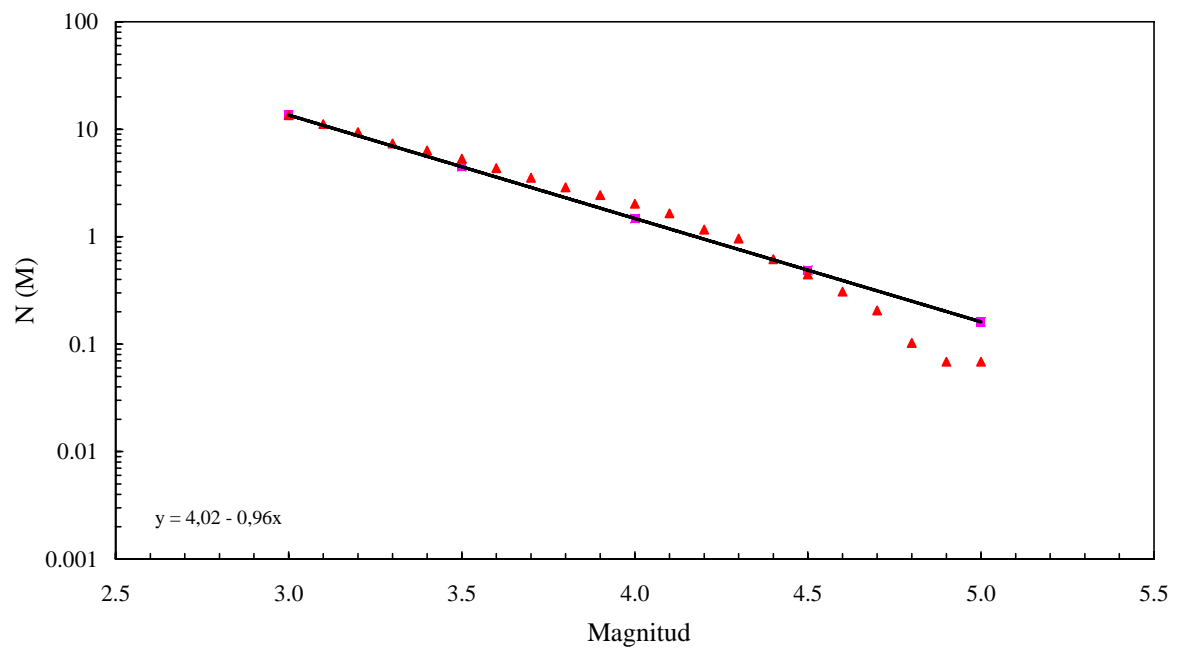
ZSG 22



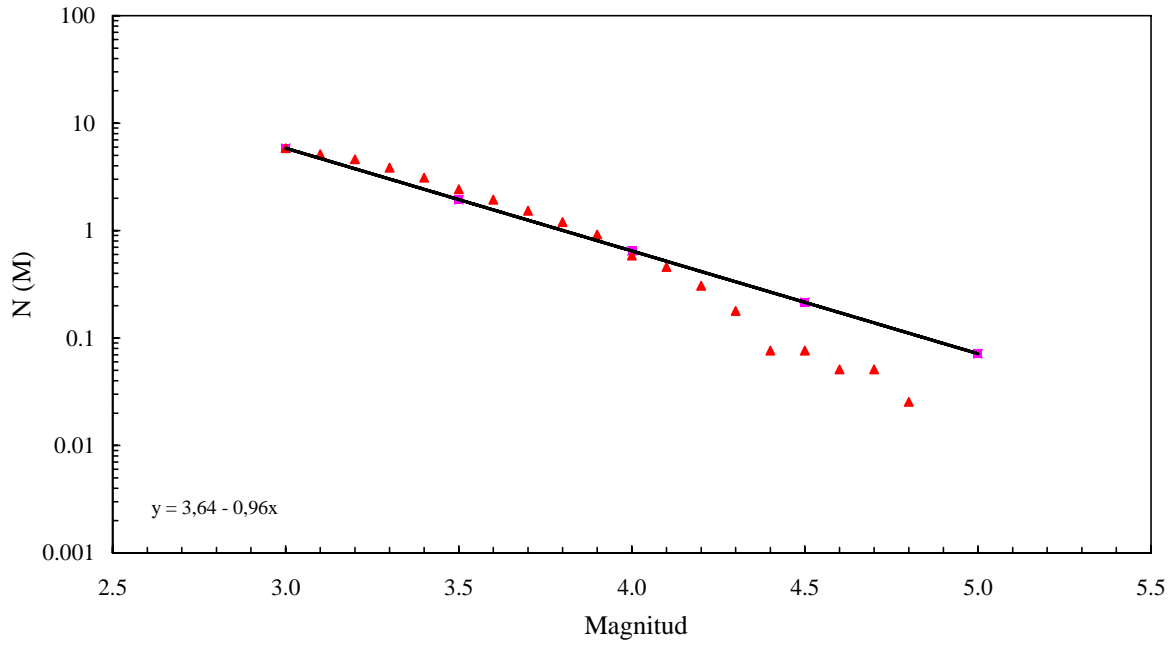
ZSG 23



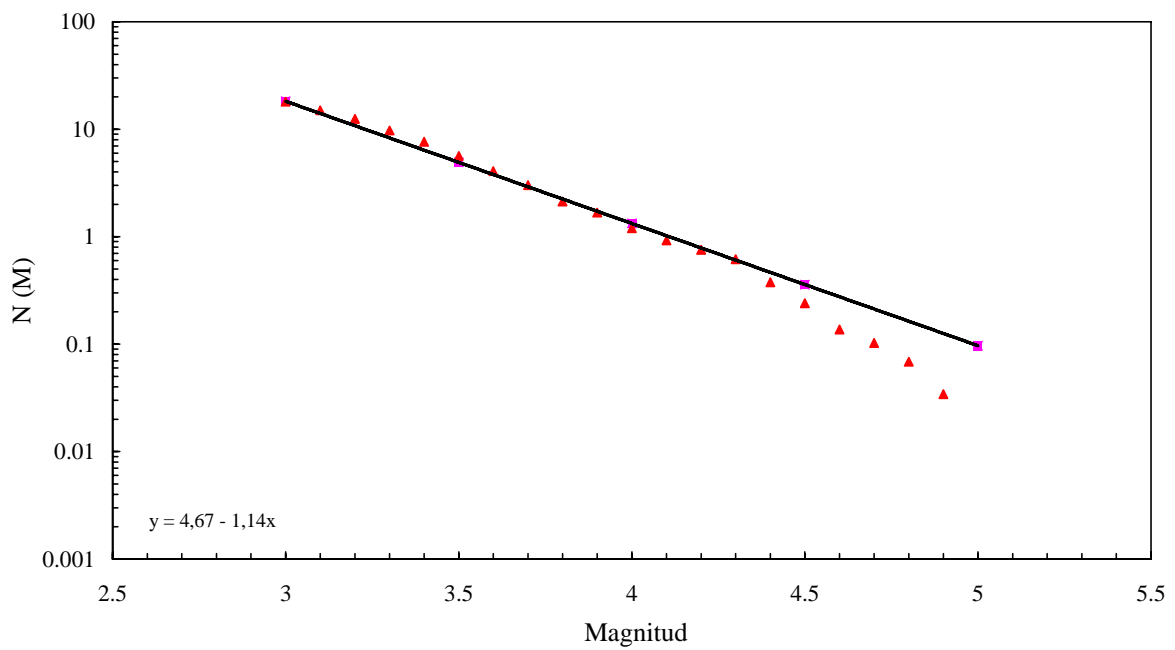
ZSG 24



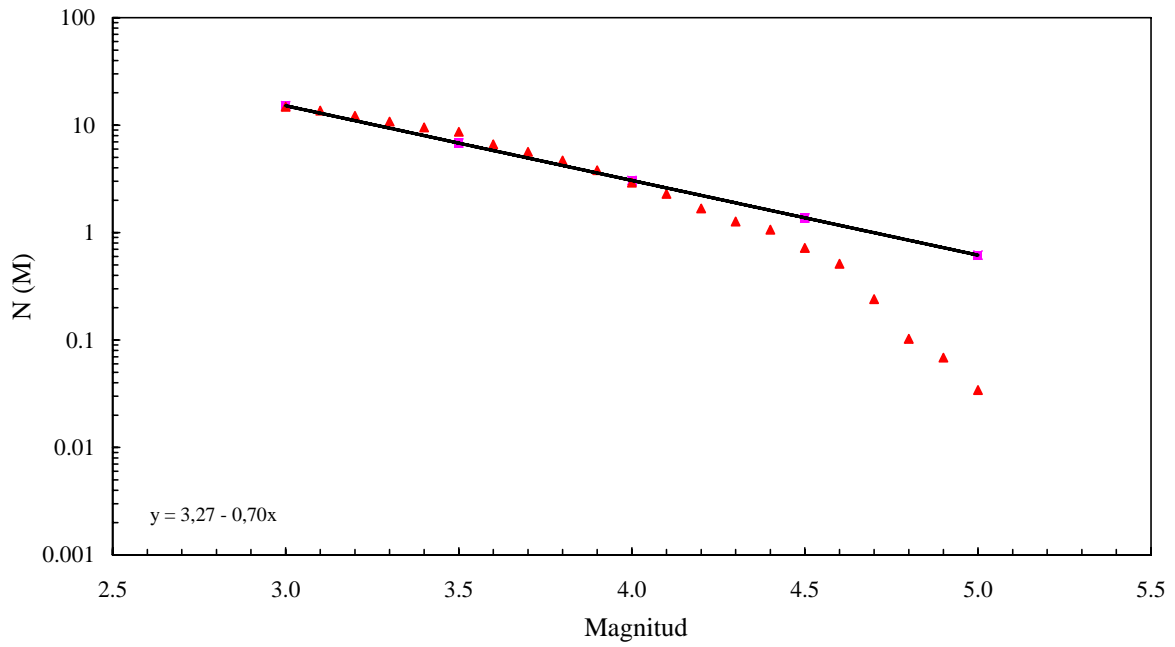
ZSG 25



ZSG 26



ZSG 27



Anejo 4

Coeficientes de las leyes de atenuación

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.76
0.04	-1.396	0.398	-0.079	0.323	0.116	0.013	99.93%	100.00%	-0.0006
0.05	-0.963	0.334	-0.071	0.321	0.115	0.013	99.69%	100.00%	-0.0006
0.06	-0.727	0.313	-0.080	0.330	0.119	0.013	99.39%	100.00%	-0.0007
0.07	-0.727	0.313	-0.080	0.330	0.119	0.013	99.39%	100.00%	-0.0007
0.08	-0.547	0.319	-0.090	0.321	0.116	0.013	99.57%	100.00%	-0.0006
0.09	-0.500	0.288	-0.074	0.289	0.104	0.012	99.58%	100.00%	-0.0005
0.10	-0.528	0.296	-0.070	0.226	0.082	0.009	99.96%	100.00%	-0.0003
0.15	-1.419	0.473	-0.082	0.289	0.104	0.012	100.00%	100.00%	-0.0005
0.20	-1.147	0.431	-0.076	0.340	0.122	0.014	99.95%	100.00%	-0.0007
0.25	-1.456	0.458	-0.074	0.315	0.114	0.013	99.99%	100.00%	-0.0006
0.30	-1.654	0.472	-0.069	0.326	0.118	0.013	99.99%	100.00%	-0.0006
0.35	-2.097	0.548	-0.073	0.330	0.119	0.013	100.00%	100.00%	-0.0007
0.40	-2.464	0.587	-0.066	0.293	0.106	0.012	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.808	0.620	-0.058	0.295	0.106	0.012	100.00%	100.00%	-0.0005
0.50	-2.798	0.630	-0.068	0.283	0.102	0.011	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.036	0.654	-0.072	0.290	0.104	0.012	100.00%	100.00%	-0.0005
0.71	-2.871	0.606	-0.066	0.320	0.115	0.013	100.00%	100.00%	-0.0006
0.83	-3.592	0.704	-0.064	0.326	0.117	0.013	100.00%	100.00%	-0.0006
0.91	-3.570	0.698	-0.068	0.294	0.106	0.012	100.00%	100.00%	-0.0005
1.00	-3.810	0.731	-0.072	0.340	0.122	0.014	100.00%	100.00%	-0.0007
1.54	-4.253	0.730	-0.052	0.385	0.139	0.016	100.00%	99.91%	-0.0009
2.00	-4.669	0.785	-0.055	0.353	0.127	0.014	100.00%	99.98%	-0.0008
2.50	-4.592	0.756	-0.061	0.347	0.125	0.014	100.00%	100.00%	-0.0007
3.33	-5.044	0.766	-0.039	0.372	0.134	0.015	100.00%	99.32%	-0.0008
4.00	-5.526	0.804	-0.031	0.326	0.118	0.013	100.00%	98.79%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-1.966	0.468	-0.126	0.361	0.130	0.021	99.96%	100.00%	-0.0011
0.05	-2.364	0.581	-0.148	0.317	0.114	0.018	100.00%	100.00%	-0.0009
0.06	-2.124	0.546	-0.147	0.320	0.115	0.019	100.00%	100.00%	-0.0009
0.07	-2.124	0.546	-0.147	0.320	0.115	0.019	100.00%	100.00%	-0.0009
0.08	-1.106	0.389	-0.139	0.282	0.102	0.016	99.98%	100.00%	-0.0007
0.09	-1.630	0.483	-0.133	0.304	0.110	0.018	100.00%	100.00%	-0.0008
0.10	-1.329	0.425	-0.127	0.272	0.098	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.15	-1.609	0.423	-0.096	0.239	0.086	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.20	-2.394	0.556	-0.100	0.271	0.098	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.25	-2.592	0.564	-0.096	0.248	0.089	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.30	-2.864	0.611	-0.106	0.253	0.091	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-3.033	0.603	-0.086	0.290	0.104	0.017	100.00%	100.00%	-0.0007
0.40	-2.641	0.512	-0.072	0.249	0.090	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.576	0.494	-0.068	0.277	0.100	0.016	100.00%	99.99%	-0.0007
0.50	-2.969	0.580	-0.087	0.249	0.090	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-2.835	0.550	-0.087	0.252	0.091	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.71	-2.783	0.526	-0.092	0.273	0.098	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.83	-3.474	0.612	-0.078	0.315	0.113	0.018	100.00%	99.99%	-0.0009
0.91	-3.985	0.691	-0.082	0.299	0.108	0.017	100.00%	100.00%	-0.0008
1.00	-3.813	0.666	-0.085	0.316	0.114	0.018	100.00%	100.00%	-0.0009
1.54	-4.378	0.733	-0.096	0.435	0.157	0.025	100.00%	99.98%	-0.0016
2.00	-4.998	0.799	-0.078	0.375	0.135	0.022	100.00%	99.95%	-0.0012
2.50	-4.337	0.645	-0.058	0.359	0.129	0.021	100.00%	99.62%	-0.0011
3.33	-5.332	0.778	-0.057	0.368	0.133	0.021	100.00%	99.45%	-0.0012
4.00	-5.748	0.791	-0.037	0.365	0.132	0.021	100.00%	95.37%	-0.0012

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.60
0.04	-1.121	0.320	-0.140	0.300	0.108	0.021	99.75%	100.00%	-0.0009
0.05	-0.928	0.297	-0.139	0.302	0.109	0.021	99.53%	100.00%	-0.0009
0.06	-0.620	0.260	-0.142	0.318	0.115	0.022	98.59%	100.00%	-0.0010
0.07	-0.620	0.260	-0.142	0.318	0.115	0.022	98.59%	100.00%	-0.0010
0.08	-0.526	0.261	-0.144	0.303	0.109	0.021	98.92%	100.00%	-0.0009
0.09	-0.412	0.235	-0.132	0.280	0.101	0.019	98.76%	100.00%	-0.0008
0.10	-0.636	0.289	-0.141	0.277	0.100	0.019	99.69%	100.00%	-0.0008
0.15	-0.696	0.312	-0.139	0.311	0.112	0.021	99.59%	100.00%	-0.0010
0.20	-1.095	0.385	-0.138	0.353	0.127	0.024	99.79%	100.00%	-0.0013
0.25	-1.305	0.395	-0.127	0.324	0.117	0.022	99.92%	100.00%	-0.0011
0.30	-1.629	0.441	-0.126	0.329	0.119	0.023	99.97%	100.00%	-0.0011
0.35	-2.086	0.515	-0.130	0.320	0.115	0.022	100.00%	100.00%	-0.0011
0.40	-2.460	0.571	-0.133	0.296	0.107	0.020	100.00%	100.00%	-0.0009
0.46	-2.773	0.597	-0.118	0.282	0.102	0.019	100.00%	100.00%	-0.0008
0.50	-2.821	0.605	-0.126	0.283	0.102	0.020	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-2.868	0.609	-0.134	0.288	0.104	0.020	100.00%	100.00%	-0.0009
0.71	-2.786	0.571	-0.121	0.301	0.108	0.021	100.00%	100.00%	-0.0009
0.83	-3.420	0.663	-0.125	0.304	0.110	0.021	100.00%	100.00%	-0.0010
0.91	-3.661	0.695	-0.127	0.284	0.102	0.020	100.00%	100.00%	-0.0008
1.00	-3.935	0.736	-0.133	0.310	0.112	0.021	100.00%	100.00%	-0.0010
1.54	-4.418	0.749	-0.101	0.354	0.128	0.024	100.00%	99.99%	-0.0013
2.00	-4.581	0.752	-0.095	0.346	0.125	0.024	100.00%	99.99%	-0.0012
2.50	-4.568	0.733	-0.101	0.334	0.120	0.023	100.00%	100.00%	-0.0012
3.33	-5.000	0.748	-0.072	0.353	0.127	0.024	100.00%	99.75%	-0.0013
4.00	-5.414	0.772	-0.056	0.314	0.113	0.022	100.00%	99.29%	-0.0010
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-2.114	0.460	-0.144	0.265	0.096	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.05	-1.974	0.459	-0.149	0.276	0.099	0.016	100.00%	100.00%	-0.0007
0.06	-1.854	0.433	-0.138	0.275	0.099	0.016	100.00%	100.00%	-0.0007
0.07	-1.854	0.433	-0.138	0.275	0.099	0.016	100.00%	100.00%	-0.0007
0.08	-1.156	0.344	-0.144	0.253	0.091	0.015	99.97%	100.00%	-0.0006
0.09	-1.302	0.375	-0.143	0.272	0.098	0.016	99.98%	100.00%	-0.0006
0.10	-1.512	0.410	-0.139	0.257	0.093	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.15	-1.346	0.344	-0.108	0.252	0.091	0.015	99.98%	100.00%	-0.0006
0.20	-1.731	0.401	-0.103	0.255	0.092	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.25	-2.399	0.499	-0.105	0.246	0.089	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.30	-2.621	0.536	-0.110	0.261	0.094	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-2.636	0.510	-0.095	0.256	0.092	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.40	-2.666	0.497	-0.086	0.230	0.083	0.013	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.678	0.498	-0.090	0.263	0.095	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.50	-2.713	0.506	-0.094	0.235	0.085	0.014	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-2.783	0.516	-0.097	0.232	0.084	0.013	100.00%	100.00%	-0.0005
0.71	-2.900	0.523	-0.099	0.258	0.093	0.015	100.00%	100.00%	-0.0006
0.83	-3.572	0.615	-0.092	0.291	0.105	0.017	100.00%	100.00%	-0.0007
0.91	-3.869	0.654	-0.091	0.299	0.108	0.017	100.00%	100.00%	-0.0008
1.00	-3.973	0.668	-0.089	0.305	0.110	0.018	100.00%	100.00%	-0.0008
1.54	-4.540	0.735	-0.094	0.412	0.148	0.024	100.00%	99.98%	-0.0015
2.00	-5.012	0.782	-0.079	0.369	0.133	0.021	100.00%	99.97%	-0.0012
2.50	-4.296	0.619	-0.058	0.353	0.127	0.021	100.00%	99.63%	-0.0011
3.33	-5.458	0.774	-0.052	0.351	0.127	0.020	100.00%	99.28%	-0.0011
4.00	-5.791	0.775	-0.032	0.343	0.124	0.020	100.00%	94.23%	-0.0010

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.50
0.04	-1.253	0.337	-0.178	0.297	0.107	0.026	99.85%	100.00%	-0.0012
0.05	-1.078	0.315	-0.176	0.299	0.108	0.026	99.72%	100.00%	-0.0012
0.06	-0.838	0.287	-0.180	0.308	0.111	0.027	99.32%	100.00%	-0.0013
0.07	-0.838	0.287	-0.180	0.308	0.111	0.027	99.32%	100.00%	-0.0013
0.08	-0.802	0.290	-0.180	0.298	0.107	0.026	99.50%	100.00%	-0.0012
0.09	-0.656	0.266	-0.173	0.276	0.099	0.024	99.46%	100.00%	-0.0010
0.10	-0.774	0.298	-0.184	0.282	0.102	0.025	99.73%	100.00%	-0.0011
0.15	-0.694	0.291	-0.174	0.320	0.116	0.028	99.21%	100.00%	-0.0014
0.20	-1.162	0.377	-0.177	0.345	0.124	0.030	99.79%	100.00%	-0.0016
0.25	-1.359	0.390	-0.168	0.322	0.116	0.028	99.92%	100.00%	-0.0014
0.30	-1.718	0.441	-0.166	0.320	0.115	0.028	99.98%	100.00%	-0.0014
0.35	-2.106	0.503	-0.169	0.311	0.112	0.027	100.00%	100.00%	-0.0013
0.40	-2.468	0.558	-0.173	0.301	0.109	0.026	100.00%	100.00%	-0.0012
0.46	-2.785	0.592	-0.164	0.283	0.102	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
0.50	-2.818	0.595	-0.169	0.283	0.102	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
0.59	-2.867	0.598	-0.178	0.281	0.101	0.025	100.00%	100.00%	-0.0010
0.71	-2.918	0.586	-0.167	0.297	0.107	0.026	100.00%	100.00%	-0.0012
0.83	-3.506	0.671	-0.171	0.292	0.105	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.759	0.706	-0.173	0.285	0.103	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
1.00	-3.926	0.727	-0.177	0.299	0.108	0.026	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.433	0.748	-0.139	0.342	0.123	0.030	100.00%	100.00%	-0.0015
2.00	-4.580	0.744	-0.128	0.344	0.124	0.030	100.00%	99.99%	-0.0016
2.50	-4.486	0.709	-0.132	0.330	0.119	0.029	100.00%	100.00%	-0.0014
3.33	-4.880	0.722	-0.102	0.340	0.123	0.030	100.00%	99.92%	-0.0015
4.00	-5.202	0.733	-0.083	0.311	0.112	0.027	100.00%	99.78%	-0.0013
Componente vertical									D ₀ = 0.57
0.04	-2.219	0.463	-0.176	0.249	0.090	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.05	-2.019	0.450	-0.185	0.263	0.095	0.020	100.00%	100.00%	-0.0008
0.06	-1.931	0.435	-0.179	0.257	0.093	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.07	-1.931	0.435	-0.179	0.257	0.093	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.08	-1.443	0.372	-0.182	0.236	0.085	0.018	100.00%	100.00%	-0.0006
0.09	-1.512	0.387	-0.180	0.257	0.093	0.019	99.99%	100.00%	-0.0007
0.10	-1.645	0.409	-0.175	0.246	0.089	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.15	-1.373	0.328	-0.140	0.242	0.087	0.018	99.97%	100.00%	-0.0007
0.20	-1.888	0.406	-0.131	0.256	0.092	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.25	-2.483	0.494	-0.136	0.243	0.088	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.30	-2.470	0.489	-0.139	0.258	0.093	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.35	-2.639	0.498	-0.127	0.245	0.088	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.40	-2.751	0.501	-0.119	0.226	0.081	0.017	100.00%	100.00%	-0.0006
0.46	-2.806	0.507	-0.121	0.250	0.090	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-2.823	0.508	-0.122	0.238	0.086	0.018	100.00%	100.00%	-0.0006
0.59	-2.898	0.520	-0.128	0.234	0.084	0.017	100.00%	100.00%	-0.0006
0.71	-2.937	0.513	-0.126	0.261	0.094	0.019	100.00%	100.00%	-0.0008
0.83	-3.548	0.600	-0.123	0.292	0.105	0.022	100.00%	100.00%	-0.0010
0.91	-3.809	0.638	-0.125	0.299	0.108	0.022	100.00%	100.00%	-0.0010
1.00	-3.986	0.663	-0.124	0.307	0.111	0.023	100.00%	100.00%	-0.0011
1.54	-4.560	0.725	-0.122	0.388	0.140	0.029	100.00%	99.99%	-0.0017
2.00	-4.974	0.764	-0.106	0.376	0.136	0.028	100.00%	99.98%	-0.0016
2.50	-4.402	0.632	-0.084	0.352	0.127	0.026	100.00%	99.87%	-0.0014
3.33	-5.444	0.760	-0.069	0.340	0.123	0.025	100.00%	99.52%	-0.0013
4.00	-5.890	0.789	-0.051	0.335	0.121	0.025	100.00%	97.69%	-0.0013

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.48
0.04	-1.310	0.343	-0.185	0.294	0.106	0.027	99.88%	100.00%	-0.0012
0.05	-1.169	0.325	-0.183	0.294	0.106	0.027	99.81%	100.00%	-0.0012
0.06	-1.003	0.305	-0.185	0.300	0.108	0.028	99.63%	100.00%	-0.0012
0.07	-1.003	0.305	-0.185	0.300	0.108	0.028	99.63%	100.00%	-0.0012
0.08	-0.991	0.311	-0.188	0.291	0.105	0.027	99.75%	100.00%	-0.0012
0.09	-0.927	0.302	-0.185	0.283	0.102	0.026	99.75%	100.00%	-0.0011
0.10	-0.972	0.316	-0.189	0.285	0.103	0.026	99.81%	100.00%	-0.0011
0.15	-0.938	0.315	-0.181	0.320	0.115	0.029	99.54%	100.00%	-0.0014
0.20	-1.224	0.369	-0.186	0.337	0.121	0.031	99.79%	100.00%	-0.0016
0.25	-1.508	0.402	-0.180	0.321	0.116	0.029	99.94%	100.00%	-0.0014
0.30	-1.822	0.445	-0.177	0.313	0.113	0.029	99.98%	100.00%	-0.0014
0.35	-2.182	0.501	-0.179	0.301	0.109	0.028	100.00%	100.00%	-0.0013
0.40	-2.528	0.552	-0.182	0.295	0.107	0.027	100.00%	100.00%	-0.0012
0.46	-2.755	0.577	-0.179	0.287	0.103	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
0.50	-2.814	0.583	-0.184	0.284	0.102	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
0.59	-2.929	0.596	-0.190	0.277	0.100	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
0.71	-3.063	0.603	-0.185	0.291	0.105	0.027	100.00%	100.00%	-0.0012
0.83	-3.533	0.669	-0.188	0.286	0.103	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.792	0.704	-0.189	0.288	0.104	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
1.00	-3.893	0.714	-0.192	0.293	0.106	0.027	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.332	0.730	-0.160	0.332	0.120	0.030	100.00%	100.00%	-0.0015
2.00	-4.521	0.730	-0.146	0.332	0.120	0.031	100.00%	100.00%	-0.0015
2.50	-4.384	0.686	-0.146	0.328	0.118	0.030	100.00%	100.00%	-0.0015
3.33	-4.694	0.692	-0.123	0.329	0.119	0.030	100.00%	99.99%	-0.0015
4.00	-4.970	0.705	-0.113	0.305	0.110	0.028	100.00%	99.99%	-0.0013
Componente vertical									D ₀ = 0.52
0.04	-2.238	0.457	-0.192	0.240	0.087	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.05	-2.013	0.434	-0.201	0.247	0.089	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.06	-1.934	0.423	-0.196	0.244	0.088	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.07	-1.934	0.423	-0.196	0.244	0.088	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.08	-1.625	0.381	-0.195	0.235	0.085	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.09	-1.619	0.384	-0.195	0.243	0.087	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.10	-1.689	0.392	-0.188	0.233	0.084	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.15	-1.492	0.330	-0.155	0.239	0.086	0.020	99.98%	100.00%	-0.0007
0.20	-2.095	0.422	-0.148	0.258	0.093	0.022	100.00%	100.00%	-0.0008
0.25	-2.573	0.494	-0.155	0.240	0.087	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.30	-2.519	0.477	-0.154	0.247	0.089	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.35	-2.717	0.500	-0.149	0.239	0.086	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.40	-2.861	0.509	-0.140	0.230	0.083	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-2.922	0.513	-0.139	0.242	0.087	0.020	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-2.920	0.511	-0.141	0.245	0.088	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-2.975	0.514	-0.144	0.246	0.089	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.71	-3.107	0.527	-0.146	0.268	0.097	0.023	100.00%	100.00%	-0.0009
0.83	-3.497	0.581	-0.144	0.293	0.106	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.735	0.617	-0.147	0.300	0.108	0.025	100.00%	100.00%	-0.0011
1.00	-3.958	0.647	-0.143	0.310	0.112	0.026	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.564	0.710	-0.134	0.366	0.132	0.031	100.00%	100.00%	-0.0017
2.00	-4.848	0.731	-0.123	0.367	0.132	0.031	100.00%	99.99%	-0.0017
2.50	-4.557	0.652	-0.104	0.345	0.124	0.029	100.00%	99.95%	-0.0015
3.33	-5.330	0.737	-0.087	0.328	0.118	0.028	100.00%	99.85%	-0.0014
4.00	-5.662	0.757	-0.078	0.331	0.119	0.028	100.00%	99.61%	-0.0014

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-1.345	0.346	-0.216	0.292	0.105	0.032	99.90%	100.00%	-0.0014
0.05	-1.250	0.334	-0.214	0.292	0.105	0.032	99.86%	100.00%	-0.0014
0.06	-1.177	0.326	-0.214	0.293	0.106	0.032	99.82%	100.00%	-0.0014
0.07	-1.177	0.326	-0.214	0.293	0.106	0.032	99.82%	100.00%	-0.0014
0.08	-1.128	0.323	-0.215	0.288	0.104	0.031	99.83%	100.00%	-0.0014
0.09	-1.129	0.325	-0.215	0.288	0.104	0.031	99.84%	100.00%	-0.0014
0.10	-1.147	0.330	-0.216	0.291	0.105	0.031	99.85%	100.00%	-0.0014
0.15	-1.115	0.329	-0.211	0.318	0.115	0.034	99.67%	100.00%	-0.0016
0.20	-1.358	0.371	-0.216	0.321	0.116	0.035	99.87%	100.00%	-0.0017
0.25	-1.643	0.412	-0.216	0.313	0.113	0.034	99.96%	100.00%	-0.0016
0.30	-1.998	0.462	-0.214	0.305	0.110	0.033	99.99%	100.00%	-0.0015
0.35	-2.282	0.505	-0.217	0.293	0.106	0.032	100.00%	100.00%	-0.0014
0.40	-2.525	0.538	-0.218	0.285	0.103	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
0.46	-2.679	0.556	-0.220	0.283	0.102	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
0.50	-2.754	0.562	-0.222	0.281	0.101	0.030	100.00%	100.00%	-0.0013
0.59	-2.919	0.582	-0.226	0.278	0.100	0.030	100.00%	100.00%	-0.0013
0.71	-3.109	0.601	-0.226	0.284	0.102	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
0.83	-3.423	0.643	-0.228	0.284	0.102	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
0.91	-3.608	0.667	-0.230	0.287	0.104	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
1.00	-3.701	0.675	-0.230	0.289	0.104	0.031	100.00%	100.00%	-0.0014
1.54	-4.049	0.687	-0.208	0.318	0.115	0.034	100.00%	100.00%	-0.0016
2.00	-4.304	0.702	-0.198	0.316	0.114	0.034	100.00%	100.00%	-0.0016
2.50	-4.205	0.662	-0.192	0.313	0.113	0.034	100.00%	100.00%	-0.0016
3.33	-4.388	0.656	-0.176	0.314	0.113	0.034	100.00%	100.00%	-0.0016
4.00	-4.523	0.658	-0.177	0.299	0.108	0.032	100.00%	100.00%	-0.0015
Componente vertical									D ₀ = 0.40
0.04	-1.769	0.358	-0.221	0.254	0.085	0.026	99.99%	100.00%	-0.0008
0.05	-1.631	0.343	-0.226	0.254	0.085	0.026	99.99%	100.00%	-0.0008
0.06	-1.606	0.342	-0.224	0.253	0.085	0.026	99.99%	100.00%	-0.0008
0.07	-1.606	0.342	-0.224	0.253	0.085	0.026	99.99%	100.00%	-0.0008
0.08	-1.485	0.326	-0.220	0.248	0.083	0.026	99.98%	100.00%	-0.0008
0.09	-1.411	0.313	-0.217	0.245	0.082	0.026	99.98%	100.00%	-0.0007
0.10	-1.375	0.302	-0.209	0.246	0.083	0.026	99.96%	100.00%	-0.0008
0.15	-1.354	0.276	-0.179	0.249	0.084	0.026	99.90%	100.00%	-0.0008
0.20	-1.737	0.331	-0.173	0.262	0.088	0.027	99.97%	100.00%	-0.0009
0.25	-2.131	0.392	-0.182	0.257	0.086	0.027	100.00%	100.00%	-0.0008
0.30	-2.266	0.408	-0.183	0.255	0.086	0.027	100.00%	100.00%	-0.0008
0.35	-2.383	0.421	-0.181	0.247	0.083	0.026	100.00%	100.00%	-0.0008
0.40	-2.513	0.429	-0.171	0.248	0.083	0.026	100.00%	100.00%	-0.0008
0.46	-2.605	0.435	-0.164	0.251	0.084	0.026	100.00%	100.00%	-0.0008
0.50	-2.651	0.439	-0.166	0.254	0.085	0.026	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-2.734	0.449	-0.172	0.264	0.089	0.027	100.00%	100.00%	-0.0009
0.71	-2.887	0.465	-0.173	0.285	0.096	0.030	100.00%	100.00%	-0.0010
0.83	-3.110	0.494	-0.173	0.299	0.100	0.031	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.265	0.515	-0.173	0.309	0.104	0.032	100.00%	100.00%	-0.0012
1.00	-3.461	0.542	-0.171	0.316	0.106	0.033	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.077	0.602	-0.154	0.350	0.118	0.036	100.00%	99.99%	-0.0015
2.00	-4.307	0.623	-0.152	0.347	0.117	0.036	100.00%	99.99%	-0.0015
2.50	-4.167	0.575	-0.135	0.342	0.115	0.036	100.00%	99.98%	-0.0015
3.33	-4.616	0.617	-0.123	0.331	0.111	0.034	100.00%	99.96%	-0.0014
4.00	-4.818	0.628	-0.123	0.330	0.111	0.034	100.00%	99.96%	-0.0014

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-4.022	0.450	-0.205	0.367	0.132	0.040	99.92%	100.00%	-0.0022
0.05	-3.178	0.342	-0.180	0.345	0.124	0.037	99.56%	100.00%	-0.0019
0.06	-2.743	0.312	-0.219	0.347	0.125	0.037	99.16%	100.00%	-0.0020
0.07	-2.743	0.312	-0.219	0.347	0.125	0.037	99.16%	100.00%	-0.0020
0.08	-2.333	0.306	-0.245	0.335	0.121	0.036	99.23%	100.00%	-0.0018
0.09	-2.209	0.264	-0.193	0.304	0.110	0.033	98.96%	100.00%	-0.0015
0.10	-2.321	0.296	-0.185	0.230	0.083	0.025	99.95%	100.00%	-0.0009
0.15	-3.047	0.478	-0.217	0.296	0.107	0.032	100.00%	100.00%	-0.0014
0.20	-2.594	0.426	-0.202	0.343	0.124	0.037	99.93%	100.00%	-0.0019
0.25	-2.771	0.449	-0.197	0.318	0.115	0.034	99.98%	100.00%	-0.0016
0.30	-2.934	0.471	-0.184	0.328	0.118	0.035	99.99%	100.00%	-0.0018
0.35	-3.306	0.545	-0.195	0.333	0.120	0.036	100.00%	100.00%	-0.0018
0.40	-3.615	0.585	-0.179	0.295	0.106	0.032	100.00%	100.00%	-0.0014
0.46	-3.872	0.616	-0.160	0.295	0.106	0.032	100.00%	100.00%	-0.0014
0.50	-3.849	0.629	-0.182	0.283	0.102	0.031	100.00%	100.00%	-0.0013
0.59	-3.951	0.644	-0.196	0.289	0.104	0.031	100.00%	100.00%	-0.0014
0.71	-3.702	0.599	-0.182	0.319	0.115	0.034	100.00%	100.00%	-0.0017
0.83	-4.235	0.678	-0.180	0.324	0.117	0.035	100.00%	100.00%	-0.0017
0.91	-4.164	0.671	-0.191	0.288	0.104	0.031	100.00%	100.00%	-0.0014
1.00	-4.426	0.715	-0.199	0.334	0.121	0.036	100.00%	100.00%	-0.0018
1.54	-4.424	0.684	-0.161	0.373	0.134	0.040	100.00%	99.99%	-0.0023
2.00	-4.702	0.735	-0.169	0.349	0.126	0.038	100.00%	100.00%	-0.0020
2.50	-4.462	0.699	-0.184	0.317	0.114	0.034	100.00%	100.00%	-0.0016
3.33	-4.513	0.680	-0.146	0.333	0.120	0.036	100.00%	99.99%	-0.0018
4.00	-4.564	0.675	-0.139	0.289	0.104	0.031	100.00%	100.00%	-0.0014
Componente vertical									D ₀ = 0.62
0.04	-4.323	0.480	-0.137	0.401	0.145	0.026	99.90%	100.00%	-0.0016
0.05	-4.473	0.578	-0.167	0.345	0.124	0.023	100.00%	100.00%	-0.0012
0.06	-4.173	0.551	-0.170	0.338	0.122	0.022	100.00%	100.00%	-0.0011
0.07	-4.173	0.551	-0.170	0.338	0.122	0.022	100.00%	100.00%	-0.0011
0.08	-3.011	0.392	-0.160	0.287	0.103	0.019	99.98%	100.00%	-0.0008
0.09	-3.490	0.487	-0.151	0.309	0.111	0.020	100.00%	100.00%	-0.0009
0.10	-3.119	0.424	-0.143	0.275	0.099	0.018	99.99%	100.00%	-0.0007
0.15	-3.207	0.420	-0.110	0.241	0.087	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.20	-3.815	0.545	-0.115	0.273	0.098	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.25	-3.933	0.557	-0.110	0.250	0.090	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.30	-4.170	0.609	-0.120	0.253	0.091	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-4.309	0.606	-0.097	0.289	0.104	0.019	100.00%	100.00%	-0.0008
0.40	-3.801	0.505	-0.081	0.246	0.089	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.46	-3.739	0.499	-0.078	0.276	0.099	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-4.041	0.577	-0.100	0.239	0.086	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.59	-3.881	0.555	-0.101	0.243	0.087	0.016	100.00%	100.00%	-0.0006
0.71	-3.707	0.525	-0.105	0.270	0.097	0.018	100.00%	100.00%	-0.0007
0.83	-4.235	0.596	-0.092	0.311	0.112	0.020	100.00%	100.00%	-0.0009
0.91	-4.762	0.682	-0.092	0.286	0.103	0.019	100.00%	100.00%	-0.0008
1.00	-4.615	0.670	-0.098	0.309	0.111	0.020	100.00%	100.00%	-0.0009
1.54	-4.904	0.724	-0.111	0.424	0.153	0.028	100.00%	99.99%	-0.0018
2.00	-5.355	0.785	-0.091	0.357	0.129	0.023	100.00%	99.98%	-0.0012
2.50	-4.427	0.605	-0.070	0.338	0.122	0.022	100.00%	99.85%	-0.0011
3.33	-5.289	0.749	-0.076	0.330	0.119	0.022	100.00%	99.95%	-0.0011
4.00	-5.430	0.745	-0.059	0.317	0.114	0.021	100.00%	99.65%	-0.0010

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.32
0.04	-3.206	0.256	-0.265	0.356	0.129	0.045	97.35%	100.00%	-0.0024
0.05	-2.854	0.235	-0.257	0.354	0.128	0.044	96.35%	100.00%	-0.0024
0.06	-2.392	0.203	-0.271	0.357	0.129	0.045	93.84%	100.00%	-0.0024
0.07	-2.392	0.203	-0.271	0.357	0.129	0.045	93.84%	100.00%	-0.0024
0.08	-1.914	0.164	-0.266	0.343	0.124	0.043	90.37%	100.00%	-0.0022
0.09	-1.813	0.150	-0.239	0.304	0.110	0.038	90.99%	100.00%	-0.0018
0.10	-2.348	0.264	-0.251	0.287	0.103	0.036	99.27%	100.00%	-0.0016
0.15	-2.226	0.295	-0.251	0.323	0.116	0.040	99.23%	100.00%	-0.0020
0.20	-2.410	0.358	-0.251	0.360	0.130	0.045	99.56%	100.00%	-0.0025
0.25	-2.548	0.373	-0.234	0.328	0.119	0.041	99.85%	100.00%	-0.0020
0.30	-2.831	0.427	-0.230	0.341	0.123	0.043	99.94%	100.00%	-0.0022
0.35	-3.147	0.485	-0.234	0.326	0.118	0.041	99.99%	100.00%	-0.0020
0.40	-3.488	0.548	-0.238	0.302	0.109	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
0.46	-3.736	0.578	-0.221	0.285	0.103	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
0.50	-3.829	0.598	-0.231	0.285	0.103	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
0.59	-3.723	0.592	-0.251	0.286	0.103	0.036	100.00%	100.00%	-0.0016
0.71	-3.641	0.569	-0.227	0.290	0.105	0.036	100.00%	100.00%	-0.0016
0.83	-3.919	0.616	-0.237	0.295	0.106	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
0.91	-4.120	0.651	-0.245	0.284	0.102	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
1.00	-4.325	0.689	-0.254	0.301	0.109	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
1.54	-4.426	0.685	-0.215	0.339	0.122	0.043	100.00%	100.00%	-0.0022
2.00	-4.515	0.698	-0.210	0.335	0.121	0.042	100.00%	100.00%	-0.0021
2.50	-4.371	0.677	-0.221	0.308	0.111	0.039	100.00%	100.00%	-0.0018
3.33	-4.332	0.651	-0.189	0.314	0.113	0.039	100.00%	100.00%	-0.0019
4.00	-4.371	0.645	-0.180	0.292	0.106	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
Componente vertical									D ₀ = 0.53
0.04	-4.391	0.453	-0.225	0.330	0.119	0.027	99.98%	100.00%	-0.0013
0.05	-3.953	0.436	-0.235	0.334	0.120	0.027	99.96%	100.00%	-0.0014
0.06	-3.662	0.396	-0.211	0.311	0.112	0.026	99.95%	100.00%	-0.0012
0.07	-3.662	0.396	-0.211	0.311	0.112	0.026	99.95%	100.00%	-0.0012
0.08	-2.996	0.336	-0.215	0.268	0.097	0.022	99.94%	100.00%	-0.0009
0.09	-3.148	0.377	-0.210	0.288	0.104	0.024	99.96%	100.00%	-0.0010
0.10	-3.215	0.395	-0.201	0.266	0.096	0.022	99.99%	100.00%	-0.0009
0.15	-2.840	0.323	-0.154	0.262	0.094	0.022	99.93%	100.00%	-0.0008
0.20	-3.144	0.393	-0.151	0.257	0.093	0.021	99.99%	100.00%	-0.0008
0.25	-3.581	0.465	-0.151	0.248	0.089	0.020	100.00%	100.00%	-0.0008
0.30	-3.922	0.536	-0.157	0.257	0.093	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.35	-3.838	0.506	-0.138	0.259	0.093	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.40	-3.804	0.485	-0.118	0.231	0.083	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.766	0.491	-0.128	0.255	0.092	0.021	100.00%	100.00%	-0.0008
0.50	-3.655	0.484	-0.137	0.221	0.080	0.018	100.00%	100.00%	-0.0006
0.59	-3.798	0.523	-0.146	0.223	0.080	0.018	100.00%	100.00%	-0.0006
0.71	-3.758	0.516	-0.143	0.235	0.085	0.019	100.00%	100.00%	-0.0007
0.83	-4.273	0.594	-0.135	0.272	0.098	0.022	100.00%	100.00%	-0.0009
0.91	-4.502	0.626	-0.131	0.277	0.100	0.023	100.00%	100.00%	-0.0009
1.00	-4.640	0.653	-0.132	0.285	0.103	0.023	100.00%	100.00%	-0.0010
1.54	-4.873	0.699	-0.137	0.393	0.142	0.032	100.00%	99.99%	-0.0019
2.00	-5.192	0.746	-0.121	0.357	0.129	0.029	100.00%	99.99%	-0.0016
2.50	-4.288	0.570	-0.092	0.333	0.120	0.027	100.00%	99.91%	-0.0014
3.33	-5.140	0.713	-0.096	0.322	0.116	0.026	100.00%	99.96%	-0.0013
4.00	-5.221	0.712	-0.086	0.308	0.111	0.025	100.00%	99.92%	-0.0012

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.318	0.258	-0.277	0.350	0.126	0.045	97.61%	100.00%	-0.0024
0.05	-2.928	0.231	-0.268	0.346	0.125	0.045	96.43%	100.00%	-0.0024
0.06	-2.542	0.204	-0.274	0.357	0.129	0.046	93.95%	100.00%	-0.0025
0.07	-2.542	0.204	-0.274	0.357	0.129	0.046	93.95%	100.00%	-0.0025
0.08	-2.083	0.167	-0.270	0.339	0.122	0.044	90.99%	100.00%	-0.0023
0.09	-2.009	0.164	-0.254	0.296	0.107	0.038	93.39%	100.00%	-0.0017
0.10	-2.337	0.244	-0.270	0.290	0.105	0.038	98.74%	100.00%	-0.0017
0.15	-2.185	0.263	-0.256	0.326	0.118	0.042	98.46%	100.00%	-0.0021
0.20	-2.479	0.348	-0.262	0.352	0.127	0.046	99.54%	100.00%	-0.0024
0.25	-2.541	0.355	-0.248	0.331	0.119	0.043	99.76%	100.00%	-0.0022
0.30	-2.805	0.403	-0.241	0.332	0.120	0.043	99.92%	100.00%	-0.0022
0.35	-3.140	0.469	-0.250	0.320	0.116	0.042	99.99%	100.00%	-0.0020
0.40	-3.437	0.522	-0.250	0.310	0.112	0.040	100.00%	100.00%	-0.0019
0.46	-3.702	0.562	-0.244	0.290	0.105	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
0.50	-3.729	0.569	-0.247	0.281	0.101	0.036	100.00%	100.00%	-0.0016
0.59	-3.713	0.579	-0.268	0.281	0.101	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
0.71	-3.640	0.556	-0.245	0.286	0.103	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
0.83	-3.859	0.600	-0.259	0.287	0.104	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
0.91	-4.155	0.651	-0.268	0.285	0.103	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
1.00	-4.239	0.668	-0.274	0.290	0.105	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
1.54	-4.386	0.678	-0.242	0.321	0.116	0.042	100.00%	100.00%	-0.0020
2.00	-4.467	0.690	-0.236	0.324	0.117	0.042	100.00%	100.00%	-0.0021
2.50	-4.323	0.667	-0.242	0.305	0.110	0.040	100.00%	100.00%	-0.0018
3.33	-4.204	0.629	-0.212	0.308	0.111	0.040	100.00%	100.00%	-0.0019
4.00	-4.270	0.632	-0.208	0.295	0.106	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
Componente vertical									D ₀ = 0.46
0.04	-4.503	0.453	-0.258	0.307	0.111	0.029	99.99%	100.00%	-0.0014
0.05	-4.159	0.447	-0.268	0.318	0.115	0.030	99.98%	100.00%	-0.0015
0.06	-3.878	0.417	-0.252	0.294	0.106	0.028	99.98%	100.00%	-0.0012
0.07	-3.878	0.417	-0.252	0.294	0.106	0.028	99.98%	100.00%	-0.0012
0.08	-3.219	0.350	-0.249	0.253	0.091	0.024	99.98%	100.00%	-0.0009
0.09	-3.261	0.371	-0.240	0.274	0.099	0.026	99.97%	100.00%	-0.0011
0.10	-3.353	0.394	-0.236	0.265	0.096	0.025	99.99%	100.00%	-0.0010
0.15	-2.966	0.325	-0.185	0.248	0.089	0.024	99.96%	100.00%	-0.0009
0.20	-3.272	0.390	-0.174	0.254	0.092	0.024	99.99%	100.00%	-0.0009
0.25	-3.563	0.442	-0.176	0.253	0.091	0.024	100.00%	100.00%	-0.0009
0.30	-3.762	0.487	-0.181	0.251	0.091	0.024	100.00%	100.00%	-0.0009
0.35	-3.813	0.489	-0.168	0.244	0.088	0.023	100.00%	100.00%	-0.0009
0.40	-3.737	0.463	-0.147	0.219	0.079	0.021	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.819	0.487	-0.154	0.232	0.084	0.022	100.00%	100.00%	-0.0008
0.50	-3.743	0.485	-0.162	0.221	0.080	0.021	100.00%	100.00%	-0.0007
0.59	-3.962	0.536	-0.175	0.222	0.080	0.021	100.00%	100.00%	-0.0007
0.71	-3.735	0.497	-0.168	0.233	0.084	0.022	100.00%	100.00%	-0.0008
0.83	-4.190	0.568	-0.160	0.267	0.096	0.026	100.00%	100.00%	-0.0010
0.91	-4.374	0.598	-0.161	0.276	0.100	0.026	100.00%	100.00%	-0.0011
1.00	-4.684	0.655	-0.165	0.279	0.101	0.027	100.00%	100.00%	-0.0011
1.54	-4.825	0.684	-0.166	0.365	0.132	0.035	100.00%	100.00%	-0.0019
2.00	-5.081	0.721	-0.150	0.357	0.129	0.034	100.00%	100.00%	-0.0018
2.50	-4.378	0.583	-0.120	0.331	0.119	0.032	100.00%	99.98%	-0.0016
3.33	-5.053	0.698	-0.125	0.321	0.116	0.031	100.00%	99.99%	-0.0015
4.00	-5.113	0.698	-0.117	0.306	0.110	0.029	100.00%	99.99%	-0.0013

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.392	0.258	-0.278	0.339	0.123	0.044	97.94%	100.00%	-0.0023
0.05	-3.047	0.239	-0.273	0.338	0.122	0.044	97.14%	100.00%	-0.0023
0.06	-2.618	0.201	-0.274	0.349	0.126	0.045	94.09%	100.00%	-0.0024
0.07	-2.618	0.201	-0.274	0.349	0.126	0.045	94.09%	100.00%	-0.0024
0.08	-2.314	0.188	-0.271	0.328	0.119	0.043	94.00%	100.00%	-0.0021
0.09	-2.284	0.197	-0.261	0.299	0.108	0.039	96.22%	100.00%	-0.0018
0.10	-2.443	0.241	-0.269	0.294	0.106	0.038	98.58%	100.00%	-0.0017
0.15	-2.298	0.262	-0.256	0.330	0.119	0.043	98.34%	100.00%	-0.0021
0.20	-2.525	0.333	-0.261	0.345	0.125	0.045	99.46%	100.00%	-0.0023
0.25	-2.618	0.352	-0.252	0.327	0.118	0.043	99.76%	100.00%	-0.0021
0.30	-2.815	0.389	-0.245	0.326	0.118	0.042	99.90%	100.00%	-0.0021
0.35	-3.141	0.452	-0.252	0.313	0.113	0.041	99.99%	100.00%	-0.0019
0.40	-3.375	0.493	-0.249	0.308	0.111	0.040	100.00%	100.00%	-0.0019
0.46	-3.616	0.536	-0.251	0.294	0.106	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
0.50	-3.634	0.540	-0.251	0.280	0.101	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
0.59	-3.686	0.559	-0.268	0.281	0.101	0.036	100.00%	100.00%	-0.0016
0.71	-3.702	0.558	-0.259	0.280	0.101	0.036	100.00%	100.00%	-0.0015
0.83	-3.842	0.588	-0.268	0.285	0.103	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
0.91	-4.046	0.624	-0.272	0.284	0.102	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
1.00	-4.149	0.642	-0.276	0.287	0.104	0.037	100.00%	100.00%	-0.0016
1.54	-4.334	0.667	-0.256	0.312	0.113	0.041	100.00%	100.00%	-0.0019
2.00	-4.372	0.672	-0.254	0.312	0.113	0.041	100.00%	100.00%	-0.0019
2.50	-4.267	0.654	-0.254	0.304	0.110	0.040	100.00%	100.00%	-0.0018
3.33	-4.153	0.622	-0.231	0.303	0.110	0.039	100.00%	100.00%	-0.0018
4.00	-4.169	0.618	-0.227	0.294	0.106	0.038	100.00%	100.00%	-0.0017
Componente vertical									D ₀ = 0.41
0.04	-4.608	0.455	-0.282	0.297	0.107	0.031	99.99%	100.00%	-0.0014
0.05	-4.306	0.451	-0.289	0.293	0.106	0.031	99.99%	100.00%	-0.0014
0.06	-3.948	0.410	-0.277	0.284	0.103	0.030	99.99%	100.00%	-0.0013
0.07	-3.948	0.410	-0.277	0.284	0.103	0.030	99.99%	100.00%	-0.0013
0.08	-3.418	0.357	-0.265	0.252	0.091	0.027	99.98%	100.00%	-0.0010
0.09	-3.382	0.366	-0.260	0.266	0.096	0.028	99.98%	100.00%	-0.0011
0.10	-3.504	0.394	-0.254	0.259	0.093	0.027	99.99%	100.00%	-0.0011
0.15	-3.066	0.324	-0.207	0.250	0.090	0.026	99.96%	100.00%	-0.0010
0.20	-3.375	0.386	-0.190	0.256	0.092	0.027	99.99%	100.00%	-0.0010
0.25	-3.638	0.438	-0.197	0.253	0.091	0.027	100.00%	100.00%	-0.0010
0.30	-3.746	0.464	-0.199	0.244	0.088	0.026	100.00%	100.00%	-0.0010
0.35	-3.854	0.484	-0.196	0.237	0.085	0.025	100.00%	100.00%	-0.0009
0.40	-3.777	0.463	-0.176	0.217	0.078	0.023	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.882	0.488	-0.178	0.214	0.077	0.023	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-3.816	0.486	-0.185	0.217	0.078	0.023	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-3.929	0.514	-0.193	0.225	0.081	0.024	100.00%	100.00%	-0.0008
0.71	-3.841	0.502	-0.190	0.241	0.087	0.025	100.00%	100.00%	-0.0009
0.83	-4.074	0.535	-0.179	0.265	0.096	0.028	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-4.282	0.573	-0.182	0.271	0.098	0.029	100.00%	100.00%	-0.0012
1.00	-4.535	0.620	-0.186	0.277	0.100	0.029	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.763	0.664	-0.187	0.342	0.123	0.036	100.00%	100.00%	-0.0019
2.00	-4.942	0.687	-0.170	0.342	0.123	0.036	100.00%	100.00%	-0.0019
2.50	-4.509	0.603	-0.148	0.324	0.117	0.034	100.00%	99.99%	-0.0017
3.33	-4.913	0.674	-0.152	0.315	0.114	0.033	100.00%	100.00%	-0.0016
4.00	-4.988	0.681	-0.148	0.307	0.111	0.033	100.00%	100.00%	-0.0015

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.27
0.04	-3.449	0.255	-0.288	0.328	0.118	0.045	98.12%	100.00%	-0.0022
0.05	-3.120	0.237	-0.288	0.329	0.119	0.045	97.36%	100.00%	-0.0023
0.06	-2.824	0.215	-0.283	0.330	0.119	0.045	96.08%	100.00%	-0.0023
0.07	-2.824	0.215	-0.283	0.330	0.119	0.045	96.08%	100.00%	-0.0023
0.08	-2.625	0.221	-0.283	0.317	0.115	0.043	96.96%	100.00%	-0.0021
0.09	-2.614	0.236	-0.282	0.307	0.111	0.042	98.02%	100.00%	-0.0020
0.10	-2.639	0.251	-0.280	0.304	0.110	0.042	98.64%	100.00%	-0.0019
0.15	-2.487	0.272	-0.272	0.326	0.118	0.045	98.70%	100.00%	-0.0022
0.20	-2.623	0.322	-0.272	0.335	0.121	0.046	99.44%	100.00%	-0.0023
0.25	-2.817	0.364	-0.269	0.321	0.116	0.044	99.84%	100.00%	-0.0021
0.30	-2.996	0.401	-0.266	0.319	0.115	0.044	99.94%	100.00%	-0.0021
0.35	-3.172	0.436	-0.267	0.311	0.112	0.043	99.98%	100.00%	-0.0020
0.40	-3.365	0.473	-0.265	0.303	0.109	0.042	100.00%	100.00%	-0.0019
0.46	-3.519	0.504	-0.268	0.295	0.106	0.040	100.00%	100.00%	-0.0018
0.50	-3.605	0.521	-0.270	0.289	0.104	0.040	100.00%	100.00%	-0.0017
0.59	-3.640	0.532	-0.278	0.283	0.102	0.039	100.00%	100.00%	-0.0017
0.71	-3.724	0.549	-0.282	0.275	0.099	0.038	100.00%	100.00%	-0.0016
0.83	-3.814	0.570	-0.287	0.283	0.102	0.039	100.00%	100.00%	-0.0017
0.91	-3.937	0.593	-0.290	0.285	0.103	0.039	100.00%	100.00%	-0.0017
1.00	-3.985	0.602	-0.291	0.287	0.104	0.039	100.00%	100.00%	-0.0017
1.54	-4.177	0.634	-0.282	0.301	0.109	0.041	100.00%	100.00%	-0.0019
2.00	-4.206	0.640	-0.282	0.304	0.110	0.042	100.00%	100.00%	-0.0019
2.50	-4.183	0.635	-0.279	0.302	0.109	0.041	100.00%	100.00%	-0.0019
3.33	-4.074	0.610	-0.265	0.297	0.107	0.041	100.00%	100.00%	-0.0018
4.00	-4.110	0.611	-0.260	0.289	0.104	0.040	100.00%	100.00%	-0.0017
Componente vertical									D ₀ = 0.31
0.04	-4.136	0.343	-0.306	0.302	0.101	0.037	99.92%	100.00%	-0.0013
0.05	-3.833	0.330	-0.307	0.300	0.101	0.037	99.89%	100.00%	-0.0013
0.06	-3.618	0.317	-0.299	0.286	0.096	0.035	99.90%	100.00%	-0.0012
0.07	-3.618	0.317	-0.299	0.286	0.096	0.035	99.90%	100.00%	-0.0012
0.08	-3.311	0.296	-0.283	0.266	0.089	0.033	99.90%	100.00%	-0.0010
0.09	-3.193	0.291	-0.279	0.269	0.090	0.033	99.87%	100.00%	-0.0011
0.10	-3.158	0.290	-0.269	0.270	0.091	0.033	99.87%	100.00%	-0.0011
0.15	-2.904	0.261	-0.231	0.272	0.091	0.033	99.66%	100.00%	-0.0011
0.20	-2.976	0.282	-0.212	0.274	0.092	0.034	99.81%	100.00%	-0.0011
0.25	-3.162	0.321	-0.213	0.271	0.091	0.033	99.95%	100.00%	-0.0011
0.30	-3.331	0.358	-0.216	0.258	0.087	0.032	99.99%	100.00%	-0.0010
0.35	-3.399	0.373	-0.214	0.248	0.083	0.030	100.00%	100.00%	-0.0009
0.40	-3.444	0.385	-0.206	0.232	0.078	0.028	100.00%	100.00%	-0.0008
0.46	-3.553	0.410	-0.208	0.227	0.076	0.028	100.00%	100.00%	-0.0008
0.50	-3.536	0.414	-0.213	0.229	0.077	0.028	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-3.618	0.434	-0.219	0.236	0.079	0.029	100.00%	100.00%	-0.0008
0.71	-3.611	0.436	-0.216	0.252	0.085	0.031	100.00%	100.00%	-0.0009
0.83	-3.703	0.448	-0.204	0.269	0.090	0.033	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.809	0.467	-0.202	0.277	0.093	0.034	100.00%	100.00%	-0.0011
1.00	-3.979	0.498	-0.204	0.285	0.096	0.035	100.00%	100.00%	-0.0012
1.54	-4.358	0.573	-0.209	0.322	0.108	0.040	100.00%	100.00%	-0.0015
2.00	-4.370	0.567	-0.189	0.329	0.111	0.040	100.00%	100.00%	-0.0016
2.50	-4.350	0.561	-0.178	0.316	0.106	0.039	100.00%	100.00%	-0.0015
3.33	-4.433	0.579	-0.179	0.316	0.106	0.039	100.00%	100.00%	-0.0015
4.00	-4.416	0.574	-0.178	0.316	0.106	0.039	100.00%	100.00%	-0.0015

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 3.44
0.04	-0.407	0.169	0.700	0.419	0.147	0.120	87.10%	100.00%	0.0084
0.05	-0.596	0.224	0.742	0.366	0.129	0.104	95.58%	100.00%	0.0064
0.06	-0.478	0.209	0.801	0.384	0.135	0.110	93.59%	100.00%	0.0070
0.07	-0.478	0.209	0.801	0.384	0.135	0.110	93.59%	100.00%	0.0070
0.08	-0.734	0.270	0.797	0.410	0.144	0.117	96.62%	100.00%	0.0080
0.09	-0.500	0.243	0.828	0.360	0.127	0.103	96.91%	100.00%	0.0062
0.10	-0.870	0.306	0.744	0.341	0.120	0.097	99.30%	100.00%	0.0055
0.15	-0.486	0.254	0.647	0.298	0.105	0.085	99.03%	100.00%	0.0042
0.20	-0.982	0.342	0.642	0.326	0.114	0.093	99.77%	100.00%	0.0051
0.25	-1.227	0.377	0.592	0.300	0.105	0.086	99.96%	100.00%	0.0043
0.30	-1.139	0.347	0.599	0.283	0.099	0.081	99.95%	100.00%	0.0038
0.35	-0.996	0.323	0.604	0.301	0.106	0.086	99.81%	100.00%	0.0043
0.40	-0.859	0.291	0.533	0.288	0.101	0.082	99.69%	100.00%	0.0039
0.46	-0.830	0.281	0.470	0.270	0.095	0.077	99.75%	100.00%	0.0035
0.50	-1.157	0.333	0.469	0.274	0.096	0.078	99.94%	100.00%	0.0036
0.59	-1.034	0.300	0.502	0.301	0.106	0.086	99.65%	100.00%	0.0043
0.71	-1.490	0.360	0.495	0.299	0.105	0.085	99.93%	100.00%	0.0042
0.83	-1.976	0.429	0.532	0.308	0.108	0.088	99.99%	100.00%	0.0045
0.91	-2.541	0.523	0.598	0.324	0.114	0.093	100.00%	100.00%	0.0050
1.00	-2.442	0.496	0.566	0.305	0.107	0.087	100.00%	100.00%	0.0044
1.54	-3.317	0.589	0.572	0.299	0.105	0.085	100.00%	100.00%	0.0043
2.00	-3.283	0.550	0.529	0.319	0.112	0.091	100.00%	100.00%	0.0049
2.50	-3.889	0.615	0.460	0.332	0.117	0.095	100.00%	100.00%	0.0053
3.33	-3.991	0.586	0.351	0.349	0.123	0.100	100.00%	99.95%	0.0058
4.00	-4.380	0.608	0.271	0.363	0.128	0.104	100.00%	99.39%	0.0063
Componente vertical									D ₀ = 2.44
0.04	-0.338	0.181	0.529	0.411	0.145	0.071	89.08%	100.00%	0.0049
0.05	-0.339	0.224	0.620	0.415	0.146	0.072	93.38%	100.00%	0.0050
0.06	-0.811	0.324	0.672	0.426	0.150	0.073	98.20%	100.00%	0.0052
0.07	-0.811	0.324	0.672	0.426	0.150	0.073	98.20%	100.00%	0.0052
0.08	-0.564	0.263	0.550	0.354	0.125	0.061	97.96%	100.00%	0.0036
0.09	-0.843	0.308	0.548	0.379	0.133	0.065	98.73%	100.00%	0.0042
0.10	-0.817	0.308	0.513	0.367	0.129	0.063	98.93%	100.00%	0.0039
0.15	-2.203	0.540	0.520	0.372	0.131	0.064	99.99%	100.00%	0.0040
0.20	-1.131	0.333	0.422	0.340	0.120	0.059	99.61%	100.00%	0.0033
0.25	-1.034	0.284	0.311	0.306	0.108	0.053	99.42%	100.00%	0.0027
0.30	-1.167	0.297	0.324	0.365	0.128	0.063	98.75%	100.00%	0.0038
0.35	-1.516	0.353	0.333	0.366	0.129	0.063	99.57%	100.00%	0.0039
0.40	-1.258	0.301	0.301	0.318	0.112	0.055	99.49%	100.00%	0.0029
0.46	-1.096	0.261	0.278	0.295	0.104	0.051	99.22%	100.00%	0.0025
0.50	-1.668	0.358	0.308	0.338	0.119	0.058	99.78%	100.00%	0.0033
0.59	-2.013	0.394	0.309	0.301	0.106	0.052	99.97%	100.00%	0.0026
0.71	-2.000	0.384	0.322	0.326	0.115	0.056	99.92%	100.00%	0.0031
0.83	-3.038	0.550	0.357	0.296	0.104	0.051	100.00%	100.00%	0.0025
0.91	-2.627	0.476	0.353	0.278	0.098	0.048	100.00%	100.00%	0.0022
1.00	-2.600	0.471	0.393	0.287	0.101	0.050	100.00%	100.00%	0.0024
1.54	-3.510	0.570	0.295	0.321	0.113	0.055	100.00%	100.00%	0.0030
2.00	-3.300	0.517	0.326	0.296	0.104	0.051	100.00%	100.00%	0.0025
2.50	-4.191	0.622	0.287	0.286	0.101	0.049	100.00%	100.00%	0.0024
3.33	-4.092	0.541	0.157	0.285	0.100	0.049	100.00%	99.87%	0.0023
4.00	-4.679	0.618	0.158	0.313	0.110	0.054	100.00%	99.73%	0.0028

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 5.65
0.04	-1.503	0.261	1.355	0.204	0.071	0.110	99.97%	100.00%	0.0037
0.05	-1.277	0.230	1.364	0.208	0.073	0.112	99.85%	100.00%	0.0038
0.06	-1.389	0.258	1.443	0.214	0.075	0.115	99.94%	100.00%	0.0040
0.07	-1.389	0.258	1.443	0.214	0.075	0.115	99.94%	100.00%	0.0040
0.08	-1.432	0.280	1.498	0.224	0.078	0.120	99.96%	100.00%	0.0044
0.09	-1.324	0.269	1.544	0.214	0.075	0.115	99.96%	100.00%	0.0041
0.10	-1.172	0.247	1.445	0.204	0.071	0.109	99.94%	100.00%	0.0037
0.15	-1.092	0.257	1.323	0.195	0.068	0.105	99.98%	100.00%	0.0034
0.20	-1.522	0.336	1.354	0.197	0.069	0.106	100.00%	100.00%	0.0034
0.25	-1.717	0.365	1.263	0.216	0.076	0.116	100.00%	100.00%	0.0041
0.30	-1.749	0.360	1.243	0.213	0.075	0.115	100.00%	100.00%	0.0040
0.35	-1.580	0.331	1.153	0.222	0.078	0.119	99.99%	100.00%	0.0044
0.40	-1.375	0.296	1.089	0.207	0.073	0.111	99.99%	100.00%	0.0038
0.46	-1.479	0.311	1.013	0.211	0.074	0.114	99.99%	100.00%	0.0040
0.50	-1.934	0.384	1.056	0.218	0.076	0.117	100.00%	100.00%	0.0042
0.59	-1.801	0.353	1.032	0.240	0.084	0.129	99.99%	100.00%	0.0051
0.71	-2.056	0.379	0.981	0.259	0.091	0.139	99.99%	100.00%	0.0059
0.83	-2.374	0.422	1.048	0.251	0.088	0.135	100.00%	100.00%	0.0056
0.91	-2.934	0.508	1.121	0.269	0.094	0.144	100.00%	100.00%	0.0064
1.00	-2.904	0.497	1.078	0.265	0.093	0.142	100.00%	100.00%	0.0062
1.54	-3.589	0.565	1.111	0.266	0.093	0.143	100.00%	100.00%	0.0063
2.00	-3.674	0.549	0.992	0.301	0.105	0.162	100.00%	100.00%	0.0080
2.50	-3.949	0.568	0.863	0.312	0.109	0.168	100.00%	100.00%	0.0086
3.33	-3.896	0.525	0.619	0.334	0.117	0.179	100.00%	99.94%	0.0099
4.00	-4.231	0.547	0.523	0.345	0.121	0.186	100.00%	99.64%	0.0106
Componente vertical									D ₀ = 1.22
0.04	-0.923	0.277	0.093	0.239	0.084	0.007	99.90%	100.00%	0.0003
0.05	-0.741	0.280	0.103	0.242	0.085	0.007	99.90%	100.00%	0.0003
0.06	-0.867	0.316	0.106	0.206	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-0.867	0.316	0.106	0.206	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.040	0.327	0.092	0.212	0.075	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.323	0.380	0.092	0.223	0.079	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.107	0.342	0.087	0.243	0.085	0.007	99.99%	100.00%	0.0003
0.15	-1.767	0.449	0.082	0.231	0.081	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-1.734	0.428	0.077	0.224	0.079	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.332	0.325	0.060	0.208	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-1.477	0.343	0.061	0.226	0.079	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-1.368	0.318	0.059	0.234	0.082	0.007	99.98%	100.00%	0.0003
0.40	-1.477	0.327	0.056	0.233	0.082	0.007	99.99%	100.00%	0.0003
0.46	-1.425	0.307	0.053	0.219	0.077	0.006	99.99%	100.00%	0.0002
0.50	-1.718	0.352	0.054	0.250	0.088	0.007	99.99%	100.00%	0.0003
0.59	-2.195	0.423	0.057	0.226	0.080	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.157	0.404	0.057	0.238	0.084	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.83	-2.727	0.494	0.059	0.251	0.088	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.91	-2.762	0.498	0.061	0.226	0.080	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-2.562	0.462	0.064	0.241	0.085	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
1.54	-3.582	0.589	0.054	0.283	0.100	0.008	100.00%	100.00%	0.0004
2.00	-3.170	0.493	0.052	0.262	0.092	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.676	0.534	0.044	0.262	0.092	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-3.833	0.497	0.027	0.266	0.093	0.007	100.00%	99.96%	0.0003
4.00	-4.331	0.547	0.023	0.284	0.100	0.008	100.00%	99.65%	0.0004

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.82
0.04	-1.445	0.270	1.093	0.191	0.067	0.084	99.99%	100.00%	0.0027
0.05	-1.315	0.253	1.095	0.193	0.068	0.085	99.97%	100.00%	0.0027
0.06	-1.291	0.257	1.139	0.199	0.070	0.088	99.97%	100.00%	0.0029
0.07	-1.291	0.257	1.139	0.199	0.070	0.088	99.97%	100.00%	0.0029
0.08	-1.291	0.270	1.189	0.204	0.072	0.090	99.98%	100.00%	0.0030
0.09	-1.194	0.260	1.215	0.200	0.070	0.088	99.97%	100.00%	0.0029
0.10	-1.144	0.254	1.161	0.197	0.069	0.087	99.97%	100.00%	0.0028
0.15	-1.044	0.254	1.094	0.187	0.066	0.083	99.98%	100.00%	0.0026
0.20	-1.386	0.318	1.120	0.187	0.066	0.083	100.00%	100.00%	0.0026
0.25	-1.628	0.353	1.070	0.212	0.074	0.094	100.00%	100.00%	0.0033
0.30	-1.757	0.366	1.062	0.211	0.074	0.093	100.00%	100.00%	0.0032
0.35	-1.566	0.331	0.989	0.212	0.074	0.094	100.00%	100.00%	0.0033
0.40	-1.338	0.290	0.941	0.199	0.070	0.088	99.99%	100.00%	0.0029
0.46	-1.648	0.338	0.905	0.212	0.074	0.094	100.00%	100.00%	0.0033
0.50	-1.929	0.382	0.915	0.223	0.078	0.099	100.00%	100.00%	0.0036
0.59	-1.826	0.356	0.880	0.237	0.083	0.105	100.00%	100.00%	0.0041
0.71	-1.960	0.363	0.842	0.256	0.090	0.113	99.99%	100.00%	0.0048
0.83	-2.380	0.424	0.894	0.245	0.086	0.109	100.00%	100.00%	0.0044
0.91	-2.753	0.480	0.934	0.256	0.090	0.113	100.00%	100.00%	0.0048
1.00	-2.890	0.496	0.916	0.257	0.090	0.113	100.00%	100.00%	0.0048
1.54	-3.466	0.550	0.932	0.255	0.090	0.113	100.00%	100.00%	0.0048
2.00	-3.689	0.556	0.862	0.288	0.101	0.127	100.00%	100.00%	0.0061
2.50	-3.758	0.540	0.754	0.296	0.104	0.131	100.00%	100.00%	0.0064
3.33	-3.776	0.504	0.557	0.319	0.112	0.141	100.00%	99.99%	0.0074
4.00	-4.120	0.529	0.505	0.326	0.114	0.144	100.00%	99.95%	0.0078
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-1.131	0.301	0.067	0.225	0.079	0.005	99.98%	100.00%	0.0002
0.05	-0.936	0.290	0.071	0.227	0.080	0.005	99.96%	100.00%	0.0002
0.06	-1.106	0.332	0.074	0.210	0.074	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.106	0.332	0.074	0.210	0.074	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.144	0.324	0.065	0.216	0.076	0.004	99.99%	100.00%	0.0002
0.09	-1.348	0.361	0.065	0.214	0.075	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.281	0.349	0.063	0.224	0.079	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-1.643	0.405	0.058	0.220	0.078	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-1.723	0.406	0.056	0.216	0.076	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.428	0.329	0.048	0.193	0.068	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-1.497	0.334	0.048	0.214	0.075	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-1.312	0.291	0.044	0.216	0.076	0.004	99.98%	100.00%	0.0002
0.40	-1.534	0.319	0.043	0.225	0.079	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.46	-1.506	0.309	0.042	0.223	0.079	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.50	-1.689	0.332	0.041	0.236	0.083	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.59	-2.138	0.399	0.043	0.224	0.079	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.358	0.425	0.044	0.228	0.080	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-2.653	0.468	0.045	0.234	0.082	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-2.852	0.501	0.047	0.222	0.078	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-2.727	0.476	0.047	0.228	0.080	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.515	0.568	0.042	0.272	0.096	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.213	0.489	0.039	0.249	0.088	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.537	0.501	0.033	0.246	0.087	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.794	0.485	0.022	0.249	0.088	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.230	0.522	0.019	0.260	0.091	0.005	100.00%	99.96%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.13
0.04	-1.394	0.276	0.886	0.183	0.064	0.066	100.00%	100.00%	0.0020
0.05	-1.320	0.268	0.891	0.185	0.065	0.067	99.99%	100.00%	0.0021
0.06	-1.253	0.263	0.907	0.187	0.066	0.068	99.99%	100.00%	0.0021
0.07	-1.253	0.263	0.907	0.187	0.066	0.068	99.99%	100.00%	0.0021
0.08	-1.239	0.271	0.942	0.191	0.067	0.069	99.99%	100.00%	0.0022
0.09	-1.145	0.260	0.950	0.189	0.066	0.069	99.99%	100.00%	0.0022
0.10	-1.119	0.258	0.930	0.185	0.065	0.067	99.99%	100.00%	0.0021
0.15	-1.069	0.261	0.896	0.182	0.064	0.066	99.99%	100.00%	0.0020
0.20	-1.373	0.316	0.912	0.181	0.063	0.066	100.00%	100.00%	0.0020
0.25	-1.670	0.361	0.899	0.204	0.072	0.074	100.00%	100.00%	0.0025
0.30	-1.684	0.356	0.881	0.206	0.072	0.075	100.00%	100.00%	0.0026
0.35	-1.514	0.323	0.836	0.203	0.071	0.074	100.00%	100.00%	0.0025
0.40	-1.456	0.310	0.809	0.198	0.069	0.072	100.00%	100.00%	0.0024
0.46	-1.715	0.349	0.791	0.211	0.074	0.077	100.00%	100.00%	0.0027
0.50	-1.857	0.368	0.768	0.222	0.078	0.081	100.00%	100.00%	0.0030
0.59	-1.915	0.368	0.744	0.230	0.081	0.084	100.00%	100.00%	0.0032
0.71	-2.081	0.384	0.734	0.245	0.086	0.089	100.00%	100.00%	0.0036
0.83	-2.406	0.429	0.763	0.239	0.084	0.087	100.00%	100.00%	0.0034
0.91	-2.660	0.465	0.775	0.243	0.085	0.088	100.00%	100.00%	0.0036
1.00	-2.853	0.489	0.770	0.245	0.086	0.089	100.00%	100.00%	0.0036
1.54	-3.418	0.545	0.786	0.247	0.087	0.090	100.00%	100.00%	0.0037
2.00	-3.644	0.552	0.744	0.276	0.097	0.101	100.00%	100.00%	0.0046
2.50	-3.720	0.536	0.662	0.282	0.099	0.102	100.00%	100.00%	0.0048
3.33	-3.727	0.497	0.516	0.298	0.105	0.108	100.00%	100.00%	0.0054
4.00	-4.005	0.514	0.488	0.303	0.106	0.110	100.00%	100.00%	0.0055
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-1.317	0.321	0.066	0.216	0.076	0.004	99.99%	100.00%	0.0002
0.05	-1.148	0.308	0.068	0.217	0.076	0.004	99.99%	100.00%	0.0002
0.06	-1.234	0.332	0.070	0.209	0.073	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.234	0.332	0.070	0.209	0.073	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.227	0.320	0.064	0.213	0.075	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.381	0.346	0.062	0.208	0.073	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.10	-1.460	0.360	0.062	0.208	0.073	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-1.706	0.395	0.058	0.211	0.074	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-1.775	0.394	0.055	0.211	0.074	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.641	0.353	0.051	0.198	0.070	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-1.580	0.333	0.049	0.205	0.072	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-1.418	0.291	0.044	0.212	0.075	0.004	99.98%	100.00%	0.0002
0.40	-1.613	0.317	0.044	0.219	0.077	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.46	-1.623	0.312	0.043	0.227	0.080	0.005	99.98%	100.00%	0.0002
0.50	-1.740	0.325	0.042	0.227	0.080	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.59	-2.187	0.395	0.045	0.219	0.077	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.559	0.447	0.046	0.222	0.078	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-2.849	0.488	0.047	0.222	0.078	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-2.937	0.500	0.047	0.213	0.075	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-2.963	0.500	0.048	0.218	0.077	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.407	0.538	0.043	0.257	0.090	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.297	0.490	0.040	0.236	0.083	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.536	0.493	0.035	0.230	0.081	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.768	0.479	0.026	0.229	0.081	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.139	0.509	0.025	0.241	0.085	0.005	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 3.77
0.04	-1.385	0.282	0.779	0.179	0.063	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
0.05	-1.338	0.277	0.780	0.179	0.063	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
0.06	-1.304	0.275	0.787	0.180	0.063	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
0.07	-1.304	0.275	0.787	0.180	0.063	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
0.08	-1.286	0.279	0.804	0.179	0.063	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
0.09	-1.232	0.273	0.806	0.177	0.062	0.057	100.00%	100.00%	0.0017
0.10	-1.193	0.268	0.801	0.176	0.062	0.057	100.00%	100.00%	0.0017
0.15	-1.136	0.264	0.782	0.178	0.063	0.058	99.99%	100.00%	0.0017
0.20	-1.402	0.311	0.802	0.184	0.065	0.059	100.00%	100.00%	0.0018
0.25	-1.672	0.352	0.803	0.197	0.069	0.064	100.00%	100.00%	0.0021
0.30	-1.681	0.347	0.785	0.201	0.071	0.065	100.00%	100.00%	0.0022
0.35	-1.579	0.326	0.761	0.199	0.070	0.064	100.00%	100.00%	0.0021
0.40	-1.576	0.321	0.741	0.201	0.071	0.065	100.00%	100.00%	0.0022
0.46	-1.697	0.336	0.714	0.210	0.074	0.068	100.00%	100.00%	0.0024
0.50	-1.847	0.355	0.691	0.215	0.076	0.069	100.00%	100.00%	0.0025
0.59	-2.064	0.383	0.682	0.224	0.079	0.072	100.00%	100.00%	0.0027
0.71	-2.240	0.403	0.686	0.229	0.080	0.074	100.00%	100.00%	0.0028
0.83	-2.509	0.438	0.703	0.229	0.080	0.074	100.00%	100.00%	0.0028
0.91	-2.686	0.462	0.705	0.230	0.081	0.074	100.00%	100.00%	0.0029
1.00	-2.829	0.478	0.700	0.233	0.082	0.075	100.00%	100.00%	0.0029
1.54	-3.375	0.535	0.721	0.235	0.083	0.076	100.00%	100.00%	0.0030
2.00	-3.559	0.538	0.688	0.252	0.089	0.081	100.00%	100.00%	0.0034
2.50	-3.659	0.530	0.645	0.255	0.090	0.082	100.00%	100.00%	0.0035
3.33	-3.685	0.498	0.564	0.264	0.093	0.085	100.00%	100.00%	0.0038
4.00	-3.858	0.504	0.559	0.267	0.094	0.086	100.00%	100.00%	0.0038
Componente vertical									D ₀ = 1.21
0.04	-1.475	0.336	0.083	0.209	0.074	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-1.401	0.332	0.085	0.206	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-1.397	0.336	0.085	0.203	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.397	0.336	0.085	0.203	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.406	0.330	0.080	0.201	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.482	0.343	0.079	0.197	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.585	0.359	0.078	0.196	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-1.776	0.384	0.074	0.197	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-1.785	0.373	0.071	0.208	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.811	0.364	0.068	0.200	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-1.772	0.345	0.064	0.200	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-1.661	0.316	0.061	0.204	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-1.767	0.325	0.059	0.215	0.076	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-1.796	0.322	0.057	0.223	0.079	0.006	99.99%	100.00%	0.0002
0.50	-1.905	0.337	0.058	0.219	0.077	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-2.254	0.390	0.060	0.209	0.074	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.654	0.446	0.060	0.213	0.075	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-2.855	0.473	0.061	0.206	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-2.952	0.485	0.061	0.200	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.083	0.501	0.061	0.206	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.338	0.513	0.058	0.231	0.081	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.402	0.497	0.055	0.218	0.077	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.575	0.494	0.050	0.212	0.075	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.770	0.485	0.042	0.207	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.867	0.477	0.041	0.210	0.074	0.006	100.00%	100.00%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.90
0.04	-3.212	0.302	-0.030	0.291	0.102	0.004	99.75%	100.00%	-0.0002
0.05	-3.447	0.401	-0.035	0.291	0.102	0.004	99.98%	100.00%	-0.0002
0.06	-2.988	0.347	-0.037	0.269	0.095	0.004	99.97%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.988	0.347	-0.037	0.269	0.095	0.004	99.97%	100.00%	-0.0002
0.08	-3.105	0.411	-0.037	0.308	0.108	0.004	99.98%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.656	0.359	-0.038	0.298	0.105	0.004	99.93%	100.00%	-0.0002
0.10	-3.115	0.439	-0.034	0.252	0.089	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.15	-2.483	0.367	-0.030	0.234	0.082	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.761	0.439	-0.029	0.246	0.087	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.918	0.473	-0.027	0.213	0.075	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.773	0.452	-0.029	0.191	0.067	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.531	0.420	-0.028	0.224	0.079	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.316	0.380	-0.025	0.220	0.077	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.237	0.366	-0.022	0.203	0.071	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.507	0.414	-0.022	0.226	0.080	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.254	0.376	-0.024	0.254	0.089	0.003	99.99%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.561	0.423	-0.023	0.253	0.089	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.881	0.479	-0.025	0.269	0.095	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-3.317	0.562	-0.027	0.287	0.101	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-3.240	0.546	-0.026	0.267	0.094	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-3.764	0.621	-0.028	0.256	0.090	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.622	0.581	-0.026	0.287	0.101	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
2.50	-3.953	0.622	-0.024	0.286	0.100	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-3.844	0.588	-0.022	0.300	0.105	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
4.00	-3.982	0.598	-0.021	0.291	0.103	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 1.07
0.04	-3.287	0.336	0.028	0.322	0.113	0.003	99.76%	100.00%	0.0002
0.05	-3.150	0.386	0.033	0.280	0.099	0.003	99.98%	100.00%	0.0001
0.06	-3.378	0.466	0.036	0.286	0.101	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.07	-3.378	0.466	0.036	0.286	0.101	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.08	-3.068	0.404	0.029	0.221	0.078	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.09	-3.257	0.442	0.029	0.291	0.102	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.10	-3.207	0.444	0.027	0.257	0.090	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-4.325	0.662	0.028	0.267	0.094	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-3.130	0.450	0.023	0.257	0.090	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.25	-2.912	0.388	0.017	0.236	0.083	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-2.939	0.399	0.017	0.291	0.102	0.003	99.98%	100.00%	0.0001
0.35	-3.180	0.446	0.018	0.291	0.103	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-2.874	0.392	0.016	0.267	0.094	0.002	99.99%	100.00%	0.0001
0.46	-2.614	0.343	0.014	0.246	0.086	0.002	99.99%	100.00%	0.0001
0.50	-3.087	0.435	0.016	0.292	0.103	0.003	99.99%	100.00%	0.0001
0.59	-3.202	0.444	0.016	0.258	0.091	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-3.131	0.439	0.017	0.281	0.099	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.994	0.588	0.018	0.277	0.098	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.91	-3.523	0.513	0.019	0.246	0.086	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.407	0.503	0.021	0.271	0.096	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-4.150	0.603	0.016	0.300	0.106	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.00	-3.675	0.528	0.018	0.275	0.097	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-4.478	0.643	0.017	0.262	0.092	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-4.115	0.548	0.012	0.257	0.090	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-4.395	0.594	0.013	0.259	0.091	0.002	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.29
0.04	-3.205	0.217	0.448	0.284	0.100	0.044	98.23%	100.00%	0.0021
0.05	-2.653	0.165	0.444	0.271	0.096	0.042	95.47%	100.00%	0.0019
0.06	-2.840	0.233	0.471	0.264	0.093	0.041	99.21%	100.00%	0.0018
0.07	-2.840	0.233	0.471	0.264	0.093	0.041	99.21%	100.00%	0.0018
0.08	-2.781	0.272	0.474	0.275	0.097	0.043	99.63%	100.00%	0.0020
0.09	-2.544	0.255	0.488	0.265	0.093	0.041	99.55%	100.00%	0.0018
0.10	-2.328	0.226	0.448	0.246	0.087	0.038	99.38%	100.00%	0.0016
0.15	-2.202	0.253	0.389	0.214	0.075	0.033	99.92%	100.00%	0.0012
0.20	-2.574	0.349	0.403	0.201	0.071	0.031	100.00%	100.00%	0.0010
0.25	-2.662	0.371	0.373	0.205	0.072	0.032	100.00%	100.00%	0.0011
0.30	-2.705	0.384	0.376	0.189	0.067	0.029	100.00%	100.00%	0.0009
0.35	-2.484	0.349	0.350	0.208	0.073	0.032	100.00%	100.00%	0.0011
0.40	-2.168	0.302	0.328	0.196	0.069	0.030	100.00%	100.00%	0.0010
0.46	-2.294	0.325	0.305	0.201	0.071	0.031	100.00%	100.00%	0.0010
0.50	-2.662	0.392	0.311	0.212	0.075	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
0.59	-2.455	0.362	0.309	0.229	0.081	0.036	100.00%	100.00%	0.0014
0.71	-2.583	0.379	0.295	0.252	0.089	0.039	100.00%	100.00%	0.0017
0.83	-2.762	0.413	0.308	0.243	0.086	0.038	100.00%	100.00%	0.0015
0.91	-3.163	0.484	0.326	0.255	0.090	0.040	100.00%	100.00%	0.0017
1.00	-3.189	0.488	0.319	0.249	0.088	0.039	100.00%	100.00%	0.0016
1.54	-3.582	0.550	0.338	0.232	0.082	0.036	100.00%	100.00%	0.0014
2.00	-3.564	0.534	0.309	0.260	0.091	0.040	100.00%	100.00%	0.0018
2.50	-3.793	0.562	0.293	0.260	0.091	0.040	100.00%	100.00%	0.0018
3.33	-3.615	0.521	0.262	0.279	0.098	0.043	100.00%	100.00%	0.0020
4.00	-3.824	0.546	0.258	0.273	0.096	0.042	100.00%	100.00%	0.0019
Componente vertical									D ₀ = 1.14
0.04	-3.089	0.258	0.068	0.301	0.106	0.005	99.07%	100.00%	0.0003
0.05	-2.604	0.236	0.072	0.281	0.099	0.005	98.93%	100.00%	0.0002
0.06	-2.632	0.276	0.075	0.231	0.081	0.004	99.93%	100.00%	0.0002
0.07	-2.632	0.276	0.075	0.231	0.081	0.004	99.93%	100.00%	0.0002
0.08	-2.942	0.330	0.063	0.235	0.083	0.004	99.99%	100.00%	0.0002
0.09	-3.170	0.380	0.062	0.255	0.090	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.10	-2.908	0.341	0.058	0.258	0.091	0.005	99.98%	100.00%	0.0002
0.15	-3.437	0.460	0.054	0.240	0.084	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-3.256	0.435	0.051	0.226	0.080	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-2.727	0.325	0.039	0.212	0.075	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-2.755	0.339	0.040	0.228	0.080	0.004	99.99%	100.00%	0.0002
0.35	-2.611	0.315	0.038	0.236	0.083	0.004	99.98%	100.00%	0.0002
0.40	-2.575	0.312	0.036	0.239	0.084	0.004	99.97%	100.00%	0.0002
0.46	-2.543	0.305	0.034	0.221	0.078	0.004	99.99%	100.00%	0.0001
0.50	-2.721	0.339	0.035	0.248	0.087	0.004	99.98%	100.00%	0.0002
0.59	-3.048	0.396	0.037	0.233	0.082	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.858	0.371	0.038	0.231	0.081	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.439	0.468	0.037	0.243	0.086	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.429	0.473	0.039	0.210	0.074	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.080	0.419	0.040	0.228	0.080	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.997	0.568	0.036	0.267	0.094	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.447	0.473	0.035	0.240	0.084	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.858	0.525	0.033	0.232	0.082	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.837	0.499	0.026	0.240	0.085	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.972	0.515	0.026	0.231	0.081	0.004	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.22
0.04	-3.307	0.220	0.426	0.271	0.095	0.040	98.70%	100.00%	0.0018
0.05	-2.797	0.173	0.422	0.255	0.090	0.038	97.00%	100.00%	0.0016
0.06	-2.799	0.208	0.435	0.257	0.090	0.038	98.71%	100.00%	0.0016
0.07	-2.799	0.208	0.435	0.257	0.090	0.038	98.71%	100.00%	0.0016
0.08	-2.747	0.247	0.446	0.261	0.092	0.038	99.51%	100.00%	0.0017
0.09	-2.502	0.226	0.448	0.250	0.088	0.037	99.33%	100.00%	0.0015
0.10	-2.429	0.223	0.425	0.238	0.084	0.035	99.47%	100.00%	0.0014
0.15	-2.265	0.245	0.379	0.210	0.074	0.031	99.91%	100.00%	0.0011
0.20	-2.552	0.325	0.385	0.190	0.067	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.25	-2.701	0.360	0.366	0.201	0.071	0.030	100.00%	100.00%	0.0010
0.30	-2.731	0.373	0.368	0.192	0.067	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.35	-2.475	0.332	0.345	0.194	0.068	0.029	100.00%	100.00%	0.0009
0.40	-2.237	0.298	0.324	0.186	0.065	0.027	100.00%	100.00%	0.0009
0.46	-2.454	0.337	0.311	0.199	0.070	0.029	100.00%	100.00%	0.0010
0.50	-2.747	0.391	0.314	0.216	0.076	0.032	100.00%	100.00%	0.0012
0.59	-2.544	0.361	0.304	0.223	0.078	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
0.71	-2.527	0.357	0.293	0.247	0.087	0.036	99.99%	100.00%	0.0015
0.83	-2.864	0.417	0.306	0.233	0.082	0.034	100.00%	100.00%	0.0013
0.91	-3.042	0.449	0.312	0.244	0.086	0.036	100.00%	100.00%	0.0015
1.00	-3.213	0.479	0.312	0.238	0.084	0.035	100.00%	100.00%	0.0014
1.54	-3.500	0.527	0.326	0.225	0.079	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
2.00	-3.621	0.540	0.312	0.236	0.083	0.035	100.00%	100.00%	0.0014
2.50	-3.729	0.547	0.292	0.242	0.085	0.036	100.00%	100.00%	0.0014
3.33	-3.508	0.499	0.262	0.259	0.091	0.038	100.00%	100.00%	0.0017
4.00	-3.694	0.524	0.262	0.253	0.089	0.037	100.00%	100.00%	0.0016
Componente vertical									D ₀ = 1.25
0.04	-3.211	0.254	0.119	0.281	0.099	0.009	99.33%	100.00%	0.0004
0.05	-2.686	0.219	0.124	0.263	0.093	0.008	98.87%	100.00%	0.0004
0.06	-2.875	0.285	0.129	0.237	0.083	0.008	99.93%	100.00%	0.0003
0.07	-2.875	0.285	0.129	0.237	0.083	0.008	99.93%	100.00%	0.0003
0.08	-3.110	0.331	0.112	0.243	0.085	0.008	99.98%	100.00%	0.0003
0.09	-3.141	0.346	0.108	0.237	0.083	0.008	99.99%	100.00%	0.0003
0.10	-3.196	0.364	0.104	0.247	0.087	0.008	99.99%	100.00%	0.0003
0.15	-3.262	0.402	0.094	0.235	0.083	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-3.278	0.413	0.090	0.223	0.078	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-2.821	0.322	0.074	0.203	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-2.804	0.333	0.076	0.213	0.075	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-2.646	0.301	0.069	0.219	0.077	0.007	99.98%	100.00%	0.0003
0.40	-2.598	0.296	0.067	0.232	0.081	0.007	99.96%	100.00%	0.0003
0.46	-2.596	0.301	0.067	0.223	0.078	0.007	99.98%	100.00%	0.0003
0.50	-2.701	0.318	0.065	0.237	0.084	0.008	99.98%	100.00%	0.0003
0.59	-2.934	0.362	0.068	0.220	0.077	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-3.056	0.390	0.071	0.227	0.080	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.83	-3.312	0.431	0.068	0.226	0.080	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.91	-3.406	0.455	0.072	0.202	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.313	0.444	0.073	0.214	0.075	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.928	0.546	0.067	0.253	0.089	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.538	0.477	0.065	0.231	0.081	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.757	0.499	0.059	0.218	0.077	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-3.773	0.485	0.051	0.227	0.080	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
4.00	-3.881	0.495	0.050	0.219	0.077	0.007	100.00%	100.00%	0.0003

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.45
0.04	-3.409	0.217	0.495	0.256	0.090	0.044	99.00%	100.00%	0.0019
0.05	-2.989	0.186	0.497	0.247	0.087	0.043	98.09%	100.00%	0.0018
0.06	-2.864	0.198	0.506	0.249	0.087	0.043	98.56%	100.00%	0.0018
0.07	-2.864	0.198	0.506	0.249	0.087	0.043	98.56%	100.00%	0.0018
0.08	-2.808	0.233	0.516	0.248	0.087	0.043	99.48%	100.00%	0.0018
0.09	-2.661	0.226	0.509	0.237	0.083	0.041	99.53%	100.00%	0.0016
0.10	-2.557	0.219	0.493	0.230	0.081	0.040	99.53%	100.00%	0.0015
0.15	-2.417	0.245	0.448	0.202	0.071	0.035	99.94%	100.00%	0.0012
0.20	-2.668	0.316	0.453	0.186	0.066	0.032	100.00%	100.00%	0.0010
0.25	-2.841	0.358	0.440	0.198	0.070	0.034	100.00%	100.00%	0.0011
0.30	-2.743	0.350	0.436	0.191	0.067	0.033	100.00%	100.00%	0.0011
0.35	-2.531	0.319	0.418	0.190	0.067	0.033	100.00%	100.00%	0.0010
0.40	-2.406	0.305	0.397	0.186	0.065	0.032	100.00%	100.00%	0.0010
0.46	-2.598	0.341	0.387	0.196	0.069	0.034	100.00%	100.00%	0.0011
0.50	-2.755	0.371	0.382	0.214	0.075	0.037	100.00%	100.00%	0.0013
0.59	-2.640	0.356	0.369	0.217	0.077	0.038	100.00%	100.00%	0.0014
0.71	-2.661	0.361	0.361	0.237	0.084	0.041	100.00%	100.00%	0.0016
0.83	-2.994	0.421	0.375	0.228	0.080	0.040	100.00%	100.00%	0.0015
0.91	-3.088	0.438	0.375	0.230	0.081	0.040	100.00%	100.00%	0.0015
1.00	-3.236	0.464	0.377	0.228	0.080	0.040	100.00%	100.00%	0.0015
1.54	-3.564	0.521	0.390	0.220	0.077	0.038	100.00%	100.00%	0.0014
2.00	-3.662	0.534	0.379	0.219	0.077	0.038	100.00%	100.00%	0.0014
2.50	-3.736	0.538	0.361	0.230	0.081	0.040	100.00%	100.00%	0.0015
3.33	-3.551	0.499	0.334	0.238	0.084	0.041	100.00%	100.00%	0.0017
4.00	-3.634	0.508	0.332	0.239	0.084	0.041	100.00%	100.00%	0.0017
Componente vertical									D ₀ = 1.27
0.04	-3.325	0.255	0.127	0.269	0.095	0.009	99.51%	100.00%	0.0004
0.05	-2.960	0.243	0.132	0.248	0.087	0.009	99.61%	100.00%	0.0004
0.06	-3.140	0.304	0.135	0.242	0.085	0.008	99.96%	100.00%	0.0003
0.07	-3.140	0.304	0.135	0.242	0.085	0.008	99.96%	100.00%	0.0003
0.08	-3.174	0.321	0.120	0.237	0.084	0.008	99.98%	100.00%	0.0003
0.09	-3.293	0.350	0.115	0.236	0.083	0.008	99.99%	100.00%	0.0003
0.10	-3.383	0.374	0.113	0.238	0.084	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-3.359	0.394	0.100	0.225	0.079	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-3.336	0.401	0.097	0.221	0.078	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-2.965	0.334	0.085	0.201	0.071	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-2.913	0.336	0.085	0.206	0.073	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-2.825	0.315	0.078	0.211	0.074	0.007	99.99%	100.00%	0.0003
0.40	-2.843	0.323	0.076	0.222	0.078	0.008	99.99%	100.00%	0.0003
0.46	-2.696	0.302	0.076	0.223	0.079	0.008	99.98%	100.00%	0.0003
0.50	-2.785	0.317	0.074	0.228	0.080	0.008	99.99%	100.00%	0.0003
0.59	-2.919	0.345	0.076	0.215	0.076	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-3.147	0.391	0.079	0.219	0.077	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.83	-3.348	0.425	0.077	0.208	0.073	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.91	-3.425	0.444	0.079	0.196	0.069	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.413	0.446	0.080	0.196	0.069	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.813	0.516	0.076	0.238	0.084	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.625	0.483	0.074	0.218	0.077	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.727	0.488	0.067	0.201	0.071	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.715	0.473	0.060	0.213	0.075	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
4.00	-3.791	0.479	0.058	0.207	0.073	0.007	100.00%	100.00%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.24
0.04	-3.462	0.219	0.422	0.242	0.085	0.036	99.33%	100.00%	0.0015
0.05	-3.167	0.207	0.426	0.238	0.084	0.036	99.12%	100.00%	0.0014
0.06	-2.978	0.205	0.428	0.237	0.083	0.035	99.12%	100.00%	0.0014
0.07	-2.978	0.205	0.428	0.237	0.083	0.035	99.12%	100.00%	0.0014
0.08	-2.883	0.231	0.432	0.233	0.082	0.035	99.64%	100.00%	0.0014
0.09	-2.798	0.234	0.427	0.227	0.080	0.034	99.73%	100.00%	0.0013
0.10	-2.684	0.226	0.419	0.223	0.078	0.033	99.70%	100.00%	0.0012
0.15	-2.553	0.248	0.386	0.194	0.068	0.029	99.96%	100.00%	0.0009
0.20	-2.726	0.304	0.385	0.182	0.064	0.027	100.00%	100.00%	0.0008
0.25	-2.788	0.330	0.379	0.186	0.065	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.30	-2.708	0.326	0.374	0.187	0.066	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.35	-2.654	0.324	0.370	0.189	0.066	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.40	-2.587	0.320	0.360	0.190	0.067	0.028	100.00%	100.00%	0.0009
0.46	-2.714	0.346	0.353	0.197	0.069	0.029	100.00%	100.00%	0.0010
0.50	-2.773	0.359	0.347	0.205	0.072	0.031	100.00%	100.00%	0.0011
0.59	-2.664	0.345	0.330	0.210	0.074	0.031	100.00%	100.00%	0.0011
0.71	-2.804	0.372	0.327	0.222	0.078	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
0.83	-3.069	0.422	0.336	0.223	0.079	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
0.91	-3.146	0.436	0.334	0.220	0.077	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
1.00	-3.245	0.454	0.336	0.217	0.076	0.032	100.00%	100.00%	0.0012
1.54	-3.573	0.513	0.340	0.210	0.074	0.031	100.00%	100.00%	0.0011
2.00	-3.619	0.520	0.333	0.205	0.072	0.031	100.00%	100.00%	0.0011
2.50	-3.639	0.519	0.325	0.214	0.075	0.032	100.00%	100.00%	0.0012
3.33	-3.560	0.501	0.311	0.219	0.077	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
4.00	-3.580	0.501	0.308	0.221	0.078	0.033	100.00%	100.00%	0.0012
Componente vertical									D ₀ = 1.18
0.04	-3.534	0.277	0.085	0.251	0.088	0.006	99.85%	100.00%	0.0002
0.05	-3.309	0.279	0.086	0.244	0.086	0.006	99.89%	100.00%	0.0002
0.06	-3.321	0.305	0.086	0.242	0.085	0.006	99.96%	100.00%	0.0002
0.07	-3.321	0.305	0.086	0.242	0.085	0.006	99.96%	100.00%	0.0002
0.08	-3.317	0.324	0.079	0.234	0.082	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.09	-3.395	0.345	0.076	0.234	0.082	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.10	-3.514	0.371	0.074	0.232	0.082	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-3.452	0.383	0.066	0.217	0.076	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-3.418	0.391	0.065	0.216	0.076	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-3.144	0.347	0.060	0.201	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-3.133	0.353	0.059	0.204	0.072	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.123	0.351	0.056	0.206	0.072	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-2.999	0.333	0.053	0.213	0.075	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-2.924	0.323	0.053	0.217	0.076	0.005	99.99%	100.00%	0.0002
0.50	-2.958	0.332	0.053	0.214	0.075	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-3.037	0.349	0.053	0.210	0.074	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.236	0.389	0.053	0.209	0.074	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.411	0.424	0.054	0.198	0.070	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.452	0.431	0.053	0.196	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.483	0.441	0.054	0.189	0.066	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-3.762	0.495	0.053	0.211	0.074	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.676	0.481	0.051	0.201	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.697	0.477	0.048	0.192	0.068	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-3.700	0.469	0.045	0.203	0.071	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.729	0.470	0.044	0.197	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.93
0.04	-1.184	0.337	-0.022	0.539	0.263	0.007	89.38%	99.56%	0.0001
0.05	-0.837	0.296	-0.020	0.511	0.249	0.007	87.66%	99.57%	0.0001
0.06	-0.931	0.331	-0.024	0.471	0.229	0.007	91.86%	99.93%	0.0001
0.07	-0.931	0.331	-0.024	0.471	0.229	0.007	91.86%	99.93%	0.0001
0.08	-0.863	0.344	-0.026	0.455	0.222	0.006	93.22%	99.97%	0.0001
0.09	-0.493	0.305	-0.026	0.423	0.206	0.006	92.33%	99.99%	0.0000
0.10	-0.605	0.312	-0.022	0.451	0.220	0.006	91.57%	99.89%	0.0000
0.15	0.987	0.067	-0.021	0.440	0.214	0.006	62.14%	99.90%	0.0000
0.20	-0.553	0.301	-0.017	0.315	0.153	0.004	96.89%	99.95%	0.0000
0.25	-0.926	0.380	-0.019	0.318	0.155	0.004	98.86%	99.98%	0.0000
0.30	-1.112	0.394	-0.017	0.297	0.145	0.004	99.37%	99.98%	0.0000
0.35	-0.550	0.329	-0.022	0.308	0.150	0.004	98.07%	100.00%	0.0000
0.40	-1.150	0.413	-0.020	0.344	0.168	0.005	98.90%	99.99%	0.0000
0.46	-1.427	0.439	-0.020	0.302	0.147	0.004	99.66%	100.00%	0.0000
0.50	-1.524	0.458	-0.021	0.294	0.143	0.004	99.79%	100.00%	0.0000
0.59	-1.422	0.405	-0.018	0.306	0.149	0.004	99.37%	99.99%	0.0000
0.71	-1.023	0.317	-0.017	0.374	0.182	0.005	95.20%	99.80%	0.0000
0.83	-1.831	0.468	-0.021	0.387	0.188	0.005	98.95%	99.96%	0.0000
0.91	-2.136	0.527	-0.024	0.354	0.172	0.005	99.71%	100.00%	0.0000
1.00	-1.813	0.451	-0.022	0.403	0.196	0.006	98.43%	99.96%	0.0000
1.54	-2.467	0.496	-0.018	0.373	0.182	0.005	99.39%	99.91%	0.0000
2.00	-3.841	0.712	-0.022	0.361	0.176	0.005	99.97%	99.99%	0.0000
2.50	-3.947	0.697	-0.023	0.323	0.157	0.004	99.99%	100.00%	0.0000
3.33	-3.791	0.593	-0.016	0.338	0.165	0.005	99.92%	99.85%	0.0000
4.00	-5.000	0.733	-0.010	0.358	0.174	0.005	99.98%	97.57%	0.0000
Componente vertical									D ₀ = 1.08
0.04	-1.229	0.343	0.030	0.527	0.257	0.008	90.25%	99.94%	-0.0001
0.05	-1.443	0.400	0.030	0.561	0.273	0.009	92.14%	99.88%	-0.0001
0.06	-1.481	0.432	0.033	0.517	0.252	0.008	94.99%	99.98%	-0.0001
0.07	-1.481	0.432	0.033	0.517	0.252	0.008	94.99%	99.98%	-0.0001
0.08	-0.578	0.333	0.038	0.514	0.250	0.008	90.14%	100.00%	-0.0001
0.09	-0.035	0.239	0.038	0.449	0.219	0.007	85.71%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.920	0.350	0.031	0.449	0.219	0.007	93.81%	99.99%	-0.0001
0.15	0.604	0.108	0.032	0.506	0.247	0.008	66.67%	99.98%	-0.0001
0.20	-0.952	0.338	0.027	0.386	0.188	0.006	95.69%	99.99%	0.0000
0.25	-1.403	0.372	0.022	0.341	0.166	0.005	98.22%	99.98%	0.0000
0.30	-1.197	0.308	0.019	0.329	0.160	0.005	96.58%	99.93%	0.0000
0.35	-0.911	0.270	0.020	0.326	0.159	0.005	94.87%	99.96%	0.0000
0.40	-1.407	0.367	0.024	0.311	0.151	0.005	98.80%	100.00%	0.0000
0.46	-1.867	0.441	0.025	0.347	0.169	0.005	99.21%	99.99%	0.0000
0.50	-1.362	0.340	0.025	0.366	0.178	0.006	96.49%	99.99%	0.0000
0.59	-1.035	0.255	0.020	0.352	0.172	0.005	92.47%	99.93%	0.0000
0.71	-2.589	0.507	0.021	0.318	0.155	0.005	99.83%	99.99%	0.0000
0.83	-2.787	0.527	0.021	0.299	0.145	0.005	99.93%	99.99%	0.0000
0.91	-2.359	0.500	0.028	0.263	0.128	0.004	99.96%	100.00%	0.0000
1.00	-3.000	0.574	0.025	0.274	0.133	0.004	99.99%	100.00%	0.0000
1.54	-3.765	0.677	0.028	0.311	0.151	0.005	99.99%	100.00%	0.0000
2.00	-4.510	0.759	0.026	0.222	0.108	0.003	100.00%	100.00%	0.0000
2.50	-3.802	0.573	0.020	0.314	0.153	0.005	99.94%	99.98%	0.0000
3.33	-4.917	0.683	0.011	0.229	0.111	0.004	100.00%	99.81%	0.0000
4.00	-4.782	0.635	0.013	0.303	0.148	0.005	99.99%	99.49%	0.0000

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.04
0.04	-0.676	0.280	-0.446	0.169	0.082	0.053	99.87%	100.00%	0.0003
0.05	-0.477	0.257	-0.457	0.197	0.096	0.061	99.33%	100.00%	0.0003
0.06	-0.249	0.228	-0.467	0.175	0.085	0.055	99.29%	100.00%	0.0003
0.07	-0.249	0.228	-0.467	0.175	0.085	0.055	99.29%	100.00%	0.0003
0.08	0.019	0.205	-0.505	0.183	0.089	0.057	98.43%	100.00%	0.0003
0.09	0.078	0.204	-0.496	0.168	0.082	0.052	98.97%	100.00%	0.0003
0.10	0.143	0.201	-0.490	0.196	0.096	0.061	97.65%	100.00%	0.0003
0.15	0.619	0.124	-0.427	0.206	0.101	0.064	88.55%	100.00%	0.0004
0.20	-0.052	0.221	-0.370	0.165	0.080	0.051	99.42%	100.00%	0.0002
0.25	-0.144	0.259	-0.424	0.197	0.096	0.061	99.33%	100.00%	0.0003
0.30	-0.147	0.255	-0.433	0.225	0.110	0.070	98.52%	100.00%	0.0005
0.35	-0.378	0.296	-0.448	0.222	0.108	0.069	99.40%	100.00%	0.0004
0.40	-0.792	0.358	-0.437	0.254	0.124	0.079	99.58%	100.00%	0.0006
0.46	-0.967	0.373	-0.431	0.312	0.152	0.097	98.87%	99.99%	0.0009
0.50	-0.846	0.356	-0.457	0.321	0.156	0.100	98.35%	99.99%	0.0009
0.59	-1.183	0.384	-0.419	0.345	0.168	0.107	98.37%	99.96%	0.0011
0.71	-1.023	0.333	-0.400	0.375	0.183	0.117	95.87%	99.88%	0.0013
0.83	-1.336	0.401	-0.472	0.390	0.190	0.121	97.67%	99.96%	0.0014
0.91	-1.706	0.457	-0.474	0.392	0.191	0.122	98.72%	99.96%	0.0014
1.00	-1.485	0.410	-0.464	0.406	0.198	0.126	97.50%	99.93%	0.0015
1.54	-2.211	0.467	-0.399	0.338	0.165	0.105	99.52%	99.95%	0.0010
2.00	-3.212	0.629	-0.479	0.351	0.171	0.109	99.93%	99.99%	0.0011
2.50	-3.597	0.665	-0.493	0.302	0.147	0.094	99.99%	100.00%	0.0008
3.33	-3.644	0.588	-0.352	0.319	0.155	0.099	99.95%	99.91%	0.0009
4.00	-4.683	0.692	-0.242	0.318	0.155	0.099	99.99%	98.85%	0.0009
Componente vertical									D ₀ = 0.10
0.04	-1.051	0.282	-0.406	0.187	0.091	0.048	99.74%	100.00%	0.0002
0.05	-0.761	0.269	-0.441	0.241	0.117	0.063	98.39%	100.00%	0.0004
0.06	-0.540	0.273	-0.514	0.213	0.104	0.055	99.24%	100.00%	0.0003
0.07	-0.540	0.273	-0.514	0.213	0.104	0.055	99.24%	100.00%	0.0003
0.08	-0.174	0.227	-0.509	0.194	0.095	0.050	98.73%	100.00%	0.0003
0.09	-0.085	0.224	-0.523	0.199	0.097	0.052	98.46%	100.00%	0.0003
0.10	-0.152	0.233	-0.503	0.193	0.094	0.050	98.93%	100.00%	0.0003
0.15	0.772	0.063	-0.455	0.238	0.116	0.062	70.42%	100.00%	0.0004
0.20	-0.491	0.238	-0.387	0.211	0.103	0.055	98.48%	100.00%	0.0003
0.25	-1.299	0.355	-0.356	0.197	0.096	0.051	99.94%	100.00%	0.0003
0.30	-0.997	0.280	-0.321	0.228	0.111	0.059	99.03%	100.00%	0.0004
0.35	-0.676	0.227	-0.325	0.266	0.130	0.069	95.26%	99.99%	0.0005
0.40	-0.864	0.264	-0.358	0.245	0.120	0.064	98.10%	100.00%	0.0004
0.46	-1.354	0.355	-0.388	0.280	0.137	0.073	99.18%	100.00%	0.0005
0.50	-1.067	0.291	-0.374	0.262	0.128	0.068	98.35%	100.00%	0.0005
0.59	-0.924	0.231	-0.321	0.252	0.123	0.066	96.33%	100.00%	0.0004
0.71	-1.871	0.382	-0.332	0.264	0.129	0.069	99.64%	100.00%	0.0005
0.83	-2.247	0.439	-0.339	0.232	0.113	0.060	99.96%	100.00%	0.0004
0.91	-2.125	0.450	-0.413	0.241	0.117	0.062	99.95%	100.00%	0.0004
1.00	-2.282	0.467	-0.404	0.215	0.105	0.056	99.99%	100.00%	0.0003
1.54	-3.211	0.604	-0.445	0.273	0.133	0.071	99.99%	100.00%	0.0005
2.00	-3.839	0.672	-0.420	0.247	0.120	0.064	100.00%	100.00%	0.0004
2.50	-3.673	0.571	-0.336	0.290	0.141	0.075	99.97%	99.99%	0.0006
3.33	-4.815	0.678	-0.206	0.219	0.107	0.057	100.00%	99.93%	0.0003
4.00	-4.654	0.621	-0.216	0.275	0.134	0.071	99.99%	99.69%	0.0005

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.67
0.04	-0.832	0.269	-0.101	0.167	0.081	0.012	99.84%	100.00%	0.0000
0.05	-0.747	0.262	-0.103	0.179	0.087	0.012	99.67%	100.00%	0.0000
0.06	-0.538	0.232	-0.104	0.174	0.085	0.012	99.40%	100.00%	0.0000
0.07	-0.538	0.232	-0.104	0.174	0.085	0.012	99.40%	100.00%	0.0000
0.08	-0.246	0.198	-0.109	0.177	0.086	0.012	98.42%	100.00%	0.0000
0.09	-0.316	0.217	-0.109	0.165	0.080	0.011	99.35%	100.00%	0.0000
0.10	-0.220	0.208	-0.110	0.187	0.091	0.013	98.39%	100.00%	0.0000
0.15	0.136	0.159	-0.100	0.187	0.091	0.013	95.30%	100.00%	0.0000
0.20	-0.352	0.229	-0.087	0.162	0.079	0.011	99.58%	100.00%	0.0000
0.25	-0.437	0.260	-0.098	0.194	0.094	0.013	99.42%	100.00%	0.0001
0.30	-0.575	0.278	-0.101	0.231	0.113	0.016	98.91%	100.00%	0.0001
0.35	-0.778	0.311	-0.103	0.234	0.114	0.016	99.39%	100.00%	0.0001
0.40	-1.171	0.367	-0.098	0.259	0.126	0.018	99.59%	100.00%	0.0001
0.46	-1.206	0.364	-0.099	0.311	0.151	0.022	98.74%	99.99%	0.0001
0.50	-1.122	0.346	-0.102	0.323	0.157	0.022	98.07%	99.99%	0.0001
0.59	-1.481	0.389	-0.099	0.342	0.167	0.024	98.54%	99.98%	0.0002
0.71	-1.533	0.376	-0.095	0.373	0.182	0.026	97.47%	99.93%	0.0002
0.83	-1.797	0.424	-0.106	0.384	0.187	0.027	98.31%	99.97%	0.0002
0.91	-2.030	0.458	-0.107	0.389	0.189	0.027	98.79%	99.97%	0.0002
1.00	-1.958	0.438	-0.106	0.391	0.191	0.027	98.44%	99.96%	0.0002
1.54	-2.644	0.497	-0.094	0.328	0.160	0.023	99.75%	99.98%	0.0001
2.00	-3.372	0.605	-0.110	0.325	0.158	0.023	99.95%	100.00%	0.0001
2.50	-3.791	0.645	-0.110	0.285	0.139	0.020	99.99%	100.00%	0.0001
3.33	-3.904	0.596	-0.083	0.303	0.147	0.021	99.97%	99.96%	0.0001
4.00	-4.521	0.646	-0.063	0.288	0.140	0.020	99.99%	99.76%	0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.29
0.04	-1.258	0.291	-0.263	0.174	0.085	0.030	99.88%	100.00%	0.0001
0.05	-1.046	0.287	-0.291	0.203	0.099	0.035	99.58%	100.00%	0.0002
0.06	-0.819	0.276	-0.321	0.201	0.098	0.035	99.49%	100.00%	0.0002
0.07	-0.819	0.276	-0.321	0.201	0.098	0.035	99.49%	100.00%	0.0002
0.08	-0.481	0.233	-0.325	0.183	0.089	0.032	99.20%	100.00%	0.0001
0.09	-0.448	0.228	-0.318	0.189	0.092	0.033	98.91%	100.00%	0.0001
0.10	-0.291	0.204	-0.312	0.203	0.099	0.035	97.43%	100.00%	0.0002
0.15	0.276	0.098	-0.285	0.215	0.105	0.037	81.99%	100.00%	0.0002
0.20	-0.710	0.238	-0.256	0.204	0.099	0.035	98.73%	100.00%	0.0002
0.25	-1.760	0.400	-0.243	0.196	0.095	0.034	99.98%	100.00%	0.0002
0.30	-1.060	0.268	-0.230	0.228	0.111	0.040	98.75%	100.00%	0.0002
0.35	-1.155	0.278	-0.220	0.244	0.119	0.042	98.57%	100.00%	0.0002
0.40	-1.127	0.279	-0.250	0.238	0.116	0.041	98.75%	100.00%	0.0002
0.46	-1.354	0.314	-0.247	0.263	0.128	0.046	98.85%	100.00%	0.0003
0.50	-1.298	0.293	-0.242	0.262	0.128	0.045	98.43%	100.00%	0.0003
0.59	-1.203	0.247	-0.215	0.251	0.123	0.044	97.18%	100.00%	0.0003
0.71	-1.951	0.365	-0.219	0.246	0.120	0.043	99.70%	100.00%	0.0002
0.83	-2.307	0.431	-0.245	0.230	0.112	0.040	99.96%	100.00%	0.0002
0.91	-2.250	0.433	-0.271	0.221	0.108	0.038	99.97%	100.00%	0.0002
1.00	-2.428	0.464	-0.280	0.208	0.101	0.036	99.99%	100.00%	0.0002
1.54	-3.258	0.580	-0.299	0.246	0.120	0.043	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.759	0.631	-0.288	0.242	0.118	0.042	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.935	0.601	-0.245	0.262	0.128	0.045	99.99%	100.00%	0.0003
3.33	-4.776	0.661	-0.157	0.202	0.098	0.035	100.00%	99.99%	0.0002
4.00	-4.727	0.620	-0.152	0.232	0.113	0.040	100.00%	99.95%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.22
0.04	-0.579	0.243	-0.290	0.173	0.085	0.035	99.57%	100.00%	0.0001
0.05	-0.540	0.243	-0.294	0.178	0.087	0.035	99.48%	100.00%	0.0002
0.06	-0.380	0.220	-0.297	0.178	0.087	0.036	99.05%	100.00%	0.0002
0.07	-0.380	0.220	-0.297	0.178	0.087	0.036	99.05%	100.00%	0.0002
0.08	-0.189	0.198	-0.303	0.174	0.085	0.035	98.55%	100.00%	0.0001
0.09	-0.194	0.205	-0.305	0.173	0.084	0.034	98.83%	100.00%	0.0001
0.10	-0.140	0.203	-0.308	0.177	0.086	0.035	98.58%	100.00%	0.0002
0.15	0.087	0.173	-0.290	0.177	0.086	0.035	97.16%	100.00%	0.0002
0.20	-0.292	0.225	-0.262	0.171	0.084	0.034	99.33%	100.00%	0.0001
0.25	-0.329	0.246	-0.290	0.194	0.094	0.039	99.19%	100.00%	0.0002
0.30	-0.561	0.281	-0.298	0.227	0.111	0.045	99.07%	100.00%	0.0003
0.35	-0.784	0.316	-0.303	0.244	0.119	0.049	99.29%	100.00%	0.0003
0.40	-1.106	0.359	-0.290	0.270	0.131	0.054	99.39%	100.00%	0.0004
0.46	-1.097	0.352	-0.296	0.309	0.151	0.062	98.56%	100.00%	0.0005
0.50	-1.098	0.347	-0.298	0.321	0.157	0.064	98.12%	99.99%	0.0005
0.59	-1.388	0.381	-0.294	0.344	0.168	0.069	98.33%	99.98%	0.0006
0.71	-1.459	0.378	-0.296	0.370	0.180	0.074	97.61%	99.97%	0.0007
0.83	-1.680	0.409	-0.307	0.377	0.184	0.075	98.16%	99.98%	0.0007
0.91	-1.857	0.432	-0.307	0.382	0.186	0.076	98.49%	99.97%	0.0007
1.00	-1.878	0.431	-0.309	0.382	0.186	0.076	98.49%	99.97%	0.0007
1.54	-2.499	0.483	-0.287	0.330	0.161	0.066	99.67%	99.99%	0.0005
2.00	-3.007	0.553	-0.319	0.306	0.149	0.061	99.94%	100.00%	0.0005
2.50	-3.408	0.588	-0.311	0.276	0.134	0.055	99.99%	100.00%	0.0004
3.33	-3.606	0.562	-0.256	0.286	0.140	0.057	99.97%	99.99%	0.0004
4.00	-3.927	0.567	-0.209	0.266	0.130	0.053	99.99%	99.96%	0.0003
Componente vertical									D ₀ = 0.15
0.04	-1.217	0.287	-0.345	0.169	0.082	0.039	99.89%	100.00%	0.0002
0.05	-1.058	0.285	-0.375	0.184	0.090	0.043	99.78%	100.00%	0.0002
0.06	-0.819	0.266	-0.405	0.190	0.093	0.044	99.56%	100.00%	0.0002
0.07	-0.819	0.266	-0.405	0.190	0.093	0.044	99.56%	100.00%	0.0002
0.08	-0.603	0.237	-0.406	0.177	0.086	0.041	99.42%	100.00%	0.0002
0.09	-0.555	0.230	-0.399	0.178	0.087	0.041	99.26%	100.00%	0.0002
0.10	-0.334	0.193	-0.394	0.189	0.092	0.044	97.64%	100.00%	0.0002
0.15	-0.181	0.153	-0.354	0.201	0.098	0.046	93.37%	100.00%	0.0002
0.20	-0.730	0.232	-0.339	0.199	0.097	0.046	98.71%	100.00%	0.0002
0.25	-1.495	0.348	-0.331	0.207	0.101	0.048	99.89%	100.00%	0.0003
0.30	-1.151	0.277	-0.314	0.223	0.109	0.051	99.08%	100.00%	0.0003
0.35	-1.268	0.288	-0.302	0.232	0.113	0.054	99.08%	100.00%	0.0003
0.40	-1.410	0.310	-0.315	0.232	0.113	0.054	99.40%	100.00%	0.0003
0.46	-1.426	0.305	-0.310	0.253	0.123	0.058	98.92%	100.00%	0.0004
0.50	-1.361	0.288	-0.311	0.256	0.125	0.059	98.46%	100.00%	0.0004
0.59	-1.326	0.261	-0.290	0.253	0.123	0.058	97.71%	100.00%	0.0004
0.71	-1.937	0.356	-0.296	0.243	0.118	0.056	99.68%	100.00%	0.0004
0.83	-2.339	0.431	-0.330	0.231	0.112	0.053	99.95%	100.00%	0.0003
0.91	-2.312	0.429	-0.349	0.220	0.107	0.051	99.97%	100.00%	0.0003
1.00	-2.397	0.443	-0.360	0.219	0.107	0.051	99.98%	100.00%	0.0003
1.54	-3.113	0.550	-0.403	0.236	0.115	0.055	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.426	0.566	-0.378	0.223	0.109	0.052	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.859	0.591	-0.339	0.228	0.111	0.053	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-4.371	0.603	-0.242	0.179	0.087	0.041	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.339	0.565	-0.229	0.189	0.092	0.044	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-0.536	0.235	-0.285	0.178	0.087	0.035	99.35%	100.00%	0.0002
0.05	-0.502	0.232	-0.287	0.177	0.086	0.035	99.33%	100.00%	0.0002
0.06	-0.418	0.221	-0.288	0.177	0.087	0.035	99.11%	100.00%	0.0002
0.07	-0.418	0.221	-0.288	0.177	0.087	0.035	99.11%	100.00%	0.0002
0.08	-0.311	0.210	-0.291	0.172	0.084	0.034	98.99%	100.00%	0.0001
0.09	-0.249	0.205	-0.294	0.173	0.084	0.034	98.82%	100.00%	0.0001
0.10	-0.212	0.202	-0.295	0.175	0.085	0.034	98.68%	100.00%	0.0001
0.15	-0.114	0.191	-0.283	0.176	0.086	0.034	98.16%	100.00%	0.0001
0.20	-0.348	0.222	-0.267	0.180	0.088	0.035	99.04%	100.00%	0.0002
0.25	-0.476	0.252	-0.288	0.197	0.096	0.039	99.22%	100.00%	0.0002
0.30	-0.671	0.283	-0.297	0.223	0.109	0.044	99.19%	100.00%	0.0002
0.35	-0.982	0.331	-0.298	0.244	0.119	0.048	99.46%	100.00%	0.0003
0.40	-1.161	0.354	-0.295	0.272	0.133	0.053	99.30%	100.00%	0.0004
0.46	-1.191	0.353	-0.297	0.296	0.144	0.058	98.86%	100.00%	0.0004
0.50	-1.260	0.359	-0.297	0.316	0.154	0.062	98.53%	100.00%	0.0005
0.59	-1.467	0.382	-0.298	0.340	0.166	0.066	98.45%	99.99%	0.0006
0.71	-1.635	0.398	-0.301	0.357	0.174	0.070	98.39%	99.99%	0.0006
0.83	-1.704	0.400	-0.304	0.356	0.173	0.069	98.47%	99.99%	0.0006
0.91	-1.833	0.417	-0.307	0.358	0.174	0.070	98.71%	99.99%	0.0006
1.00	-1.876	0.419	-0.310	0.358	0.174	0.070	98.75%	99.99%	0.0006
1.54	-2.286	0.443	-0.301	0.320	0.156	0.063	99.53%	100.00%	0.0005
2.00	-2.753	0.495	-0.303	0.297	0.145	0.058	99.88%	100.00%	0.0004
2.50	-2.994	0.511	-0.301	0.274	0.134	0.054	99.95%	100.00%	0.0004
3.33	-3.077	0.488	-0.284	0.260	0.127	0.051	99.96%	100.00%	0.0003
4.00	-3.192	0.476	-0.261	0.251	0.122	0.049	99.96%	100.00%	0.0003
Componente vertical									D ₀ = 0.38
0.04	-1.342	0.295	-0.219	0.159	0.077	0.023	99.95%	100.00%	0.0001
0.05	-1.237	0.289	-0.228	0.167	0.082	0.024	99.91%	100.00%	0.0001
0.06	-1.090	0.277	-0.238	0.173	0.084	0.025	99.83%	100.00%	0.0001
0.07	-1.090	0.277	-0.238	0.173	0.084	0.025	99.83%	100.00%	0.0001
0.08	-0.941	0.257	-0.240	0.168	0.082	0.024	99.77%	100.00%	0.0001
0.09	-0.870	0.245	-0.237	0.164	0.080	0.024	99.72%	100.00%	0.0001
0.10	-0.738	0.220	-0.232	0.169	0.082	0.024	99.31%	100.00%	0.0001
0.15	-0.788	0.215	-0.211	0.189	0.092	0.027	98.56%	100.00%	0.0001
0.20	-1.091	0.264	-0.216	0.190	0.093	0.027	99.54%	100.00%	0.0001
0.25	-1.561	0.331	-0.209	0.198	0.097	0.029	99.88%	100.00%	0.0001
0.30	-1.505	0.308	-0.198	0.207	0.101	0.030	99.71%	100.00%	0.0001
0.35	-1.595	0.314	-0.192	0.218	0.106	0.031	99.64%	100.00%	0.0002
0.40	-1.664	0.317	-0.189	0.234	0.114	0.034	99.46%	100.00%	0.0002
0.46	-1.556	0.292	-0.189	0.246	0.120	0.036	98.82%	100.00%	0.0002
0.50	-1.523	0.282	-0.190	0.248	0.121	0.036	98.54%	100.00%	0.0002
0.59	-1.766	0.314	-0.193	0.247	0.120	0.036	99.20%	100.00%	0.0002
0.71	-2.079	0.363	-0.202	0.238	0.116	0.034	99.75%	100.00%	0.0002
0.83	-2.368	0.408	-0.209	0.224	0.109	0.032	99.94%	100.00%	0.0002
0.91	-2.430	0.414	-0.211	0.221	0.108	0.032	99.96%	100.00%	0.0002
1.00	-2.455	0.415	-0.217	0.219	0.107	0.032	99.96%	100.00%	0.0002
1.54	-3.038	0.506	-0.252	0.212	0.103	0.031	100.00%	100.00%	0.0001
2.00	-3.347	0.529	-0.241	0.196	0.096	0.028	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.698	0.549	-0.221	0.191	0.093	0.028	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-3.760	0.506	-0.183	0.154	0.075	0.022	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.741	0.480	-0.181	0.156	0.076	0.022	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 1.47
0.04	-3.910	0.342	0.083	0.275	0.134	0.024	99.10%	99.90%	-0.0001
0.05	-3.316	0.308	0.093	0.351	0.171	0.030	95.75%	99.74%	-0.0001
0.06	-2.811	0.265	0.126	0.221	0.108	0.019	98.88%	100.00%	-0.0001
0.07	-2.811	0.265	0.126	0.221	0.108	0.019	98.88%	100.00%	-0.0001
0.08	-2.884	0.332	0.142	0.203	0.099	0.017	99.86%	100.00%	0.0000
0.09	-2.565	0.310	0.141	0.217	0.106	0.019	99.62%	100.00%	-0.0001
0.10	-2.545	0.304	0.108	0.240	0.117	0.021	99.19%	100.00%	-0.0001
0.15	-0.433	0.010	0.114	0.238	0.116	0.020	53.49%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.030	0.280	0.086	0.179	0.087	0.015	99.80%	100.00%	0.0000
0.25	-2.323	0.361	0.102	0.209	0.102	0.018	99.91%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.403	0.372	0.093	0.216	0.105	0.019	99.91%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.818	0.311	0.124	0.223	0.109	0.019	99.55%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.385	0.401	0.115	0.253	0.123	0.022	99.82%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.574	0.425	0.114	0.306	0.149	0.026	99.54%	99.99%	-0.0001
0.50	-2.666	0.450	0.121	0.298	0.145	0.026	99.74%	99.99%	-0.0001
0.59	-2.423	0.386	0.104	0.328	0.160	0.028	98.78%	99.93%	-0.0001
0.71	-1.970	0.303	0.093	0.377	0.183	0.032	94.39%	99.55%	-0.0002
0.83	-2.663	0.444	0.121	0.402	0.196	0.035	98.33%	99.90%	-0.0002
0.91	-2.988	0.510	0.136	0.380	0.185	0.033	99.42%	99.98%	-0.0002
1.00	-2.624	0.437	0.128	0.430	0.210	0.037	97.57%	99.89%	-0.0002
1.54	-2.749	0.439	0.115	0.363	0.177	0.031	98.95%	99.94%	-0.0002
2.00	-3.871	0.627	0.133	0.345	0.168	0.030	99.94%	99.99%	-0.0001
2.50	-3.603	0.575	0.145	0.296	0.144	0.025	99.97%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.051	0.452	0.117	0.303	0.147	0.026	99.72%	99.99%	-0.0001
4.00	-3.787	0.558	0.102	0.297	0.145	0.026	99.96%	99.97%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 1.21
0.04	-3.416	0.317	0.066	0.224	0.109	0.009	99.59%	100.00%	0.0000
0.05	-3.424	0.367	0.069	0.325	0.158	0.013	98.50%	100.00%	-0.0001
0.06	-3.402	0.400	0.076	0.243	0.118	0.010	99.86%	100.00%	0.0000
0.07	-3.402	0.400	0.076	0.243	0.118	0.010	99.86%	100.00%	0.0000
0.08	-2.358	0.301	0.090	0.238	0.116	0.009	99.17%	100.00%	0.0000
0.09	-1.742	0.204	0.089	0.200	0.097	0.008	97.63%	100.00%	0.0000
0.10	-2.700	0.334	0.072	0.175	0.085	0.007	99.96%	100.00%	0.0000
0.15	-0.900	0.077	0.075	0.300	0.146	0.012	69.87%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.394	0.319	0.063	0.239	0.117	0.009	99.40%	100.00%	0.0000
0.25	-2.684	0.343	0.051	0.229	0.112	0.009	99.72%	100.00%	0.0000
0.30	-2.422	0.282	0.041	0.226	0.110	0.009	99.12%	99.99%	0.0000
0.35	-2.066	0.245	0.045	0.253	0.123	0.010	97.03%	99.99%	0.0000
0.40	-2.584	0.353	0.054	0.249	0.121	0.010	99.60%	100.00%	0.0000
0.46	-2.991	0.431	0.058	0.337	0.164	0.013	99.22%	99.99%	-0.0001
0.50	-2.350	0.312	0.059	0.294	0.143	0.012	98.01%	100.00%	-0.0001
0.59	-1.976	0.235	0.047	0.286	0.139	0.011	94.72%	99.98%	-0.0001
0.71	-3.421	0.481	0.050	0.273	0.133	0.011	99.92%	99.99%	0.0000
0.83	-3.586	0.511	0.050	0.285	0.139	0.011	99.94%	99.99%	-0.0001
0.91	-3.150	0.485	0.069	0.276	0.134	0.011	99.92%	100.00%	0.0000
1.00	-3.696	0.549	0.059	0.215	0.105	0.009	100.00%	100.00%	0.0000
1.54	-3.886	0.598	0.071	0.304	0.148	0.012	99.97%	100.00%	-0.0001
2.00	-4.366	0.659	0.067	0.213	0.104	0.008	100.00%	100.00%	0.0000
2.50	-3.717	0.515	0.058	0.304	0.148	0.012	99.90%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.457	0.593	0.038	0.186	0.091	0.007	100.00%	100.00%	0.0000
4.00	-4.169	0.542	0.042	0.193	0.094	0.008	100.00%	100.00%	0.0000

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.45
0.04	-3.809	0.324	-0.177	0.216	0.105	0.027	99.73%	100.00%	0.0001
0.05	-3.264	0.278	-0.182	0.256	0.125	0.032	98.17%	100.00%	0.0002
0.06	-2.539	0.200	-0.193	0.210	0.102	0.026	96.82%	100.00%	0.0001
0.07	-2.539	0.200	-0.193	0.210	0.102	0.026	96.82%	100.00%	0.0001
0.08	-2.238	0.209	-0.211	0.187	0.091	0.023	98.41%	100.00%	0.0001
0.09	-2.033	0.196	-0.203	0.196	0.096	0.024	97.41%	100.00%	0.0001
0.10	-1.861	0.184	-0.196	0.222	0.108	0.028	94.79%	100.00%	0.0001
0.15	-0.931	0.083	-0.179	0.221	0.108	0.027	77.52%	100.00%	0.0001
0.20	-1.595	0.199	-0.146	0.172	0.084	0.021	98.65%	100.00%	0.0001
0.25	-1.703	0.256	-0.169	0.188	0.092	0.023	99.46%	100.00%	0.0001
0.30	-1.636	0.254	-0.173	0.217	0.106	0.027	98.75%	100.00%	0.0001
0.35	-1.855	0.306	-0.183	0.215	0.105	0.027	99.60%	100.00%	0.0001
0.40	-2.153	0.360	-0.177	0.244	0.119	0.030	99.69%	100.00%	0.0002
0.46	-2.271	0.376	-0.173	0.299	0.146	0.037	99.15%	99.99%	0.0002
0.50	-2.171	0.372	-0.188	0.306	0.149	0.038	98.97%	100.00%	0.0003
0.59	-2.347	0.384	-0.169	0.330	0.161	0.041	98.70%	99.98%	0.0003
0.71	-2.182	0.344	-0.155	0.352	0.171	0.044	97.14%	99.91%	0.0003
0.83	-2.363	0.398	-0.184	0.365	0.178	0.045	98.21%	99.97%	0.0004
0.91	-2.604	0.443	-0.191	0.368	0.179	0.046	98.91%	99.98%	0.0004
1.00	-2.451	0.416	-0.189	0.396	0.193	0.049	97.89%	99.96%	0.0004
1.54	-2.614	0.431	-0.178	0.333	0.162	0.041	99.28%	99.99%	0.0003
2.00	-3.065	0.508	-0.194	0.321	0.156	0.040	99.82%	100.00%	0.0003
2.50	-3.134	0.518	-0.207	0.282	0.137	0.035	99.95%	100.00%	0.0002
3.33	-2.857	0.444	-0.176	0.290	0.141	0.036	99.76%	100.00%	0.0002
4.00	-3.396	0.514	-0.153	0.271	0.132	0.034	99.96%	99.99%	0.0002
Componente vertical									D ₀ = 0.16
0.04	-2.935	0.223	-0.448	0.268	0.131	0.061	94.93%	100.00%	0.0004
0.05	-2.857	0.262	-0.446	0.321	0.156	0.072	94.61%	100.00%	0.0006
0.06	-2.458	0.256	-0.500	0.248	0.121	0.056	97.69%	100.00%	0.0004
0.07	-2.458	0.256	-0.500	0.248	0.121	0.056	97.69%	100.00%	0.0004
0.08	-1.817	0.187	-0.485	0.220	0.107	0.050	95.23%	100.00%	0.0003
0.09	-1.914	0.222	-0.488	0.214	0.104	0.048	97.75%	100.00%	0.0003
0.10	-1.876	0.219	-0.466	0.201	0.098	0.045	98.21%	100.00%	0.0002
0.15	-0.791	0.049	-0.407	0.243	0.119	0.055	65.76%	100.00%	0.0003
0.20	-1.921	0.228	-0.356	0.224	0.109	0.051	97.57%	100.00%	0.0003
0.25	-2.638	0.341	-0.317	0.194	0.095	0.044	99.92%	100.00%	0.0002
0.30	-2.311	0.275	-0.279	0.221	0.108	0.050	99.08%	100.00%	0.0003
0.35	-1.927	0.218	-0.280	0.264	0.128	0.060	94.81%	99.99%	0.0004
0.40	-2.041	0.252	-0.305	0.250	0.122	0.056	97.50%	100.00%	0.0004
0.46	-2.461	0.343	-0.336	0.286	0.139	0.065	98.89%	100.00%	0.0005
0.50	-2.166	0.285	-0.323	0.271	0.132	0.061	97.87%	100.00%	0.0004
0.59	-1.950	0.229	-0.284	0.257	0.125	0.058	95.95%	100.00%	0.0004
0.71	-2.619	0.345	-0.289	0.258	0.126	0.058	99.40%	100.00%	0.0004
0.83	-3.032	0.423	-0.299	0.226	0.110	0.051	99.95%	100.00%	0.0003
0.91	-2.863	0.427	-0.356	0.235	0.114	0.053	99.94%	100.00%	0.0003
1.00	-2.979	0.446	-0.352	0.217	0.106	0.049	99.98%	100.00%	0.0003
1.54	-3.277	0.519	-0.396	0.257	0.125	0.058	99.98%	100.00%	0.0004
2.00	-3.558	0.554	-0.382	0.223	0.109	0.050	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.334	0.488	-0.347	0.269	0.131	0.061	99.94%	100.00%	0.0004
3.33	-4.093	0.555	-0.234	0.174	0.085	0.039	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.900	0.521	-0.245	0.171	0.083	0.039	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-3.698	0.308	-0.289	0.196	0.096	0.038	99.81%	100.00%	0.0002
0.05	-3.152	0.257	-0.290	0.228	0.111	0.044	98.48%	100.00%	0.0002
0.06	-2.556	0.199	-0.305	0.200	0.098	0.039	97.29%	100.00%	0.0002
0.07	-2.556	0.199	-0.305	0.200	0.098	0.039	97.29%	100.00%	0.0002
0.08	-2.150	0.188	-0.330	0.178	0.087	0.035	97.92%	100.00%	0.0002
0.09	-1.975	0.179	-0.322	0.193	0.094	0.038	96.50%	100.00%	0.0002
0.10	-1.789	0.162	-0.310	0.213	0.104	0.042	93.34%	100.00%	0.0002
0.15	-1.099	0.105	-0.292	0.206	0.100	0.040	84.68%	100.00%	0.0002
0.20	-1.583	0.190	-0.243	0.165	0.080	0.032	98.64%	100.00%	0.0001
0.25	-1.548	0.224	-0.276	0.184	0.090	0.036	98.97%	100.00%	0.0002
0.30	-1.708	0.261	-0.281	0.213	0.104	0.042	99.00%	100.00%	0.0002
0.35	-1.834	0.290	-0.283	0.223	0.109	0.043	99.30%	100.00%	0.0002
0.40	-2.047	0.333	-0.280	0.246	0.120	0.048	99.46%	100.00%	0.0003
0.46	-2.177	0.354	-0.277	0.293	0.143	0.057	98.93%	100.00%	0.0004
0.50	-2.046	0.342	-0.294	0.301	0.147	0.059	98.54%	100.00%	0.0004
0.59	-2.279	0.373	-0.279	0.320	0.156	0.062	98.72%	99.99%	0.0005
0.71	-2.188	0.346	-0.258	0.336	0.164	0.066	97.68%	99.96%	0.0005
0.83	-2.369	0.394	-0.291	0.347	0.169	0.068	98.52%	99.98%	0.0006
0.91	-2.451	0.413	-0.300	0.355	0.173	0.069	98.70%	99.99%	0.0006
1.00	-2.460	0.415	-0.299	0.372	0.182	0.073	98.39%	99.98%	0.0007
1.54	-2.601	0.432	-0.293	0.321	0.156	0.063	99.43%	99.99%	0.0005
2.00	-2.676	0.447	-0.314	0.306	0.149	0.060	99.67%	100.00%	0.0004
2.50	-2.863	0.476	-0.324	0.279	0.136	0.055	99.90%	100.00%	0.0004
3.33	-2.793	0.442	-0.288	0.287	0.140	0.056	99.77%	100.00%	0.0004
4.00	-3.139	0.482	-0.257	0.261	0.127	0.051	99.95%	100.00%	0.0003
Componente vertical									D ₀ = 0.59
0.04	-3.375	0.251	-0.175	0.263	0.128	0.023	96.82%	100.00%	0.0001
0.05	-3.243	0.282	-0.177	0.279	0.136	0.025	97.53%	100.00%	0.0001
0.06	-2.878	0.269	-0.191	0.241	0.117	0.021	98.41%	100.00%	0.0001
0.07	-2.878	0.269	-0.191	0.241	0.117	0.021	98.41%	100.00%	0.0001
0.08	-2.090	0.175	-0.188	0.219	0.107	0.019	94.18%	100.00%	0.0001
0.09	-2.173	0.201	-0.181	0.208	0.101	0.018	97.02%	100.00%	0.0001
0.10	-2.081	0.192	-0.175	0.212	0.103	0.019	96.21%	100.00%	0.0001
0.15	-1.275	0.077	-0.155	0.220	0.107	0.019	75.90%	100.00%	0.0001
0.20	-2.262	0.238	-0.137	0.210	0.102	0.019	98.52%	100.00%	0.0001
0.25	-3.072	0.380	-0.133	0.189	0.092	0.017	99.98%	100.00%	0.0001
0.30	-2.525	0.280	-0.115	0.210	0.102	0.019	99.39%	100.00%	0.0001
0.35	-2.442	0.268	-0.111	0.234	0.114	0.021	98.58%	100.00%	0.0001
0.40	-2.435	0.281	-0.123	0.234	0.114	0.021	98.89%	100.00%	0.0001
0.46	-2.551	0.308	-0.123	0.265	0.129	0.023	98.69%	100.00%	0.0001
0.50	-2.435	0.286	-0.122	0.266	0.129	0.023	98.12%	100.00%	0.0001
0.59	-2.291	0.251	-0.112	0.247	0.120	0.022	97.56%	100.00%	0.0001
0.71	-2.702	0.318	-0.107	0.244	0.119	0.021	99.32%	100.00%	0.0001
0.83	-3.125	0.408	-0.122	0.220	0.107	0.019	99.95%	100.00%	0.0001
0.91	-2.949	0.396	-0.136	0.216	0.105	0.019	99.95%	100.00%	0.0001
1.00	-3.140	0.438	-0.141	0.213	0.104	0.019	99.98%	100.00%	0.0001
1.54	-3.393	0.497	-0.154	0.228	0.111	0.020	99.99%	100.00%	0.0001
2.00	-3.528	0.513	-0.150	0.213	0.104	0.019	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.504	0.489	-0.138	0.235	0.115	0.021	99.98%	100.00%	0.0001
3.33	-3.980	0.523	-0.100	0.163	0.079	0.014	100.00%	100.00%	0.0000
4.00	-4.020	0.526	-0.102	0.147	0.072	0.013	100.00%	100.00%	0.0000

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.31
0.04	-3.659	0.289	-0.248	0.181	0.088	0.030	99.83%	100.00%	0.0001
0.05	-3.127	0.237	-0.247	0.201	0.098	0.033	98.80%	100.00%	0.0002
0.06	-2.745	0.212	-0.259	0.189	0.092	0.032	98.43%	100.00%	0.0001
0.07	-2.745	0.212	-0.259	0.189	0.092	0.032	98.43%	100.00%	0.0001
0.08	-2.325	0.194	-0.274	0.181	0.088	0.030	98.06%	100.00%	0.0001
0.09	-2.119	0.178	-0.268	0.192	0.094	0.032	96.49%	100.00%	0.0001
0.10	-1.929	0.160	-0.260	0.200	0.098	0.033	94.23%	100.00%	0.0002
0.15	-1.406	0.133	-0.251	0.189	0.092	0.031	91.78%	100.00%	0.0001
0.20	-1.614	0.178	-0.218	0.155	0.075	0.026	98.61%	100.00%	0.0001
0.25	-1.631	0.218	-0.244	0.173	0.084	0.029	99.16%	100.00%	0.0001
0.30	-1.872	0.269	-0.246	0.202	0.099	0.034	99.39%	100.00%	0.0002
0.35	-1.914	0.281	-0.244	0.221	0.108	0.037	99.20%	100.00%	0.0002
0.40	-2.140	0.327	-0.244	0.248	0.121	0.041	99.35%	100.00%	0.0002
0.46	-2.238	0.343	-0.241	0.288	0.141	0.048	98.85%	100.00%	0.0003
0.50	-2.160	0.339	-0.251	0.293	0.143	0.049	98.68%	100.00%	0.0003
0.59	-2.329	0.365	-0.244	0.311	0.151	0.052	98.77%	99.99%	0.0004
0.71	-2.187	0.336	-0.234	0.319	0.156	0.053	97.89%	99.99%	0.0004
0.83	-2.331	0.371	-0.250	0.332	0.162	0.055	98.42%	99.99%	0.0004
0.91	-2.429	0.392	-0.258	0.342	0.167	0.057	98.59%	99.99%	0.0005
1.00	-2.528	0.410	-0.257	0.353	0.172	0.059	98.69%	99.99%	0.0005
1.54	-2.563	0.415	-0.260	0.315	0.153	0.052	99.35%	100.00%	0.0004
2.00	-2.555	0.416	-0.274	0.300	0.146	0.050	99.52%	100.00%	0.0004
2.50	-2.760	0.446	-0.274	0.280	0.136	0.047	99.83%	100.00%	0.0003
3.33	-2.776	0.435	-0.255	0.280	0.136	0.047	99.79%	100.00%	0.0003
4.00	-2.949	0.450	-0.236	0.259	0.126	0.043	99.91%	100.00%	0.0003
Componente vertical									D ₀ = 0.37
0.04	-3.418	0.252	-0.285	0.259	0.126	0.038	97.10%	100.00%	0.0002
0.05	-3.217	0.274	-0.296	0.256	0.125	0.038	98.04%	100.00%	0.0002
0.06	-2.875	0.257	-0.311	0.230	0.112	0.034	98.41%	100.00%	0.0002
0.07	-2.875	0.257	-0.311	0.230	0.112	0.034	98.41%	100.00%	0.0002
0.08	-2.258	0.185	-0.298	0.214	0.104	0.031	95.53%	100.00%	0.0002
0.09	-2.209	0.190	-0.290	0.209	0.102	0.031	96.22%	100.00%	0.0001
0.10	-2.031	0.167	-0.283	0.209	0.102	0.031	94.18%	100.00%	0.0001
0.15	-1.691	0.126	-0.248	0.202	0.098	0.030	89.30%	100.00%	0.0001
0.20	-2.176	0.212	-0.227	0.199	0.097	0.029	98.01%	100.00%	0.0001
0.25	-2.819	0.330	-0.224	0.198	0.096	0.029	99.88%	100.00%	0.0001
0.30	-2.486	0.268	-0.202	0.201	0.098	0.030	99.39%	100.00%	0.0001
0.35	-2.474	0.268	-0.195	0.214	0.104	0.032	99.13%	100.00%	0.0002
0.40	-2.705	0.309	-0.194	0.221	0.108	0.033	99.56%	100.00%	0.0002
0.46	-2.675	0.307	-0.193	0.239	0.116	0.035	99.25%	100.00%	0.0002
0.50	-2.543	0.288	-0.195	0.248	0.121	0.036	98.69%	100.00%	0.0002
0.59	-2.419	0.263	-0.186	0.244	0.119	0.036	98.12%	100.00%	0.0002
0.71	-2.719	0.309	-0.175	0.251	0.122	0.037	99.06%	99.99%	0.0002
0.83	-3.037	0.388	-0.205	0.224	0.109	0.033	99.91%	100.00%	0.0002
0.91	-3.014	0.398	-0.225	0.218	0.106	0.032	99.94%	100.00%	0.0002
1.00	-3.083	0.418	-0.233	0.219	0.107	0.032	99.96%	100.00%	0.0002
1.54	-3.319	0.478	-0.255	0.221	0.108	0.033	99.99%	100.00%	0.0002
2.00	-3.311	0.471	-0.248	0.209	0.102	0.031	99.99%	100.00%	0.0001
2.50	-3.311	0.458	-0.235	0.211	0.103	0.031	99.99%	100.00%	0.0001
3.33	-3.805	0.504	-0.186	0.158	0.077	0.023	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.897	0.514	-0.185	0.143	0.069	0.021	100.00%	100.00%	0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla normal. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.89
0.04	-3.661	0.260	-0.033	0.171	0.083	0.004	99.75%	100.00%	0.0000
0.05	-3.303	0.238	-0.033	0.175	0.085	0.004	99.46%	100.00%	0.0000
0.06	-3.023	0.223	-0.034	0.175	0.085	0.004	99.21%	100.00%	0.0000
0.07	-3.023	0.223	-0.034	0.175	0.085	0.004	99.21%	100.00%	0.0000
0.08	-2.652	0.207	-0.035	0.177	0.086	0.004	98.74%	100.00%	0.0000
0.09	-2.418	0.187	-0.035	0.178	0.087	0.004	97.91%	100.00%	0.0000
0.10	-2.256	0.173	-0.034	0.181	0.088	0.004	96.90%	100.00%	0.0000
0.15	-1.822	0.156	-0.033	0.173	0.084	0.004	96.12%	100.00%	0.0000
0.20	-1.915	0.190	-0.030	0.160	0.078	0.004	98.84%	100.00%	0.0000
0.25	-1.939	0.224	-0.033	0.166	0.081	0.004	99.44%	100.00%	0.0000
0.30	-2.065	0.260	-0.033	0.189	0.092	0.004	99.51%	100.00%	0.0000
0.35	-2.151	0.281	-0.033	0.215	0.105	0.005	99.33%	100.00%	0.0000
0.40	-2.384	0.326	-0.033	0.241	0.117	0.005	99.45%	100.00%	0.0000
0.46	-2.490	0.349	-0.033	0.263	0.128	0.006	99.38%	100.00%	0.0000
0.50	-2.517	0.357	-0.033	0.275	0.134	0.006	99.30%	100.00%	0.0000
0.59	-2.509	0.358	-0.033	0.290	0.141	0.006	99.05%	100.00%	0.0000
0.71	-2.435	0.347	-0.033	0.308	0.150	0.007	98.47%	100.00%	0.0000
0.83	-2.513	0.366	-0.034	0.316	0.154	0.007	98.69%	100.00%	0.0000
0.91	-2.596	0.383	-0.034	0.322	0.157	0.007	98.84%	100.00%	0.0000
1.00	-2.710	0.403	-0.034	0.328	0.160	0.007	99.03%	100.00%	0.0000
1.54	-2.576	0.385	-0.035	0.311	0.151	0.007	99.07%	100.00%	0.0000
2.00	-2.582	0.390	-0.037	0.301	0.147	0.007	99.28%	100.00%	0.0000
2.50	-2.751	0.413	-0.036	0.280	0.137	0.006	99.69%	100.00%	0.0000
3.33	-2.863	0.426	-0.035	0.272	0.133	0.006	99.80%	100.00%	0.0000
4.00	-2.883	0.422	-0.034	0.264	0.129	0.006	99.83%	100.00%	0.0000
Componente vertical									D ₀ = 0.24
0.04	-3.505	0.261	-0.366	0.244	0.119	0.047	98.07%	100.00%	0.0003
0.05	-3.269	0.268	-0.378	0.239	0.116	0.046	98.45%	100.00%	0.0003
0.06	-2.953	0.251	-0.389	0.226	0.110	0.043	98.36%	100.00%	0.0002
0.07	-2.953	0.251	-0.389	0.226	0.110	0.043	98.36%	100.00%	0.0002
0.08	-2.595	0.219	-0.370	0.212	0.103	0.041	97.70%	100.00%	0.0002
0.09	-2.364	0.193	-0.364	0.207	0.101	0.040	96.59%	100.00%	0.0002
0.10	-2.146	0.160	-0.353	0.199	0.097	0.038	94.32%	100.00%	0.0002
0.15	-2.083	0.166	-0.309	0.193	0.094	0.037	95.49%	100.00%	0.0002
0.20	-2.225	0.203	-0.295	0.187	0.091	0.036	98.19%	100.00%	0.0002
0.25	-2.557	0.268	-0.289	0.198	0.097	0.038	99.45%	100.00%	0.0002
0.30	-2.559	0.268	-0.273	0.194	0.095	0.037	99.52%	100.00%	0.0002
0.35	-2.580	0.277	-0.269	0.201	0.098	0.038	99.52%	100.00%	0.0002
0.40	-2.798	0.313	-0.259	0.204	0.100	0.039	99.76%	100.00%	0.0002
0.46	-2.771	0.304	-0.246	0.214	0.104	0.041	99.59%	100.00%	0.0002
0.50	-2.659	0.286	-0.242	0.225	0.110	0.043	99.18%	100.00%	0.0002
0.59	-2.635	0.283	-0.236	0.237	0.116	0.045	98.85%	100.00%	0.0003
0.71	-2.754	0.309	-0.238	0.248	0.121	0.047	99.11%	100.00%	0.0003
0.83	-3.049	0.373	-0.258	0.232	0.113	0.044	99.83%	100.00%	0.0003
0.91	-3.118	0.398	-0.280	0.227	0.111	0.043	99.92%	100.00%	0.0002
1.00	-3.041	0.392	-0.289	0.228	0.111	0.044	99.90%	100.00%	0.0002
1.54	-3.192	0.438	-0.312	0.216	0.105	0.041	99.98%	100.00%	0.0002
2.00	-3.162	0.436	-0.321	0.216	0.105	0.041	99.98%	100.00%	0.0002
2.50	-3.280	0.450	-0.310	0.190	0.092	0.036	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.581	0.476	-0.270	0.164	0.080	0.031	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.699	0.489	-0.262	0.156	0.076	0.030	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.76
0.04	-2.237	0.520	-0.089	0.466	0.133	0.015	99.98%	100.00%	-0.0001
0.05	-1.166	0.364	-0.085	0.408	0.117	0.013	99.84%	100.00%	-0.0001
0.06	-1.577	0.433	-0.081	0.421	0.121	0.014	99.96%	100.00%	-0.0001
0.07	-1.577	0.433	-0.081	0.421	0.121	0.014	99.96%	100.00%	-0.0001
0.08	-1.443	0.463	-0.093	0.440	0.126	0.014	99.97%	100.00%	-0.0001
0.09	-1.305	0.437	-0.087	0.467	0.134	0.015	99.90%	100.00%	-0.0001
0.10	-1.305	0.431	-0.088	0.463	0.133	0.015	99.89%	100.00%	-0.0001
0.15	-0.968	0.382	-0.083	0.417	0.120	0.014	99.87%	100.00%	-0.0001
0.20	-0.924	0.373	-0.084	0.375	0.107	0.012	99.94%	100.00%	-0.0001
0.25	-1.023	0.383	-0.082	0.369	0.106	0.012	99.96%	100.00%	-0.0001
0.30	-1.582	0.484	-0.096	0.395	0.113	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.803	0.482	-0.082	0.357	0.102	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-1.338	0.409	-0.084	0.352	0.101	0.011	99.99%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.033	0.516	-0.086	0.344	0.099	0.011	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-1.788	0.485	-0.097	0.353	0.101	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.426	0.551	-0.081	0.312	0.089	0.010	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.506	0.549	-0.083	0.277	0.079	0.009	100.00%	100.00%	0.0000
0.83	-2.442	0.530	-0.081	0.277	0.079	0.009	100.00%	100.00%	0.0000
0.91	-2.870	0.587	-0.080	0.272	0.078	0.009	100.00%	100.00%	0.0000
1.00	-3.135	0.622	-0.077	0.280	0.080	0.009	100.00%	100.00%	0.0000
1.54	-3.725	0.712	-0.096	0.216	0.062	0.007	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.897	0.743	-0.100	0.283	0.081	0.009	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.748	0.698	-0.098	0.328	0.094	0.011	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.913	0.822	-0.077	0.353	0.101	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-5.226	0.858	-0.074	0.432	0.124	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-2.673	0.587	-0.139	0.445	0.127	0.021	100.00%	100.00%	-0.0002
0.05	-1.387	0.392	-0.123	0.446	0.128	0.021	99.82%	100.00%	-0.0002
0.06	-1.776	0.470	-0.129	0.451	0.129	0.021	99.97%	100.00%	-0.0002
0.07	-1.776	0.470	-0.129	0.451	0.129	0.021	99.97%	100.00%	-0.0002
0.08	-1.774	0.482	-0.133	0.468	0.134	0.022	99.96%	100.00%	-0.0002
0.09	-1.557	0.452	-0.133	0.413	0.118	0.020	99.98%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.083	0.521	-0.122	0.418	0.120	0.020	100.00%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.521	0.417	-0.117	0.390	0.112	0.018	99.97%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.032	0.459	-0.097	0.343	0.098	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.146	0.464	-0.092	0.339	0.097	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.321	0.518	-0.123	0.326	0.093	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.956	0.574	-0.095	0.306	0.088	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.918	0.572	-0.104	0.296	0.085	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.127	0.584	-0.089	0.311	0.089	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.675	0.506	-0.094	0.306	0.088	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.192	0.589	-0.100	0.270	0.077	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.229	0.593	-0.108	0.270	0.077	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.042	0.532	-0.091	0.295	0.084	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-3.695	0.625	-0.086	0.285	0.082	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.448	0.603	-0.104	0.268	0.077	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.882	0.632	-0.096	0.247	0.071	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-4.193	0.689	-0.115	0.292	0.084	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-5.011	0.799	-0.108	0.341	0.098	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-5.333	0.810	-0.096	0.389	0.111	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-5.404	0.792	-0.092	0.374	0.107	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.60
0.04	-0.538	0.250	-0.169	0.302	0.086	0.017	99.71%	100.00%	-0.0001
0.05	-0.394	0.237	-0.168	0.310	0.089	0.018	99.48%	100.00%	-0.0001
0.06	-0.227	0.215	-0.165	0.302	0.086	0.017	99.17%	100.00%	-0.0001
0.07	-0.227	0.215	-0.165	0.302	0.086	0.017	99.17%	100.00%	-0.0001
0.08	-0.287	0.257	-0.173	0.340	0.097	0.019	99.44%	100.00%	-0.0001
0.09	-0.216	0.252	-0.176	0.328	0.094	0.019	99.50%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.086	0.226	-0.171	0.329	0.094	0.019	98.97%	100.00%	-0.0001
0.15	0.018	0.213	-0.161	0.325	0.093	0.018	98.67%	100.00%	-0.0001
0.20	-0.066	0.228	-0.163	0.296	0.085	0.017	99.49%	100.00%	-0.0001
0.25	-0.204	0.254	-0.169	0.293	0.084	0.017	99.80%	100.00%	-0.0001
0.30	-0.667	0.329	-0.178	0.279	0.080	0.016	99.99%	100.00%	-0.0001
0.35	-0.839	0.329	-0.161	0.291	0.083	0.016	99.99%	100.00%	-0.0001
0.40	-0.594	0.286	-0.161	0.272	0.078	0.015	99.97%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.152	0.372	-0.165	0.261	0.075	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-1.371	0.404	-0.172	0.274	0.078	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-1.719	0.440	-0.160	0.231	0.066	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-1.819	0.438	-0.157	0.229	0.065	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-1.953	0.449	-0.154	0.219	0.063	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.361	0.502	-0.148	0.222	0.064	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.634	0.542	-0.149	0.227	0.065	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.267	0.634	-0.173	0.191	0.055	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.526	0.678	-0.179	0.249	0.071	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.592	0.665	-0.173	0.298	0.085	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.709	0.783	-0.136	0.343	0.098	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.968	0.802	-0.127	0.414	0.119	0.023	100.00%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-1.425	0.342	-0.135	0.295	0.084	0.014	99.99%	100.00%	-0.0001
0.05	-0.922	0.289	-0.143	0.306	0.088	0.014	99.91%	100.00%	-0.0001
0.06	-0.887	0.300	-0.147	0.313	0.090	0.015	99.92%	100.00%	-0.0001
0.07	-0.887	0.300	-0.147	0.313	0.090	0.015	99.92%	100.00%	-0.0001
0.08	-0.824	0.301	-0.144	0.321	0.092	0.015	99.90%	100.00%	-0.0001
0.09	-0.764	0.288	-0.141	0.306	0.088	0.014	99.90%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.793	0.297	-0.143	0.299	0.086	0.014	99.94%	100.00%	-0.0001
0.15	-0.949	0.299	-0.128	0.322	0.092	0.015	99.89%	100.00%	-0.0001
0.20	-1.073	0.304	-0.123	0.242	0.069	0.011	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-1.410	0.342	-0.117	0.248	0.071	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-1.609	0.379	-0.129	0.231	0.066	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
0.35	-1.908	0.400	-0.112	0.250	0.072	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.235	0.440	-0.111	0.234	0.067	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
0.46	-2.481	0.463	-0.100	0.220	0.063	0.010	100.00%	100.00%	0.0000
0.50	-2.292	0.435	-0.108	0.239	0.069	0.011	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.564	0.474	-0.109	0.224	0.064	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
0.71	-2.339	0.438	-0.117	0.226	0.065	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
0.83	-2.641	0.456	-0.101	0.234	0.067	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
0.91	-2.861	0.482	-0.097	0.250	0.072	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.043	0.523	-0.111	0.235	0.067	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
1.54	-3.541	0.571	-0.107	0.209	0.060	0.010	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.929	0.636	-0.123	0.253	0.072	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.676	0.731	-0.112	0.306	0.088	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-5.209	0.770	-0.093	0.368	0.105	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-5.313	0.760	-0.091	0.353	0.101	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.50
0.04	-0.498	0.243	-0.217	0.300	0.086	0.022	99.66%	100.00%	-0.0001
0.05	-0.409	0.235	-0.217	0.301	0.086	0.022	99.54%	100.00%	-0.0001
0.06	-0.277	0.218	-0.214	0.301	0.086	0.022	99.26%	100.00%	-0.0001
0.07	-0.277	0.218	-0.214	0.301	0.086	0.022	99.26%	100.00%	-0.0001
0.08	-0.360	0.252	-0.219	0.330	0.095	0.024	99.47%	100.00%	-0.0001
0.09	-0.358	0.258	-0.222	0.323	0.092	0.023	99.62%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.151	0.223	-0.219	0.324	0.093	0.024	98.98%	100.00%	-0.0001
0.15	-0.057	0.216	-0.213	0.310	0.089	0.023	99.05%	100.00%	-0.0001
0.20	-0.105	0.223	-0.213	0.293	0.084	0.021	99.45%	100.00%	-0.0001
0.25	-0.233	0.249	-0.224	0.288	0.083	0.021	99.79%	100.00%	-0.0001
0.30	-0.633	0.305	-0.224	0.267	0.076	0.019	99.99%	100.00%	-0.0001
0.35	-0.782	0.311	-0.212	0.277	0.079	0.020	99.99%	100.00%	-0.0001
0.40	-0.687	0.290	-0.211	0.268	0.077	0.019	99.98%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.102	0.352	-0.215	0.262	0.075	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-1.354	0.386	-0.217	0.265	0.076	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-1.688	0.428	-0.212	0.230	0.066	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-1.785	0.426	-0.207	0.230	0.066	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.075	0.458	-0.201	0.217	0.062	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.395	0.500	-0.197	0.219	0.063	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.554	0.523	-0.200	0.219	0.063	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.172	0.616	-0.229	0.185	0.053	0.013	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.452	0.658	-0.233	0.229	0.066	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.700	0.671	-0.221	0.273	0.078	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.518	0.748	-0.179	0.325	0.093	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.792	0.766	-0.166	0.379	0.109	0.028	100.00%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 0.57
0.04	-1.430	0.332	-0.171	0.293	0.084	0.018	99.99%	100.00%	-0.0001
0.05	-1.012	0.285	-0.178	0.297	0.085	0.018	99.92%	100.00%	-0.0001
0.06	-1.064	0.313	-0.189	0.297	0.085	0.018	99.97%	100.00%	-0.0001
0.07	-1.064	0.313	-0.189	0.297	0.085	0.018	99.97%	100.00%	-0.0001
0.08	-1.002	0.308	-0.180	0.313	0.090	0.019	99.94%	100.00%	-0.0001
0.09	-1.020	0.311	-0.181	0.311	0.089	0.019	99.95%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.800	0.275	-0.179	0.299	0.086	0.018	99.88%	100.00%	-0.0001
0.15	-1.025	0.293	-0.166	0.315	0.090	0.019	99.89%	100.00%	-0.0001
0.20	-1.203	0.309	-0.160	0.255	0.073	0.016	99.99%	100.00%	-0.0001
0.25	-1.547	0.350	-0.156	0.254	0.073	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-1.598	0.359	-0.164	0.233	0.067	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.034	0.406	-0.149	0.241	0.069	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.270	0.434	-0.148	0.227	0.065	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.386	0.439	-0.139	0.228	0.065	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.302	0.422	-0.141	0.241	0.069	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.475	0.446	-0.142	0.225	0.064	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.297	0.417	-0.152	0.217	0.062	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.569	0.439	-0.140	0.225	0.065	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.774	0.464	-0.136	0.236	0.068	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.973	0.500	-0.146	0.219	0.063	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.545	0.568	-0.147	0.197	0.056	0.012	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.981	0.637	-0.163	0.238	0.068	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.579	0.706	-0.148	0.280	0.080	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-5.114	0.745	-0.122	0.344	0.099	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-5.245	0.737	-0.117	0.325	0.093	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.48
0.04	-0.522	0.245	-0.227	0.295	0.085	0.022	99.71%	100.00%	-0.0001
0.05	-0.461	0.239	-0.227	0.297	0.085	0.023	99.64%	100.00%	-0.0001
0.06	-0.350	0.225	-0.225	0.299	0.086	0.023	99.43%	100.00%	-0.0001
0.07	-0.350	0.225	-0.225	0.299	0.086	0.023	99.43%	100.00%	-0.0001
0.08	-0.425	0.250	-0.227	0.317	0.091	0.024	99.58%	100.00%	-0.0001
0.09	-0.392	0.249	-0.229	0.320	0.092	0.024	99.54%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.278	0.231	-0.228	0.320	0.092	0.024	99.24%	100.00%	-0.0001
0.15	-0.183	0.223	-0.225	0.300	0.086	0.023	99.36%	100.00%	-0.0001
0.20	-0.145	0.217	-0.226	0.282	0.081	0.021	99.50%	100.00%	-0.0001
0.25	-0.345	0.251	-0.234	0.278	0.079	0.021	99.86%	100.00%	-0.0001
0.30	-0.707	0.298	-0.230	0.257	0.073	0.020	99.99%	100.00%	-0.0001
0.35	-0.774	0.298	-0.224	0.261	0.075	0.020	99.99%	100.00%	-0.0001
0.40	-0.823	0.297	-0.222	0.261	0.075	0.020	99.99%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.141	0.342	-0.224	0.258	0.074	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-1.374	0.374	-0.226	0.255	0.073	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-1.702	0.417	-0.224	0.232	0.067	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-1.855	0.427	-0.221	0.225	0.064	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.100	0.452	-0.214	0.216	0.062	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.322	0.481	-0.213	0.212	0.061	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.425	0.493	-0.215	0.210	0.060	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.001	0.580	-0.241	0.179	0.051	0.014	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.228	0.609	-0.243	0.205	0.059	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.665	0.652	-0.230	0.238	0.068	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.246	0.699	-0.194	0.290	0.083	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.398	0.696	-0.181	0.331	0.095	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.52
0.04	-1.370	0.318	-0.194	0.287	0.082	0.020	99.98%	100.00%	-0.0001
0.05	-1.156	0.296	-0.197	0.288	0.082	0.020	99.96%	100.00%	-0.0001
0.06	-1.131	0.307	-0.207	0.292	0.084	0.020	99.97%	100.00%	-0.0001
0.07	-1.131	0.307	-0.207	0.292	0.084	0.020	99.97%	100.00%	-0.0001
0.08	-1.169	0.315	-0.198	0.309	0.089	0.021	99.96%	100.00%	-0.0001
0.09	-1.101	0.305	-0.197	0.309	0.089	0.021	99.94%	100.00%	-0.0001
0.10	-0.939	0.276	-0.194	0.298	0.085	0.021	99.89%	100.00%	-0.0001
0.15	-1.125	0.295	-0.187	0.307	0.088	0.021	99.92%	100.00%	-0.0001
0.20	-1.341	0.317	-0.183	0.258	0.074	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-1.571	0.341	-0.180	0.253	0.072	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-1.708	0.356	-0.181	0.243	0.070	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.016	0.390	-0.172	0.236	0.068	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.292	0.427	-0.172	0.231	0.066	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.303	0.417	-0.165	0.239	0.068	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.292	0.409	-0.161	0.240	0.069	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.490	0.434	-0.161	0.228	0.065	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.356	0.412	-0.171	0.213	0.061	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.570	0.433	-0.167	0.215	0.062	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.775	0.460	-0.165	0.221	0.063	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.956	0.486	-0.168	0.207	0.059	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.542	0.560	-0.172	0.189	0.054	0.013	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.980	0.625	-0.183	0.219	0.063	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.535	0.686	-0.167	0.244	0.070	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-5.016	0.718	-0.139	0.299	0.086	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-5.153	0.712	-0.133	0.284	0.081	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-0.519	0.245	-0.270	0.291	0.083	0.026	99.74%	100.00%	-0.0001
0.05	-0.466	0.239	-0.269	0.292	0.084	0.026	99.68%	100.00%	-0.0001
0.06	-0.404	0.232	-0.268	0.298	0.085	0.027	99.54%	100.00%	-0.0001
0.07	-0.404	0.232	-0.268	0.298	0.085	0.027	99.54%	100.00%	-0.0001
0.08	-0.393	0.237	-0.268	0.309	0.089	0.028	99.49%	100.00%	-0.0002
0.09	-0.387	0.239	-0.269	0.312	0.089	0.028	99.49%	100.00%	-0.0002
0.10	-0.355	0.235	-0.269	0.311	0.089	0.028	99.44%	100.00%	-0.0002
0.15	-0.286	0.229	-0.271	0.291	0.083	0.026	99.57%	100.00%	-0.0001
0.20	-0.268	0.225	-0.271	0.272	0.078	0.025	99.70%	100.00%	-0.0001
0.25	-0.440	0.250	-0.275	0.260	0.074	0.023	99.92%	100.00%	-0.0001
0.30	-0.705	0.283	-0.271	0.248	0.071	0.022	99.99%	100.00%	-0.0001
0.35	-0.814	0.291	-0.266	0.252	0.072	0.023	99.99%	100.00%	-0.0001
0.40	-0.946	0.304	-0.264	0.250	0.072	0.023	99.99%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.144	0.329	-0.264	0.247	0.071	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-1.348	0.358	-0.267	0.243	0.070	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-1.639	0.396	-0.267	0.231	0.066	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-1.818	0.413	-0.266	0.220	0.063	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-1.974	0.429	-0.265	0.211	0.060	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.102	0.443	-0.264	0.206	0.059	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.255	0.463	-0.265	0.205	0.059	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-2.631	0.513	-0.283	0.176	0.050	0.016	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-2.823	0.529	-0.279	0.178	0.051	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.216	0.572	-0.271	0.198	0.057	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.644	0.604	-0.243	0.236	0.068	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.716	0.591	-0.231	0.261	0.075	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.40
0.04	-1.313	0.307	-0.249	0.284	0.081	0.026	99.98%	100.00%	-0.0001
0.05	-1.239	0.303	-0.253	0.283	0.081	0.026	99.97%	100.00%	-0.0001
0.06	-1.216	0.306	-0.257	0.290	0.083	0.026	99.97%	100.00%	-0.0001
0.07	-1.216	0.306	-0.257	0.290	0.083	0.026	99.97%	100.00%	-0.0001
0.08	-1.273	0.313	-0.247	0.300	0.086	0.027	99.97%	100.00%	-0.0001
0.09	-1.185	0.301	-0.248	0.300	0.086	0.027	99.95%	100.00%	-0.0001
0.10	-1.108	0.289	-0.247	0.299	0.086	0.027	99.92%	100.00%	-0.0001
0.15	-1.196	0.292	-0.240	0.292	0.084	0.026	99.95%	100.00%	-0.0001
0.20	-1.408	0.316	-0.238	0.260	0.074	0.023	99.99%	100.00%	-0.0001
0.25	-1.673	0.344	-0.233	0.254	0.073	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-1.803	0.355	-0.231	0.243	0.070	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.990	0.377	-0.228	0.241	0.069	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.213	0.407	-0.229	0.235	0.067	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.296	0.411	-0.225	0.232	0.067	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.270	0.399	-0.216	0.230	0.066	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.348	0.406	-0.218	0.224	0.064	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.411	0.410	-0.223	0.218	0.062	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.540	0.421	-0.222	0.209	0.060	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.669	0.437	-0.222	0.207	0.059	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.842	0.460	-0.222	0.200	0.057	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.365	0.524	-0.225	0.180	0.051	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.799	0.580	-0.225	0.191	0.055	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.296	0.638	-0.213	0.201	0.057	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.675	0.660	-0.188	0.232	0.066	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.843	0.660	-0.178	0.226	0.065	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-3.894	0.448	-0.267	0.371	0.106	0.034	99.99%	100.00%	-0.0002
0.05	-2.332	0.227	-0.239	0.331	0.095	0.030	98.96%	100.00%	-0.0002
0.06	-2.630	0.293	-0.230	0.360	0.103	0.033	99.67%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.630	0.293	-0.230	0.360	0.103	0.033	99.67%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.379	0.335	-0.270	0.353	0.101	0.032	99.91%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.252	0.316	-0.247	0.365	0.104	0.033	99.80%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.203	0.312	-0.254	0.362	0.104	0.033	99.79%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.766	0.271	-0.235	0.362	0.104	0.033	99.41%	100.00%	-0.0002
0.20	-1.635	0.269	-0.240	0.317	0.091	0.029	99.76%	100.00%	-0.0002
0.25	-1.673	0.284	-0.234	0.291	0.083	0.026	99.93%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.136	0.387	-0.274	0.316	0.091	0.029	100.00%	100.00%	-0.0002
0.35	-2.349	0.390	-0.236	0.314	0.090	0.028	100.00%	100.00%	-0.0002
0.40	-1.888	0.327	-0.239	0.298	0.085	0.027	99.98%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.494	0.429	-0.244	0.258	0.074	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.230	0.404	-0.276	0.280	0.080	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.751	0.457	-0.230	0.262	0.075	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.718	0.455	-0.239	0.236	0.067	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.553	0.429	-0.230	0.226	0.065	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.890	0.480	-0.230	0.229	0.066	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.078	0.509	-0.221	0.239	0.068	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.509	0.601	-0.267	0.183	0.052	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.261	0.580	-0.266	0.225	0.064	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.034	0.534	-0.256	0.258	0.074	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.851	0.634	-0.211	0.264	0.076	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.960	0.646	-0.194	0.323	0.093	0.029	100.00%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 0.62
0.04	-4.259	0.505	-0.169	0.349	0.100	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.05	-2.570	0.259	-0.144	0.356	0.102	0.019	99.27%	100.00%	-0.0001
0.06	-2.852	0.334	-0.152	0.341	0.098	0.018	99.93%	100.00%	-0.0001
0.07	-2.852	0.334	-0.152	0.341	0.098	0.018	99.93%	100.00%	-0.0001
0.08	-2.789	0.355	-0.155	0.367	0.105	0.020	99.93%	100.00%	-0.0001
0.09	-2.573	0.336	-0.156	0.284	0.081	0.015	99.99%	100.00%	-0.0001
0.10	-3.070	0.406	-0.144	0.315	0.090	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.15	-2.349	0.304	-0.138	0.324	0.093	0.017	99.90%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.809	0.356	-0.114	0.262	0.075	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.799	0.358	-0.110	0.242	0.069	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-3.001	0.429	-0.143	0.240	0.069	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-3.618	0.490	-0.112	0.286	0.082	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-3.444	0.478	-0.122	0.241	0.069	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.726	0.509	-0.104	0.240	0.069	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.227	0.430	-0.111	0.252	0.072	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.713	0.519	-0.118	0.226	0.065	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.589	0.511	-0.127	0.242	0.069	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.236	0.436	-0.110	0.274	0.078	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-4.027	0.555	-0.102	0.250	0.072	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.572	0.504	-0.119	0.229	0.066	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-4.039	0.562	-0.106	0.211	0.061	0.011	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.921	0.572	-0.125	0.229	0.066	0.012	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.679	0.682	-0.112	0.262	0.075	0.014	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.819	0.681	-0.093	0.295	0.085	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.584	0.637	-0.092	0.250	0.072	0.013	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.32
0.04	-3.159	0.284	-0.340	0.390	0.112	0.041	99.28%	100.00%	-0.0003
0.05	-2.502	0.220	-0.327	0.378	0.108	0.040	97.61%	100.00%	-0.0003
0.06	-2.251	0.205	-0.319	0.358	0.102	0.038	97.43%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.251	0.205	-0.319	0.358	0.102	0.038	97.43%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.133	0.249	-0.330	0.369	0.106	0.039	98.86%	100.00%	-0.0002
0.09	-1.817	0.217	-0.336	0.365	0.104	0.039	97.85%	100.00%	-0.0002
0.10	-1.803	0.216	-0.325	0.357	0.102	0.038	97.97%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.500	0.201	-0.299	0.340	0.097	0.036	97.74%	100.00%	-0.0002
0.20	-1.430	0.213	-0.304	0.303	0.087	0.032	99.11%	100.00%	-0.0002
0.25	-1.468	0.241	-0.316	0.304	0.087	0.032	99.59%	100.00%	-0.0002
0.30	-1.808	0.312	-0.336	0.292	0.084	0.031	99.97%	100.00%	-0.0002
0.35	-1.903	0.310	-0.307	0.298	0.085	0.032	99.97%	100.00%	-0.0002
0.40	-1.669	0.275	-0.301	0.278	0.080	0.029	99.94%	100.00%	-0.0001
0.46	-2.057	0.345	-0.309	0.261	0.075	0.028	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.114	0.362	-0.326	0.274	0.078	0.029	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.435	0.401	-0.300	0.244	0.070	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.496	0.411	-0.298	0.239	0.068	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.442	0.404	-0.294	0.231	0.066	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.727	0.444	-0.285	0.238	0.068	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.911	0.478	-0.286	0.236	0.068	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.191	0.543	-0.323	0.190	0.054	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.000	0.531	-0.325	0.193	0.055	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-2.923	0.510	-0.308	0.223	0.064	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.572	0.588	-0.259	0.248	0.071	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.683	0.596	-0.235	0.298	0.085	0.032	100.00%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 0.53
0.04	-3.680	0.346	-0.215	0.340	0.097	0.023	99.95%	100.00%	-0.0001
0.05	-2.940	0.274	-0.216	0.344	0.099	0.023	99.60%	100.00%	-0.0001
0.06	-2.710	0.269	-0.219	0.330	0.095	0.022	99.67%	100.00%	-0.0001
0.07	-2.710	0.269	-0.219	0.330	0.095	0.022	99.67%	100.00%	-0.0001
0.08	-2.772	0.309	-0.211	0.344	0.099	0.023	99.85%	100.00%	-0.0001
0.09	-2.537	0.282	-0.208	0.323	0.092	0.022	99.81%	100.00%	-0.0001
0.10	-2.584	0.301	-0.212	0.306	0.088	0.021	99.94%	100.00%	-0.0001
0.15	-2.395	0.277	-0.189	0.326	0.093	0.022	99.76%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.438	0.286	-0.177	0.246	0.070	0.017	99.99%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.680	0.324	-0.170	0.262	0.075	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.761	0.358	-0.187	0.242	0.069	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.945	0.375	-0.169	0.256	0.073	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-3.133	0.402	-0.164	0.242	0.069	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.496	0.449	-0.146	0.224	0.064	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.292	0.423	-0.155	0.241	0.069	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.370	0.448	-0.161	0.236	0.068	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.075	0.414	-0.171	0.230	0.066	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.263	0.428	-0.153	0.245	0.070	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-3.331	0.437	-0.149	0.257	0.074	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.350	0.457	-0.165	0.240	0.069	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.840	0.526	-0.152	0.197	0.056	0.013	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.736	0.535	-0.170	0.200	0.057	0.014	100.00%	100.00%	0.0000
2.50	-4.421	0.634	-0.152	0.222	0.064	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.639	0.645	-0.122	0.272	0.078	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.475	0.612	-0.120	0.235	0.067	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.128	0.264	-0.351	0.386	0.111	0.043	98.95%	100.00%	-0.0003
0.05	-2.639	0.228	-0.347	0.377	0.108	0.042	97.98%	100.00%	-0.0003
0.06	-2.289	0.200	-0.341	0.352	0.101	0.039	97.34%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.289	0.200	-0.341	0.352	0.101	0.039	97.34%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.166	0.231	-0.343	0.371	0.106	0.041	98.26%	100.00%	-0.0003
0.09	-2.058	0.234	-0.349	0.366	0.105	0.040	98.50%	100.00%	-0.0002
0.10	-1.805	0.198	-0.340	0.359	0.103	0.040	96.96%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.609	0.203	-0.320	0.331	0.095	0.036	98.11%	100.00%	-0.0002
0.20	-1.471	0.205	-0.323	0.301	0.086	0.033	98.91%	100.00%	-0.0002
0.25	-1.459	0.225	-0.339	0.302	0.086	0.033	99.39%	100.00%	-0.0002
0.30	-1.787	0.286	-0.340	0.281	0.080	0.031	99.96%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.853	0.291	-0.326	0.282	0.081	0.031	99.96%	100.00%	-0.0001
0.40	-1.696	0.267	-0.318	0.269	0.077	0.030	99.94%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.956	0.314	-0.324	0.262	0.075	0.029	99.99%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.127	0.344	-0.331	0.271	0.078	0.030	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.347	0.379	-0.322	0.248	0.071	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.496	0.404	-0.320	0.246	0.071	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.501	0.404	-0.313	0.233	0.067	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.664	0.428	-0.308	0.236	0.068	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.776	0.448	-0.309	0.233	0.067	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.115	0.523	-0.339	0.195	0.056	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-2.916	0.509	-0.344	0.180	0.051	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-2.871	0.493	-0.326	0.201	0.057	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.360	0.552	-0.282	0.231	0.066	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.520	0.569	-0.259	0.270	0.077	0.030	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.46
0.04	-3.675	0.322	-0.245	0.328	0.094	0.026	99.94%	100.00%	-0.0002
0.05	-3.156	0.283	-0.249	0.337	0.096	0.027	99.74%	100.00%	-0.0002
0.06	-2.939	0.288	-0.259	0.319	0.091	0.025	99.86%	100.00%	-0.0001
0.07	-2.939	0.288	-0.259	0.319	0.091	0.025	99.86%	100.00%	-0.0001
0.08	-2.896	0.311	-0.248	0.340	0.097	0.027	99.88%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.712	0.292	-0.247	0.330	0.095	0.026	99.83%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.617	0.281	-0.242	0.309	0.089	0.025	99.87%	100.00%	-0.0001
0.15	-2.536	0.279	-0.221	0.317	0.091	0.025	99.82%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.530	0.286	-0.214	0.262	0.075	0.021	99.98%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.833	0.336	-0.207	0.265	0.076	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.758	0.342	-0.221	0.242	0.069	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.997	0.371	-0.204	0.245	0.070	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-3.220	0.400	-0.195	0.238	0.068	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.412	0.428	-0.183	0.234	0.067	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.290	0.410	-0.184	0.248	0.071	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.264	0.416	-0.189	0.239	0.069	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.975	0.381	-0.199	0.228	0.065	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.193	0.411	-0.191	0.242	0.069	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-3.198	0.413	-0.188	0.248	0.071	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.284	0.435	-0.198	0.238	0.068	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.751	0.508	-0.188	0.188	0.054	0.015	100.00%	100.00%	0.0000
2.00	-3.663	0.517	-0.204	0.191	0.055	0.015	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.199	0.594	-0.185	0.202	0.058	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.478	0.617	-0.151	0.251	0.072	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.378	0.592	-0.145	0.224	0.064	0.018	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.056	0.241	-0.349	0.377	0.108	0.042	98.46%	100.00%	-0.0003
0.05	-2.694	0.223	-0.349	0.371	0.106	0.041	97.95%	100.00%	-0.0003
0.06	-2.371	0.200	-0.345	0.350	0.100	0.039	97.43%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.371	0.200	-0.345	0.350	0.100	0.039	97.43%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.262	0.227	-0.343	0.364	0.104	0.040	98.27%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.173	0.231	-0.345	0.366	0.105	0.040	98.37%	100.00%	-0.0002
0.10	-1.944	0.203	-0.340	0.357	0.102	0.039	97.33%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.792	0.215	-0.325	0.332	0.095	0.037	98.58%	100.00%	-0.0002
0.20	-1.566	0.203	-0.328	0.298	0.085	0.033	98.93%	100.00%	-0.0002
0.25	-1.549	0.222	-0.341	0.294	0.084	0.032	99.44%	100.00%	-0.0002
0.30	-1.875	0.279	-0.334	0.274	0.079	0.030	99.95%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.858	0.276	-0.328	0.268	0.077	0.030	99.96%	100.00%	-0.0001
0.40	-1.789	0.268	-0.323	0.264	0.076	0.029	99.95%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.953	0.298	-0.326	0.265	0.076	0.029	99.99%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.146	0.330	-0.328	0.266	0.076	0.029	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.306	0.359	-0.325	0.251	0.072	0.028	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.490	0.392	-0.324	0.247	0.071	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.517	0.397	-0.321	0.238	0.068	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.541	0.401	-0.318	0.234	0.067	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.642	0.419	-0.319	0.231	0.066	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.027	0.499	-0.341	0.200	0.057	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-2.853	0.486	-0.345	0.175	0.050	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-2.813	0.474	-0.330	0.188	0.054	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.199	0.523	-0.296	0.211	0.060	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.342	0.538	-0.277	0.238	0.068	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.41
0.04	-3.633	0.299	-0.270	0.322	0.092	0.028	99.89%	100.00%	-0.0002
0.05	-3.263	0.284	-0.275	0.327	0.094	0.029	99.80%	100.00%	-0.0002
0.06	-3.057	0.287	-0.285	0.318	0.091	0.028	99.86%	100.00%	-0.0002
0.07	-3.057	0.287	-0.285	0.318	0.091	0.028	99.86%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.998	0.307	-0.274	0.333	0.095	0.029	99.88%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.906	0.300	-0.267	0.334	0.096	0.030	99.85%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.821	0.290	-0.261	0.317	0.091	0.028	99.87%	100.00%	-0.0002
0.15	-2.672	0.286	-0.248	0.316	0.091	0.028	99.86%	100.00%	-0.0002
0.20	-2.634	0.286	-0.238	0.271	0.078	0.024	99.97%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.846	0.324	-0.235	0.261	0.075	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.873	0.341	-0.241	0.250	0.072	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-3.032	0.361	-0.229	0.245	0.070	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-3.248	0.391	-0.219	0.242	0.069	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.306	0.403	-0.214	0.243	0.070	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.261	0.397	-0.213	0.251	0.072	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.220	0.395	-0.213	0.245	0.070	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.011	0.373	-0.222	0.231	0.066	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.171	0.396	-0.217	0.243	0.070	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-3.206	0.404	-0.216	0.238	0.068	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.298	0.425	-0.223	0.231	0.066	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.663	0.485	-0.212	0.183	0.053	0.016	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.616	0.500	-0.228	0.187	0.054	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-4.042	0.561	-0.211	0.188	0.054	0.017	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.346	0.592	-0.178	0.225	0.064	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.273	0.573	-0.171	0.210	0.060	0.019	100.00%	100.00%	-0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.27
0.04	-2.989	0.220	-0.367	0.363	0.104	0.042	98.02%	100.00%	-0.0003
0.05	-2.739	0.216	-0.367	0.358	0.102	0.042	97.96%	100.00%	-0.0002
0.06	-2.506	0.205	-0.362	0.346	0.099	0.040	97.81%	100.00%	-0.0002
0.07	-2.506	0.205	-0.362	0.346	0.099	0.040	97.81%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.396	0.229	-0.363	0.358	0.103	0.042	98.47%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.292	0.229	-0.363	0.356	0.102	0.042	98.52%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.184	0.221	-0.361	0.352	0.101	0.041	98.34%	100.00%	-0.0002
0.15	-1.960	0.222	-0.348	0.326	0.093	0.038	98.90%	100.00%	-0.0002
0.20	-1.693	0.205	-0.351	0.297	0.085	0.035	99.00%	100.00%	-0.0002
0.25	-1.706	0.224	-0.357	0.288	0.082	0.034	99.54%	100.00%	-0.0002
0.30	-1.945	0.268	-0.350	0.272	0.078	0.032	99.94%	100.00%	-0.0001
0.35	-1.902	0.265	-0.348	0.263	0.075	0.031	99.95%	100.00%	-0.0001
0.40	-1.928	0.273	-0.346	0.260	0.074	0.030	99.97%	100.00%	-0.0001
0.46	-1.998	0.287	-0.345	0.262	0.075	0.031	99.98%	100.00%	-0.0001
0.50	-2.125	0.309	-0.346	0.261	0.075	0.031	99.99%	100.00%	-0.0001
0.59	-2.263	0.335	-0.345	0.251	0.072	0.029	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-2.403	0.364	-0.346	0.243	0.070	0.028	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-2.452	0.374	-0.344	0.235	0.067	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-2.458	0.376	-0.343	0.233	0.067	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-2.498	0.384	-0.344	0.231	0.066	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-2.865	0.460	-0.359	0.201	0.058	0.023	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-2.804	0.461	-0.363	0.181	0.052	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-2.741	0.452	-0.355	0.178	0.051	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-2.995	0.485	-0.329	0.190	0.054	0.022	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.075	0.493	-0.317	0.207	0.059	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 0.31
0.04	-3.607	0.284	-0.331	0.319	0.091	0.034	99.84%	100.00%	-0.0002
0.05	-3.406	0.292	-0.336	0.322	0.092	0.035	99.86%	100.00%	-0.0002
0.06	-3.217	0.291	-0.339	0.320	0.092	0.035	99.87%	100.00%	-0.0002
0.07	-3.217	0.291	-0.339	0.320	0.092	0.035	99.87%	100.00%	-0.0002
0.08	-3.152	0.306	-0.324	0.326	0.093	0.035	99.90%	100.00%	-0.0002
0.09	-3.033	0.295	-0.316	0.329	0.094	0.035	99.85%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.883	0.279	-0.313	0.320	0.092	0.035	99.80%	100.00%	-0.0002
0.15	-2.778	0.284	-0.302	0.315	0.090	0.034	99.86%	100.00%	-0.0002
0.20	-2.742	0.288	-0.295	0.273	0.078	0.029	99.97%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.852	0.309	-0.285	0.253	0.072	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.961	0.336	-0.291	0.249	0.071	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-3.067	0.353	-0.283	0.246	0.070	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-3.119	0.361	-0.275	0.243	0.070	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.46	-3.170	0.372	-0.272	0.246	0.070	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.212	0.381	-0.271	0.249	0.071	0.027	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.165	0.379	-0.272	0.244	0.070	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.075	0.371	-0.275	0.233	0.067	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.166	0.385	-0.272	0.239	0.068	0.026	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-3.221	0.395	-0.270	0.236	0.067	0.025	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.275	0.407	-0.272	0.227	0.065	0.024	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.518	0.451	-0.260	0.188	0.054	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.594	0.478	-0.269	0.188	0.054	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.866	0.521	-0.259	0.181	0.052	0.020	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.140	0.556	-0.234	0.193	0.055	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.085	0.541	-0.225	0.196	0.056	0.021	100.00%	100.00%	-0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 3.44
0.04	-1.275	0.338	0.742	0.493	0.114	0.152	99.73%	100.00%	0.0106
0.05	-1.078	0.314	0.778	0.461	0.107	0.142	99.72%	100.00%	0.0092
0.06	-1.303	0.361	0.816	0.441	0.102	0.136	99.94%	100.00%	0.0084
0.07	-1.303	0.361	0.816	0.441	0.102	0.136	99.94%	100.00%	0.0084
0.08	-1.233	0.367	0.830	0.389	0.090	0.120	99.99%	100.00%	0.0066
0.09	-0.920	0.330	0.822	0.400	0.092	0.123	99.95%	100.00%	0.0069
0.10	-0.994	0.347	0.826	0.384	0.089	0.118	99.98%	100.00%	0.0064
0.15	-0.687	0.308	0.752	0.367	0.085	0.113	99.96%	100.00%	0.0059
0.20	-1.355	0.408	0.704	0.419	0.097	0.129	99.99%	100.00%	0.0076
0.25	-1.609	0.443	0.689	0.393	0.091	0.121	100.00%	100.00%	0.0067
0.30	-1.661	0.450	0.758	0.377	0.087	0.116	100.00%	100.00%	0.0062
0.35	-1.957	0.488	0.709	0.357	0.082	0.110	100.00%	100.00%	0.0055
0.40	-2.123	0.483	0.616	0.368	0.085	0.113	100.00%	100.00%	0.0059
0.46	-2.017	0.467	0.632	0.341	0.079	0.105	100.00%	100.00%	0.0050
0.50	-2.366	0.520	0.701	0.362	0.084	0.112	100.00%	100.00%	0.0057
0.59	-2.550	0.533	0.606	0.392	0.091	0.121	100.00%	100.00%	0.0067
0.71	-2.597	0.516	0.541	0.398	0.092	0.123	100.00%	100.00%	0.0069
0.83	-2.760	0.536	0.553	0.337	0.078	0.104	100.00%	100.00%	0.0049
0.91	-2.754	0.520	0.495	0.334	0.077	0.103	100.00%	100.00%	0.0048
1.00	-3.083	0.569	0.544	0.318	0.074	0.098	100.00%	100.00%	0.0044
1.54	-3.315	0.576	0.582	0.290	0.067	0.089	100.00%	100.00%	0.0037
2.00	-3.522	0.588	0.635	0.369	0.085	0.114	100.00%	100.00%	0.0059
2.50	-3.425	0.540	0.569	0.343	0.079	0.106	100.00%	100.00%	0.0051
3.33	-4.487	0.690	0.690	0.329	0.076	0.101	100.00%	100.00%	0.0047
4.00	-4.813	0.720	0.721	0.315	0.073	0.097	100.00%	100.00%	0.0043
Componente vertical									D ₀ = 2.44
0.04	-1.251	0.353	0.531	0.456	0.105	0.086	99.91%	100.00%	0.0055
0.05	-1.301	0.388	0.596	0.458	0.106	0.086	99.96%	100.00%	0.0055
0.06	-1.531	0.421	0.540	0.447	0.103	0.084	99.99%	100.00%	0.0053
0.07	-1.531	0.421	0.540	0.447	0.103	0.084	99.99%	100.00%	0.0053
0.08	-1.083	0.366	0.557	0.365	0.084	0.069	99.99%	100.00%	0.0035
0.09	-1.784	0.474	0.560	0.439	0.101	0.083	100.00%	100.00%	0.0051
0.10	-1.501	0.425	0.532	0.427	0.099	0.080	99.99%	100.00%	0.0048
0.15	-1.917	0.477	0.485	0.371	0.086	0.070	100.00%	100.00%	0.0036
0.20	-1.473	0.374	0.387	0.429	0.099	0.081	99.97%	100.00%	0.0049
0.25	-1.694	0.401	0.365	0.420	0.097	0.079	99.99%	100.00%	0.0047
0.30	-1.870	0.422	0.386	0.407	0.094	0.076	100.00%	100.00%	0.0044
0.35	-2.036	0.424	0.318	0.333	0.077	0.063	100.00%	100.00%	0.0029
0.40	-2.163	0.434	0.321	0.344	0.079	0.065	100.00%	100.00%	0.0031
0.46	-2.106	0.406	0.270	0.365	0.084	0.069	100.00%	99.98%	0.0035
0.50	-2.341	0.440	0.294	0.343	0.079	0.064	100.00%	100.00%	0.0031
0.59	-2.657	0.469	0.278	0.310	0.072	0.058	100.00%	100.00%	0.0025
0.71	-2.752	0.458	0.251	0.358	0.083	0.067	100.00%	99.97%	0.0034
0.83	-2.644	0.435	0.235	0.355	0.082	0.067	100.00%	99.94%	0.0033
0.91	-3.135	0.515	0.285	0.322	0.074	0.061	100.00%	100.00%	0.0027
1.00	-2.941	0.471	0.244	0.281	0.065	0.053	100.00%	100.00%	0.0021
1.54	-3.130	0.476	0.268	0.305	0.070	0.057	100.00%	100.00%	0.0025
2.00	-3.174	0.465	0.269	0.320	0.074	0.060	100.00%	100.00%	0.0027
2.50	-3.543	0.510	0.308	0.307	0.071	0.058	100.00%	100.00%	0.0025
3.33	-4.018	0.544	0.259	0.311	0.072	0.059	100.00%	100.00%	0.0026
4.00	-4.436	0.594	0.322	0.328	0.076	0.062	100.00%	100.00%	0.0028

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 5.65
0.04	-2.365	0.418	1.467	0.241	0.056	0.137	100.00%	100.00%	0.0047
0.05	-2.334	0.417	1.498	0.247	0.057	0.141	100.00%	100.00%	0.0049
0.06	-2.344	0.426	1.507	0.260	0.060	0.148	100.00%	100.00%	0.0054
0.07	-2.344	0.426	1.507	0.260	0.060	0.148	100.00%	100.00%	0.0054
0.08	-2.064	0.396	1.502	0.251	0.058	0.143	100.00%	100.00%	0.0050
0.09	-1.963	0.393	1.559	0.277	0.064	0.158	100.00%	100.00%	0.0061
0.10	-1.800	0.373	1.514	0.281	0.065	0.160	100.00%	100.00%	0.0063
0.15	-1.590	0.353	1.383	0.256	0.059	0.146	100.00%	100.00%	0.0053
0.20	-2.049	0.427	1.330	0.288	0.067	0.164	100.00%	100.00%	0.0067
0.25	-2.159	0.442	1.284	0.291	0.067	0.165	100.00%	100.00%	0.0068
0.30	-2.461	0.483	1.439	0.289	0.067	0.165	100.00%	100.00%	0.0067
0.35	-2.646	0.503	1.362	0.279	0.064	0.159	100.00%	100.00%	0.0062
0.40	-2.748	0.506	1.282	0.271	0.063	0.154	100.00%	100.00%	0.0059
0.46	-2.902	0.525	1.278	0.255	0.059	0.145	100.00%	100.00%	0.0052
0.50	-3.068	0.547	1.341	0.283	0.065	0.161	100.00%	100.00%	0.0064
0.59	-3.143	0.551	1.195	0.308	0.071	0.175	100.00%	100.00%	0.0076
0.71	-3.160	0.541	1.091	0.308	0.071	0.176	100.00%	100.00%	0.0076
0.83	-3.467	0.579	1.091	0.287	0.066	0.164	100.00%	100.00%	0.0066
0.91	-3.448	0.569	1.029	0.278	0.064	0.158	100.00%	100.00%	0.0062
1.00	-3.527	0.575	1.056	0.272	0.063	0.155	100.00%	100.00%	0.0059
1.54	-3.787	0.586	1.119	0.262	0.060	0.149	100.00%	100.00%	0.0055
2.00	-3.965	0.591	1.170	0.328	0.076	0.187	100.00%	100.00%	0.0086
2.50	-3.914	0.558	1.113	0.312	0.072	0.178	100.00%	100.00%	0.0078
3.33	-4.811	0.672	1.255	0.317	0.073	0.181	100.00%	100.00%	0.0080
4.00	-5.123	0.696	1.281	0.301	0.070	0.172	100.00%	100.00%	0.0073
Componente vertical									D ₀ = 1.22
0.04	-2.086	0.478	0.095	0.264	0.061	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.05	-1.701	0.439	0.098	0.260	0.060	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-1.897	0.478	0.098	0.250	0.057	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.07	-1.897	0.478	0.098	0.250	0.057	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.08	-1.518	0.417	0.092	0.233	0.054	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-2.031	0.503	0.095	0.271	0.062	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.10	-1.902	0.480	0.093	0.269	0.062	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-2.030	0.486	0.084	0.276	0.063	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-2.046	0.460	0.071	0.259	0.060	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-1.984	0.438	0.064	0.310	0.071	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.30	-2.366	0.496	0.068	0.278	0.064	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.35	-2.329	0.467	0.061	0.266	0.061	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.40	-2.469	0.474	0.058	0.272	0.063	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.46	-2.432	0.454	0.053	0.251	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.50	-2.693	0.483	0.052	0.251	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.59	-2.778	0.480	0.047	0.248	0.057	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-2.874	0.468	0.042	0.290	0.067	0.009	100.00%	100.00%	0.0004
0.83	-2.919	0.477	0.046	0.275	0.063	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.91	-3.177	0.512	0.047	0.238	0.055	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.181	0.511	0.048	0.226	0.052	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.189	0.486	0.047	0.242	0.056	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.264	0.483	0.048	0.261	0.060	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.519	0.509	0.052	0.278	0.064	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-3.939	0.537	0.045	0.295	0.068	0.009	100.00%	100.00%	0.0004
4.00	-4.233	0.563	0.050	0.311	0.072	0.010	100.00%	100.00%	0.0004

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.82
0.04	-2.196	0.410	1.183	0.229	0.053	0.108	100.00%	100.00%	0.0035
0.05	-2.184	0.412	1.207	0.234	0.054	0.110	100.00%	100.00%	0.0036
0.06	-2.214	0.423	1.239	0.249	0.057	0.117	100.00%	100.00%	0.0041
0.07	-2.214	0.423	1.239	0.249	0.057	0.117	100.00%	100.00%	0.0041
0.08	-1.948	0.390	1.207	0.247	0.057	0.117	100.00%	100.00%	0.0041
0.09	-1.822	0.382	1.244	0.264	0.061	0.124	100.00%	100.00%	0.0046
0.10	-1.703	0.367	1.221	0.264	0.061	0.124	100.00%	100.00%	0.0046
0.15	-1.566	0.354	1.124	0.250	0.058	0.118	100.00%	100.00%	0.0041
0.20	-2.001	0.424	1.110	0.266	0.062	0.125	100.00%	100.00%	0.0047
0.25	-2.089	0.435	1.099	0.282	0.065	0.133	100.00%	100.00%	0.0053
0.30	-2.407	0.481	1.185	0.272	0.063	0.128	100.00%	100.00%	0.0049
0.35	-2.619	0.504	1.153	0.266	0.062	0.125	100.00%	100.00%	0.0047
0.40	-2.765	0.517	1.127	0.259	0.060	0.122	100.00%	100.00%	0.0045
0.46	-2.927	0.537	1.130	0.253	0.058	0.119	100.00%	100.00%	0.0042
0.50	-3.033	0.551	1.145	0.271	0.063	0.128	100.00%	100.00%	0.0049
0.59	-3.089	0.550	1.056	0.295	0.068	0.139	100.00%	100.00%	0.0058
0.71	-3.119	0.540	0.946	0.300	0.069	0.141	100.00%	100.00%	0.0060
0.83	-3.437	0.578	0.941	0.285	0.066	0.134	100.00%	100.00%	0.0054
0.91	-3.444	0.573	0.913	0.271	0.063	0.128	100.00%	100.00%	0.0049
1.00	-3.491	0.575	0.935	0.266	0.061	0.125	100.00%	100.00%	0.0047
1.54	-3.796	0.594	0.971	0.258	0.060	0.121	100.00%	100.00%	0.0044
2.00	-3.917	0.592	0.988	0.310	0.072	0.146	100.00%	100.00%	0.0064
2.50	-4.001	0.581	0.979	0.298	0.069	0.141	100.00%	100.00%	0.0059
3.33	-4.680	0.661	1.048	0.300	0.069	0.142	100.00%	100.00%	0.0060
4.00	-4.998	0.686	1.068	0.294	0.068	0.138	100.00%	100.00%	0.0057
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-2.201	0.483	0.068	0.252	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-1.949	0.459	0.069	0.253	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-2.005	0.476	0.070	0.255	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-2.005	0.476	0.070	0.255	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.699	0.425	0.066	0.241	0.055	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-2.010	0.475	0.067	0.260	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-2.010	0.475	0.067	0.265	0.061	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-2.164	0.485	0.060	0.274	0.063	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-2.123	0.454	0.052	0.251	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-2.091	0.438	0.048	0.282	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
0.30	-2.478	0.489	0.048	0.262	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-2.502	0.479	0.046	0.258	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-2.630	0.485	0.044	0.263	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-2.589	0.460	0.039	0.252	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-2.853	0.492	0.039	0.244	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-2.882	0.479	0.034	0.252	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.996	0.474	0.032	0.276	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.076	0.486	0.035	0.264	0.061	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.191	0.501	0.035	0.244	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.307	0.518	0.036	0.226	0.052	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.260	0.487	0.036	0.234	0.054	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.298	0.476	0.036	0.242	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.651	0.517	0.038	0.250	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.917	0.523	0.034	0.282	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
4.00	-4.186	0.543	0.036	0.297	0.068	0.007	100.00%	100.00%	0.0003

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.13
0.04	-2.079	0.407	0.964	0.222	0.051	0.086	100.00%	100.00%	0.0027
0.05	-2.064	0.409	0.980	0.227	0.052	0.088	100.00%	100.00%	0.0028
0.06	-2.079	0.415	0.998	0.236	0.055	0.092	100.00%	100.00%	0.0031
0.07	-2.079	0.415	0.998	0.236	0.055	0.092	100.00%	100.00%	0.0031
0.08	-1.897	0.393	0.977	0.243	0.056	0.095	100.00%	100.00%	0.0032
0.09	-1.767	0.381	0.995	0.250	0.058	0.097	100.00%	100.00%	0.0034
0.10	-1.673	0.369	0.986	0.246	0.057	0.096	100.00%	100.00%	0.0033
0.15	-1.636	0.369	0.931	0.243	0.056	0.095	100.00%	100.00%	0.0032
0.20	-1.927	0.415	0.924	0.253	0.058	0.099	100.00%	100.00%	0.0035
0.25	-2.118	0.442	0.935	0.271	0.063	0.106	100.00%	100.00%	0.0040
0.30	-2.365	0.477	0.975	0.259	0.060	0.101	100.00%	100.00%	0.0037
0.35	-2.543	0.495	0.956	0.259	0.060	0.101	100.00%	100.00%	0.0037
0.40	-2.705	0.513	0.959	0.257	0.059	0.100	100.00%	100.00%	0.0036
0.46	-2.912	0.541	0.963	0.256	0.059	0.100	100.00%	100.00%	0.0036
0.50	-2.980	0.548	0.956	0.268	0.062	0.105	100.00%	100.00%	0.0040
0.59	-3.022	0.544	0.900	0.282	0.065	0.110	100.00%	100.00%	0.0044
0.71	-3.073	0.536	0.819	0.289	0.067	0.113	100.00%	100.00%	0.0046
0.83	-3.305	0.561	0.806	0.279	0.065	0.109	100.00%	100.00%	0.0043
0.91	-3.352	0.563	0.798	0.269	0.062	0.105	100.00%	100.00%	0.0040
1.00	-3.400	0.564	0.796	0.265	0.061	0.103	100.00%	100.00%	0.0039
1.54	-3.740	0.590	0.829	0.257	0.059	0.100	100.00%	100.00%	0.0036
2.00	-3.897	0.593	0.834	0.287	0.066	0.112	100.00%	100.00%	0.0045
2.50	-3.996	0.587	0.834	0.277	0.064	0.108	100.00%	100.00%	0.0042
3.33	-4.561	0.650	0.885	0.282	0.065	0.110	100.00%	100.00%	0.0044
4.00	-4.808	0.665	0.896	0.276	0.064	0.107	100.00%	100.00%	0.0042
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-2.288	0.484	0.066	0.247	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-2.145	0.473	0.067	0.252	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-2.076	0.467	0.067	0.258	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-2.076	0.467	0.067	0.258	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.891	0.437	0.064	0.245	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-2.020	0.455	0.064	0.260	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-2.071	0.462	0.063	0.261	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-2.265	0.477	0.057	0.265	0.061	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-2.202	0.451	0.052	0.247	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-2.172	0.431	0.048	0.259	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-2.532	0.478	0.048	0.252	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-2.643	0.484	0.046	0.249	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-2.746	0.485	0.044	0.257	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-2.800	0.476	0.040	0.244	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-2.941	0.488	0.039	0.242	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-2.994	0.481	0.035	0.253	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.127	0.482	0.032	0.265	0.061	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.238	0.495	0.034	0.257	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.319	0.508	0.036	0.244	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.413	0.520	0.037	0.232	0.053	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.301	0.481	0.037	0.227	0.052	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.319	0.466	0.036	0.229	0.053	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.741	0.518	0.038	0.230	0.053	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.944	0.520	0.036	0.262	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.119	0.522	0.037	0.267	0.061	0.006	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 3.77
0.04	-2.024	0.405	0.849	0.218	0.050	0.076	100.00%	100.00%	0.0023
0.05	-2.000	0.404	0.855	0.222	0.051	0.077	100.00%	100.00%	0.0024
0.06	-1.991	0.405	0.860	0.227	0.053	0.079	100.00%	100.00%	0.0025
0.07	-1.991	0.405	0.860	0.227	0.053	0.079	100.00%	100.00%	0.0025
0.08	-1.901	0.396	0.860	0.236	0.054	0.082	100.00%	100.00%	0.0027
0.09	-1.813	0.387	0.862	0.235	0.054	0.082	100.00%	100.00%	0.0027
0.10	-1.752	0.380	0.859	0.234	0.054	0.081	100.00%	100.00%	0.0027
0.15	-1.782	0.387	0.829	0.232	0.054	0.080	100.00%	100.00%	0.0026
0.20	-1.972	0.416	0.822	0.238	0.055	0.082	100.00%	100.00%	0.0028
0.25	-2.187	0.446	0.836	0.248	0.057	0.086	100.00%	100.00%	0.0030
0.30	-2.391	0.473	0.859	0.245	0.057	0.085	100.00%	100.00%	0.0029
0.35	-2.540	0.490	0.859	0.247	0.057	0.086	100.00%	100.00%	0.0030
0.40	-2.730	0.513	0.862	0.251	0.058	0.087	100.00%	100.00%	0.0031
0.46	-2.886	0.532	0.859	0.256	0.059	0.089	100.00%	100.00%	0.0032
0.50	-2.938	0.536	0.850	0.261	0.060	0.091	100.00%	100.00%	0.0033
0.59	-2.983	0.534	0.811	0.266	0.061	0.092	100.00%	100.00%	0.0035
0.71	-3.030	0.527	0.766	0.267	0.062	0.093	100.00%	100.00%	0.0035
0.83	-3.138	0.533	0.749	0.265	0.061	0.092	100.00%	100.00%	0.0034
0.91	-3.194	0.536	0.743	0.262	0.060	0.091	100.00%	100.00%	0.0033
1.00	-3.242	0.537	0.738	0.262	0.060	0.091	100.00%	100.00%	0.0034
1.54	-3.580	0.564	0.766	0.255	0.059	0.088	100.00%	100.00%	0.0032
2.00	-3.710	0.565	0.758	0.256	0.059	0.089	100.00%	100.00%	0.0032
2.50	-3.909	0.576	0.763	0.247	0.057	0.086	100.00%	100.00%	0.0030
3.33	-4.315	0.618	0.806	0.248	0.057	0.086	100.00%	100.00%	0.0030
4.00	-4.475	0.623	0.816	0.240	0.056	0.083	100.00%	100.00%	0.0028
Componente vertical									D ₀ = 1.21
0.04	-2.360	0.480	0.082	0.245	0.056	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-2.257	0.472	0.084	0.253	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-2.132	0.455	0.083	0.258	0.059	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.07	-2.132	0.455	0.083	0.258	0.059	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.08	-2.138	0.455	0.081	0.255	0.059	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.09	-2.161	0.456	0.080	0.258	0.059	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.10	-2.171	0.456	0.079	0.257	0.059	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-2.364	0.469	0.072	0.252	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-2.375	0.458	0.067	0.244	0.056	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-2.391	0.447	0.063	0.246	0.057	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.30	-2.660	0.478	0.062	0.246	0.057	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.35	-2.766	0.484	0.060	0.247	0.057	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.40	-2.885	0.488	0.057	0.250	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.46	-2.960	0.488	0.055	0.246	0.056	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.50	-3.017	0.487	0.052	0.241	0.056	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-3.112	0.486	0.048	0.248	0.057	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-3.286	0.499	0.046	0.249	0.057	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.83	-3.422	0.516	0.048	0.251	0.058	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.91	-3.475	0.521	0.048	0.241	0.055	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.487	0.519	0.049	0.229	0.053	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.413	0.485	0.048	0.216	0.050	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.359	0.457	0.047	0.218	0.050	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.680	0.497	0.050	0.217	0.050	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.915	0.508	0.049	0.239	0.055	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.028	0.503	0.049	0.239	0.055	0.007	100.00%	100.00%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.90
0.04	-3.445	0.382	-0.037	0.420	0.096	0.006	99.98%	100.00%	-0.0004
0.05	-2.984	0.339	-0.038	0.318	0.073	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.06	-3.177	0.397	-0.039	0.335	0.077	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.07	-3.177	0.397	-0.039	0.335	0.077	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.933	0.402	-0.040	0.305	0.070	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.09	-2.570	0.363	-0.038	0.319	0.073	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.10	-2.623	0.387	-0.039	0.300	0.069	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.15	-2.127	0.342	-0.035	0.290	0.067	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.20	-2.694	0.441	-0.033	0.316	0.072	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.25	-2.844	0.475	-0.032	0.301	0.069	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.30	-2.775	0.484	-0.036	0.297	0.068	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.35	-3.037	0.521	-0.034	0.272	0.062	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.40	-3.178	0.517	-0.030	0.289	0.066	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.46	-3.004	0.500	-0.031	0.252	0.058	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.288	0.556	-0.034	0.275	0.063	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.59	-3.344	0.550	-0.029	0.301	0.069	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.71	-3.344	0.540	-0.027	0.312	0.072	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.83	-3.486	0.564	-0.027	0.275	0.063	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-3.489	0.554	-0.025	0.272	0.062	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-3.657	0.585	-0.027	0.253	0.058	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-3.537	0.574	-0.029	0.231	0.053	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-3.383	0.553	-0.031	0.287	0.066	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
2.50	-3.289	0.522	-0.029	0.269	0.062	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.837	0.622	-0.034	0.256	0.059	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.941	0.632	-0.034	0.254	0.058	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 1.07
0.04	-3.609	0.415	0.029	0.381	0.088	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-3.546	0.458	0.033	0.334	0.077	0.003	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-3.688	0.482	0.029	0.347	0.080	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-3.688	0.482	0.029	0.347	0.080	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-3.033	0.417	0.030	0.274	0.063	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.09	-3.678	0.523	0.030	0.290	0.067	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.10	-3.330	0.467	0.028	0.281	0.065	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-3.618	0.530	0.026	0.298	0.069	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-3.063	0.419	0.021	0.325	0.075	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.25	-3.176	0.442	0.019	0.350	0.080	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-3.281	0.468	0.021	0.310	0.071	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-3.378	0.463	0.017	0.270	0.062	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-3.435	0.473	0.017	0.262	0.060	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.46	-3.317	0.442	0.015	0.281	0.065	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.50	-3.533	0.482	0.016	0.253	0.058	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-3.750	0.504	0.015	0.238	0.055	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-3.701	0.486	0.014	0.312	0.072	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.473	0.450	0.013	0.300	0.069	0.003	100.00%	99.99%	0.0001
0.91	-3.961	0.538	0.016	0.273	0.063	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.787	0.504	0.014	0.253	0.058	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-3.635	0.488	0.015	0.264	0.061	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.00	-3.531	0.472	0.015	0.277	0.064	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.662	0.496	0.016	0.271	0.062	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-3.886	0.511	0.014	0.271	0.062	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-4.071	0.541	0.016	0.278	0.064	0.003	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.29
0.04	-4.271	0.420	0.511	0.316	0.073	0.054	100.00%	100.00%	0.0024
0.05	-3.986	0.414	0.522	0.305	0.070	0.052	100.00%	100.00%	0.0022
0.06	-3.747	0.399	0.488	0.307	0.071	0.052	100.00%	100.00%	0.0023
0.07	-3.747	0.399	0.488	0.307	0.071	0.052	100.00%	100.00%	0.0023
0.08	-3.307	0.376	0.494	0.299	0.069	0.051	100.00%	100.00%	0.0021
0.09	-3.081	0.366	0.483	0.325	0.075	0.055	100.00%	100.00%	0.0025
0.10	-2.941	0.359	0.487	0.327	0.076	0.056	100.00%	100.00%	0.0026
0.15	-2.540	0.332	0.424	0.291	0.067	0.049	100.00%	100.00%	0.0020
0.20	-2.962	0.420	0.408	0.308	0.071	0.052	100.00%	100.00%	0.0023
0.25	-3.024	0.438	0.386	0.289	0.067	0.049	100.00%	100.00%	0.0020
0.30	-3.156	0.479	0.439	0.284	0.066	0.048	100.00%	100.00%	0.0019
0.35	-3.247	0.487	0.407	0.268	0.062	0.045	100.00%	100.00%	0.0017
0.40	-3.364	0.496	0.381	0.264	0.061	0.045	100.00%	100.00%	0.0017
0.46	-3.421	0.512	0.387	0.239	0.055	0.041	100.00%	100.00%	0.0014
0.50	-3.498	0.531	0.407	0.269	0.062	0.046	100.00%	100.00%	0.0017
0.59	-3.533	0.534	0.370	0.285	0.066	0.048	100.00%	100.00%	0.0019
0.71	-3.545	0.531	0.341	0.289	0.067	0.049	100.00%	100.00%	0.0020
0.83	-3.785	0.569	0.343	0.270	0.062	0.046	100.00%	100.00%	0.0017
0.91	-3.772	0.562	0.322	0.261	0.060	0.044	100.00%	100.00%	0.0016
1.00	-3.740	0.558	0.326	0.256	0.059	0.043	100.00%	100.00%	0.0016
1.54	-3.691	0.559	0.344	0.223	0.051	0.038	100.00%	100.00%	0.0012
2.00	-3.582	0.541	0.352	0.269	0.062	0.046	100.00%	100.00%	0.0017
2.50	-3.522	0.528	0.352	0.255	0.059	0.043	100.00%	100.00%	0.0015
3.33	-3.919	0.594	0.383	0.246	0.057	0.042	100.00%	100.00%	0.0014
4.00	-4.078	0.615	0.390	0.242	0.056	0.041	100.00%	100.00%	0.0014
Componente vertical									D ₀ = 1.14
0.04	-4.327	0.478	0.069	0.314	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
0.05	-3.890	0.453	0.069	0.307	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-3.872	0.472	0.068	0.284	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-3.872	0.472	0.068	0.284	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-3.337	0.408	0.063	0.250	0.057	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-3.867	0.505	0.064	0.284	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-3.637	0.471	0.062	0.280	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-3.639	0.489	0.056	0.283	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-3.515	0.456	0.046	0.271	0.062	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-3.349	0.437	0.042	0.316	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0003
0.30	-3.616	0.488	0.044	0.286	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.456	0.450	0.040	0.263	0.060	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-3.574	0.465	0.038	0.274	0.063	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-3.523	0.455	0.036	0.248	0.057	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-3.708	0.481	0.035	0.257	0.059	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-3.775	0.482	0.032	0.243	0.056	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.747	0.468	0.029	0.283	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.638	0.462	0.031	0.278	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.949	0.509	0.031	0.249	0.057	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.948	0.519	0.034	0.242	0.056	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.685	0.480	0.032	0.234	0.054	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.585	0.469	0.032	0.245	0.056	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.750	0.498	0.034	0.242	0.056	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.876	0.503	0.030	0.252	0.058	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.986	0.518	0.032	0.262	0.060	0.005	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.22
0.04	-4.329	0.416	0.488	0.297	0.069	0.048	100.00%	100.00%	0.0020
0.05	-4.085	0.416	0.491	0.287	0.066	0.046	100.00%	100.00%	0.0019
0.06	-3.847	0.402	0.471	0.291	0.067	0.047	100.00%	100.00%	0.0019
0.07	-3.847	0.402	0.471	0.291	0.067	0.047	100.00%	100.00%	0.0019
0.08	-3.387	0.373	0.463	0.287	0.066	0.046	100.00%	100.00%	0.0019
0.09	-3.152	0.359	0.460	0.308	0.071	0.050	100.00%	100.00%	0.0022
0.10	-2.999	0.348	0.451	0.314	0.072	0.051	100.00%	100.00%	0.0022
0.15	-2.656	0.330	0.398	0.287	0.066	0.046	100.00%	100.00%	0.0019
0.20	-3.004	0.407	0.386	0.284	0.066	0.046	100.00%	100.00%	0.0018
0.25	-3.048	0.426	0.378	0.283	0.065	0.045	100.00%	100.00%	0.0018
0.30	-3.179	0.464	0.409	0.270	0.062	0.044	100.00%	100.00%	0.0017
0.35	-3.266	0.474	0.391	0.256	0.059	0.041	100.00%	100.00%	0.0015
0.40	-3.384	0.491	0.380	0.252	0.058	0.041	100.00%	100.00%	0.0014
0.46	-3.426	0.504	0.390	0.236	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
0.50	-3.492	0.521	0.397	0.252	0.058	0.041	100.00%	100.00%	0.0014
0.59	-3.515	0.524	0.374	0.272	0.063	0.044	100.00%	100.00%	0.0017
0.71	-3.562	0.524	0.337	0.277	0.064	0.045	100.00%	100.00%	0.0017
0.83	-3.762	0.556	0.337	0.260	0.060	0.042	100.00%	100.00%	0.0015
0.91	-3.741	0.551	0.326	0.250	0.058	0.040	100.00%	100.00%	0.0014
1.00	-3.723	0.550	0.330	0.244	0.056	0.039	100.00%	100.00%	0.0014
1.54	-3.703	0.554	0.338	0.216	0.050	0.035	100.00%	100.00%	0.0011
2.00	-3.575	0.534	0.341	0.251	0.058	0.040	100.00%	100.00%	0.0014
2.50	-3.594	0.538	0.349	0.238	0.055	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
3.33	-3.835	0.576	0.369	0.236	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
4.00	-4.007	0.600	0.375	0.237	0.055	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
Componente vertical									D ₀ = 1.25
0.04	-4.515	0.483	0.122	0.285	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.05	-4.215	0.478	0.122	0.281	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.06	-4.031	0.472	0.119	0.270	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.07	-4.031	0.472	0.119	0.270	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.08	-3.665	0.432	0.111	0.249	0.057	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.09	-3.883	0.478	0.110	0.267	0.061	0.009	100.00%	100.00%	0.0004
0.10	-3.832	0.474	0.108	0.275	0.063	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.15	-3.823	0.493	0.099	0.280	0.064	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.20	-3.655	0.458	0.082	0.269	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.25	-3.451	0.431	0.077	0.298	0.069	0.011	100.00%	100.00%	0.0004
0.30	-3.677	0.472	0.077	0.272	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.35	-3.620	0.457	0.072	0.257	0.059	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.40	-3.682	0.465	0.069	0.261	0.060	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.46	-3.675	0.461	0.066	0.253	0.058	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.50	-3.856	0.486	0.065	0.256	0.059	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.59	-3.841	0.477	0.058	0.242	0.056	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-3.876	0.477	0.055	0.272	0.063	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.83	-3.835	0.478	0.058	0.281	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.91	-3.984	0.500	0.057	0.259	0.060	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
1.00	-4.110	0.530	0.062	0.248	0.057	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
1.54	-3.786	0.485	0.059	0.229	0.053	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.685	0.473	0.059	0.231	0.053	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.849	0.501	0.061	0.227	0.052	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-3.945	0.507	0.056	0.239	0.055	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
4.00	-3.941	0.502	0.057	0.253	0.058	0.009	100.00%	100.00%	0.0003

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.45
0.04	-4.444	0.415	0.567	0.286	0.066	0.054	100.00%	100.00%	0.0022
0.05	-4.186	0.410	0.562	0.279	0.064	0.053	100.00%	100.00%	0.0021
0.06	-3.964	0.402	0.554	0.278	0.064	0.053	100.00%	100.00%	0.0021
0.07	-3.964	0.402	0.554	0.278	0.064	0.053	100.00%	100.00%	0.0021
0.08	-3.545	0.376	0.537	0.277	0.064	0.052	100.00%	100.00%	0.0020
0.09	-3.294	0.357	0.535	0.295	0.068	0.056	100.00%	100.00%	0.0023
0.10	-3.136	0.344	0.521	0.297	0.069	0.056	100.00%	100.00%	0.0024
0.15	-2.861	0.337	0.470	0.279	0.064	0.053	100.00%	100.00%	0.0021
0.20	-3.066	0.392	0.455	0.267	0.062	0.050	100.00%	100.00%	0.0019
0.25	-3.150	0.420	0.459	0.271	0.063	0.051	100.00%	100.00%	0.0020
0.30	-3.266	0.453	0.477	0.260	0.060	0.049	100.00%	100.00%	0.0018
0.35	-3.343	0.465	0.466	0.246	0.057	0.047	100.00%	100.00%	0.0016
0.40	-3.429	0.481	0.461	0.243	0.056	0.046	100.00%	100.00%	0.0016
0.46	-3.487	0.497	0.473	0.239	0.055	0.045	100.00%	100.00%	0.0015
0.50	-3.524	0.506	0.469	0.245	0.057	0.046	100.00%	100.00%	0.0016
0.59	-3.532	0.508	0.450	0.263	0.061	0.050	100.00%	100.00%	0.0018
0.71	-3.603	0.514	0.410	0.265	0.061	0.050	100.00%	100.00%	0.0019
0.83	-3.735	0.537	0.409	0.248	0.057	0.047	100.00%	100.00%	0.0016
0.91	-3.722	0.535	0.402	0.241	0.056	0.046	100.00%	100.00%	0.0015
1.00	-3.693	0.531	0.401	0.241	0.056	0.046	100.00%	100.00%	0.0015
1.54	-3.721	0.542	0.404	0.217	0.050	0.041	100.00%	100.00%	0.0013
2.00	-3.606	0.526	0.408	0.242	0.056	0.046	100.00%	100.00%	0.0016
2.50	-3.682	0.541	0.423	0.231	0.053	0.044	100.00%	100.00%	0.0014
3.33	-3.815	0.560	0.437	0.231	0.053	0.044	100.00%	100.00%	0.0014
4.00	-3.982	0.586	0.446	0.229	0.053	0.043	100.00%	100.00%	0.0014
Componente vertical									D ₀ = 1.27
0.04	-4.658	0.487	0.129	0.267	0.061	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.05	-4.418	0.488	0.129	0.268	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.06	-4.184	0.473	0.126	0.264	0.061	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.07	-4.184	0.473	0.126	0.264	0.061	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.08	-3.869	0.441	0.118	0.249	0.057	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.09	-3.919	0.459	0.116	0.268	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.10	-3.894	0.461	0.115	0.271	0.062	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.15	-3.872	0.477	0.104	0.276	0.064	0.011	100.00%	100.00%	0.0004
0.20	-3.713	0.450	0.090	0.266	0.061	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.25	-3.570	0.431	0.084	0.281	0.065	0.011	100.00%	100.00%	0.0004
0.30	-3.743	0.464	0.083	0.263	0.061	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.35	-3.755	0.462	0.079	0.257	0.059	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.40	-3.819	0.472	0.077	0.249	0.057	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.46	-3.853	0.475	0.074	0.252	0.058	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.50	-3.873	0.473	0.071	0.255	0.059	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.59	-3.924	0.477	0.065	0.247	0.057	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.71	-4.004	0.489	0.063	0.259	0.060	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.83	-3.964	0.486	0.064	0.272	0.063	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
0.91	-4.027	0.495	0.063	0.257	0.059	0.010	100.00%	100.00%	0.0004
1.00	-4.172	0.526	0.067	0.254	0.058	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
1.54	-3.869	0.487	0.066	0.228	0.052	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
2.00	-3.782	0.477	0.065	0.225	0.052	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
2.50	-3.920	0.500	0.066	0.217	0.050	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
3.33	-3.974	0.503	0.062	0.227	0.052	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
4.00	-3.959	0.496	0.062	0.239	0.055	0.009	100.00%	100.00%	0.0003

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.24
0.04	-4.458	0.411	0.480	0.272	0.063	0.044	100.00%	100.00%	0.0017
0.05	-4.195	0.402	0.474	0.269	0.062	0.044	100.00%	100.00%	0.0017
0.06	-3.969	0.393	0.468	0.265	0.061	0.043	100.00%	100.00%	0.0016
0.07	-3.969	0.393	0.468	0.265	0.061	0.043	100.00%	100.00%	0.0016
0.08	-3.595	0.373	0.457	0.271	0.063	0.044	100.00%	100.00%	0.0017
0.09	-3.400	0.360	0.453	0.281	0.065	0.046	100.00%	100.00%	0.0018
0.10	-3.278	0.351	0.445	0.283	0.065	0.046	100.00%	100.00%	0.0018
0.15	-3.079	0.358	0.416	0.264	0.061	0.043	100.00%	100.00%	0.0016
0.20	-3.147	0.389	0.401	0.256	0.059	0.042	100.00%	100.00%	0.0015
0.25	-3.240	0.421	0.407	0.257	0.059	0.042	100.00%	100.00%	0.0015
0.30	-3.328	0.446	0.412	0.246	0.057	0.040	100.00%	100.00%	0.0014
0.35	-3.390	0.459	0.404	0.234	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
0.40	-3.445	0.473	0.406	0.231	0.053	0.038	100.00%	100.00%	0.0012
0.46	-3.487	0.485	0.409	0.233	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0012
0.50	-3.510	0.492	0.407	0.234	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
0.59	-3.511	0.493	0.389	0.246	0.057	0.040	100.00%	100.00%	0.0014
0.71	-3.586	0.503	0.368	0.248	0.057	0.041	100.00%	100.00%	0.0014
0.83	-3.657	0.517	0.367	0.240	0.055	0.039	100.00%	100.00%	0.0013
0.91	-3.659	0.519	0.367	0.236	0.055	0.039	100.00%	100.00%	0.0013
1.00	-3.625	0.515	0.366	0.234	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
1.54	-3.655	0.525	0.359	0.219	0.051	0.036	100.00%	100.00%	0.0011
2.00	-3.612	0.522	0.364	0.234	0.054	0.038	100.00%	100.00%	0.0013
2.50	-3.677	0.536	0.374	0.228	0.053	0.037	100.00%	100.00%	0.0012
3.33	-3.774	0.552	0.385	0.219	0.050	0.036	100.00%	100.00%	0.0011
4.00	-3.859	0.564	0.390	0.221	0.051	0.036	100.00%	100.00%	0.0011
Componente vertical									D ₀ = 1.18
0.04	-4.773	0.487	0.084	0.262	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-4.552	0.486	0.084	0.266	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-4.341	0.475	0.083	0.261	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-4.341	0.475	0.083	0.261	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-4.076	0.453	0.079	0.254	0.058	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-4.013	0.452	0.077	0.262	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-3.969	0.451	0.076	0.267	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-3.981	0.471	0.069	0.272	0.063	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-3.858	0.456	0.062	0.265	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-3.772	0.444	0.058	0.272	0.063	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.30	-3.798	0.452	0.056	0.259	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.825	0.456	0.054	0.253	0.058	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-3.911	0.470	0.052	0.244	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-3.936	0.474	0.052	0.251	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-3.978	0.478	0.050	0.251	0.058	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-4.031	0.481	0.046	0.247	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-4.046	0.486	0.045	0.245	0.056	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-4.044	0.488	0.045	0.249	0.057	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-4.076	0.495	0.045	0.241	0.055	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-4.103	0.503	0.046	0.238	0.055	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.918	0.483	0.045	0.221	0.051	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.908	0.485	0.044	0.219	0.050	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-4.011	0.502	0.045	0.212	0.049	0.005	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.920	0.485	0.043	0.218	0.050	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.958	0.489	0.042	0.227	0.052	0.006	100.00%	100.00%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.93
0.04	-1.431	0.341	-0.013	0.242	0.081	0.005	99.91%	99.07%	-0.0003
0.05	-0.991	0.273	-0.011	0.162	0.054	0.003	99.97%	99.75%	-0.0001
0.06	-0.886	0.264	-0.010	0.242	0.081	0.005	99.58%	97.39%	-0.0003
0.07	-0.886	0.264	-0.010	0.242	0.081	0.005	99.58%	97.39%	-0.0003
0.08	-0.619	0.230	-0.010	0.243	0.081	0.005	99.10%	96.77%	-0.0003
0.09	-0.331	0.181	-0.007	0.215	0.072	0.004	98.48%	94.01%	-0.0002
0.10	-0.470	0.215	-0.009	0.246	0.082	0.005	98.70%	95.51%	-0.0003
0.15	-0.882	0.295	-0.007	0.179	0.060	0.003	99.97%	96.21%	-0.0002
0.20	-1.247	0.352	-0.007	0.199	0.067	0.004	99.98%	95.24%	-0.0002
0.25	-1.385	0.378	-0.008	0.151	0.051	0.003	100.00%	99.01%	-0.0001
0.30	-1.241	0.377	-0.010	0.239	0.080	0.005	99.96%	96.76%	-0.0003
0.35	-1.762	0.476	-0.014	0.239	0.080	0.005	99.99%	99.40%	-0.0003
0.40	-2.323	0.577	-0.017	0.349	0.117	0.007	99.97%	98.31%	-0.0006
0.46	-2.283	0.547	-0.014	0.330	0.110	0.006	99.97%	97.59%	-0.0005
0.50	-2.766	0.627	-0.016	0.337	0.113	0.007	99.99%	98.37%	-0.0006
0.59	-2.619	0.584	-0.015	0.362	0.121	0.007	99.96%	96.95%	-0.0007
0.71	-2.809	0.594	-0.013	0.329	0.110	0.006	99.98%	96.21%	-0.0005
0.83	-3.309	0.676	-0.017	0.303	0.101	0.006	100.00%	99.15%	-0.0005
0.91	-3.677	0.710	-0.014	0.346	0.116	0.007	99.99%	96.85%	-0.0006
1.00	-4.061	0.779	-0.016	0.315	0.105	0.006	100.00%	98.60%	-0.0005
1.54	-4.073	0.707	-0.011	0.339	0.113	0.007	100.00%	94.07%	-0.0006
2.00	-3.839	0.681	-0.019	0.291	0.097	0.006	100.00%	99.65%	-0.0004
2.50	-3.614	0.601	-0.015	0.360	0.120	0.007	99.97%	97.34%	-0.0007
3.33	-4.523	0.707	-0.012	0.336	0.113	0.007	100.00%	94.92%	-0.0006
4.00	-5.047	0.755	-0.012	0.379	0.127	0.007	99.99%	93.53%	-0.0007
Componente vertical									D ₀ = 1.08
0.04	-1.673	0.350	0.011	0.268	0.090	0.006	99.85%	95.61%	0.0004
0.05	-1.180	0.301	0.016	0.166	0.055	0.004	99.99%	99.92%	0.0002
0.06	-1.610	0.394	0.014	0.282	0.095	0.006	99.90%	97.56%	0.0004
0.07	-1.610	0.394	0.014	0.282	0.095	0.006	99.90%	97.56%	0.0004
0.08	-1.955	0.476	0.017	0.249	0.083	0.005	99.99%	99.50%	0.0003
0.09	-1.833	0.433	0.014	0.218	0.073	0.005	99.99%	99.38%	0.0003
0.10	-1.958	0.456	0.016	0.238	0.080	0.005	99.99%	99.41%	0.0003
0.15	-1.521	0.376	0.015	0.151	0.050	0.003	100.00%	99.96%	0.0001
0.20	-2.243	0.476	0.014	0.178	0.060	0.004	100.00%	99.75%	0.0002
0.25	-2.402	0.523	0.019	0.215	0.072	0.005	100.00%	99.90%	0.0003
0.30	-1.932	0.405	0.010	0.270	0.090	0.006	99.94%	94.29%	0.0004
0.35	-2.093	0.419	0.013	0.186	0.062	0.004	100.00%	99.48%	0.0002
0.40	-2.990	0.563	0.018	0.259	0.087	0.006	100.00%	99.46%	0.0004
0.46	-3.248	0.587	0.013	0.301	0.101	0.007	99.99%	95.87%	0.0005
0.50	-3.261	0.580	0.013	0.321	0.108	0.007	99.98%	95.83%	0.0006
0.59	-3.673	0.674	0.022	0.311	0.104	0.007	100.00%	99.55%	0.0005
0.71	-3.149	0.532	0.013	0.347	0.116	0.008	99.95%	94.13%	0.0007
0.83	-3.872	0.661	0.018	0.228	0.077	0.005	100.00%	99.75%	0.0003
0.91	-4.128	0.707	0.019	0.357	0.120	0.008	99.99%	98.45%	0.0007
1.00	-4.073	0.701	0.019	0.351	0.118	0.008	99.99%	98.33%	0.0007
1.54	-4.007	0.637	0.018	0.251	0.084	0.005	100.00%	99.55%	0.0004
2.00	-4.102	0.656	0.024	0.403	0.135	0.009	99.97%	98.88%	0.0009
2.50	-4.058	0.587	0.015	0.365	0.122	0.008	99.96%	95.32%	0.0008
3.33	-4.313	0.573	0.010	0.357	0.120	0.008	99.96%	87.81%	0.0007
4.00	-5.004	0.644	0.011	0.276	0.093	0.006	100.00%	95.73%	0.0004

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.04
0.04	-1.430	0.354	-0.313	0.222	0.073	0.093	99.97%	99.64%	-0.0053
0.05	-1.267	0.327	-0.295	0.192	0.063	0.081	99.98%	99.78%	-0.0039
0.06	-1.024	0.290	-0.275	0.207	0.068	0.087	99.91%	99.49%	-0.0046
0.07	-1.024	0.290	-0.275	0.207	0.068	0.087	99.91%	99.49%	-0.0046
0.08	-0.813	0.273	-0.293	0.226	0.075	0.095	99.77%	99.41%	-0.0055
0.09	-0.578	0.233	-0.264	0.197	0.065	0.083	99.75%	99.52%	-0.0041
0.10	-0.753	0.257	-0.247	0.185	0.061	0.078	99.91%	99.50%	-0.0036
0.15	-1.030	0.318	-0.245	0.140	0.046	0.059	100.00%	99.90%	-0.0021
0.20	-1.043	0.328	-0.254	0.186	0.062	0.078	99.98%	99.56%	-0.0037
0.25	-1.302	0.373	-0.246	0.196	0.065	0.082	99.99%	99.32%	-0.0041
0.30	-1.417	0.415	-0.308	0.222	0.073	0.093	99.99%	99.60%	-0.0053
0.35	-1.593	0.449	-0.335	0.245	0.081	0.103	99.99%	99.56%	-0.0064
0.40	-2.009	0.527	-0.384	0.292	0.097	0.123	99.99%	99.46%	-0.0091
0.46	-2.230	0.540	-0.341	0.325	0.108	0.137	99.97%	98.41%	-0.0113
0.50	-2.465	0.573	-0.358	0.327	0.108	0.138	99.98%	98.67%	-0.0114
0.59	-2.688	0.614	-0.408	0.324	0.107	0.136	99.99%	99.32%	-0.0112
0.71	-2.988	0.638	-0.362	0.314	0.104	0.132	99.99%	98.96%	-0.0105
0.83	-3.244	0.662	-0.375	0.302	0.100	0.127	100.00%	99.27%	-0.0097
0.91	-3.536	0.699	-0.364	0.336	0.111	0.141	100.00%	98.61%	-0.0120
1.00	-3.843	0.753	-0.389	0.280	0.093	0.118	100.00%	99.60%	-0.0084
1.54	-3.937	0.706	-0.324	0.283	0.094	0.119	100.00%	98.91%	-0.0086
2.00	-3.773	0.675	-0.404	0.259	0.086	0.109	100.00%	99.80%	-0.0071
2.50	-3.594	0.615	-0.367	0.315	0.104	0.133	99.99%	99.00%	-0.0106
3.33	-4.426	0.705	-0.296	0.321	0.106	0.135	100.00%	97.31%	-0.0110
4.00	-4.769	0.723	-0.293	0.359	0.119	0.151	99.99%	95.94%	-0.0138
Componente vertical									D ₀ = 0.10
0.04	-1.950	0.385	-0.278	0.190	0.063	0.067	99.99%	99.90%	-0.0033
0.05	-1.406	0.315	-0.273	0.170	0.057	0.060	99.99%	99.95%	-0.0026
0.06	-1.495	0.344	-0.273	0.225	0.075	0.079	99.95%	99.68%	-0.0045
0.07	-1.495	0.344	-0.273	0.225	0.075	0.079	99.95%	99.68%	-0.0045
0.08	-1.872	0.407	-0.257	0.199	0.066	0.070	99.99%	99.78%	-0.0036
0.09	-2.075	0.444	-0.264	0.222	0.074	0.079	99.99%	99.64%	-0.0044
0.10	-2.106	0.457	-0.278	0.194	0.064	0.069	100.00%	99.88%	-0.0034
0.15	-1.909	0.402	-0.251	0.113	0.038	0.040	100.00%	100.00%	-0.0012
0.20	-2.203	0.431	-0.217	0.178	0.059	0.063	100.00%	99.69%	-0.0028
0.25	-2.488	0.497	-0.251	0.215	0.071	0.076	100.00%	99.59%	-0.0042
0.30	-2.336	0.449	-0.220	0.247	0.082	0.087	99.99%	98.48%	-0.0055
0.35	-2.615	0.504	-0.290	0.181	0.060	0.064	100.00%	99.94%	-0.0030
0.40	-2.861	0.532	-0.300	0.185	0.061	0.065	100.00%	99.95%	-0.0031
0.46	-3.249	0.566	-0.236	0.224	0.074	0.079	100.00%	99.30%	-0.0045
0.50	-3.157	0.531	-0.197	0.297	0.098	0.105	99.98%	95.50%	-0.0079
0.59	-3.658	0.670	-0.379	0.280	0.093	0.099	100.00%	99.83%	-0.0071
0.71	-3.288	0.548	-0.236	0.320	0.106	0.113	99.98%	96.81%	-0.0092
0.83	-3.830	0.647	-0.276	0.254	0.084	0.090	100.00%	99.42%	-0.0058
0.91	-4.021	0.705	-0.355	0.319	0.106	0.113	100.00%	99.48%	-0.0092
1.00	-3.987	0.685	-0.317	0.340	0.113	0.120	99.99%	98.75%	-0.0104
1.54	-3.839	0.610	-0.305	0.297	0.099	0.105	99.99%	99.22%	-0.0080
2.00	-4.043	0.647	-0.367	0.351	0.116	0.124	99.99%	99.29%	-0.0111
2.50	-3.881	0.563	-0.260	0.334	0.111	0.118	99.98%	97.36%	-0.0101
3.33	-4.252	0.570	-0.200	0.380	0.126	0.135	99.94%	91.58%	-0.0130
4.00	-4.861	0.632	-0.209	0.284	0.094	0.100	100.00%	96.82%	-0.0073

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.67
0.04	-1.557	0.351	-0.069	0.227	0.076	0.022	99.95%	99.48%	-0.0013
0.05	-1.418	0.329	-0.066	0.203	0.068	0.020	99.97%	99.65%	-0.0010
0.06	-1.228	0.301	-0.064	0.218	0.073	0.021	99.90%	99.35%	-0.0012
0.07	-1.228	0.301	-0.064	0.218	0.073	0.021	99.90%	99.35%	-0.0012
0.08	-1.074	0.289	-0.067	0.226	0.076	0.022	99.83%	99.41%	-0.0013
0.09	-0.892	0.261	-0.064	0.209	0.070	0.020	99.81%	99.49%	-0.0011
0.10	-1.024	0.281	-0.062	0.195	0.065	0.019	99.92%	99.59%	-0.0009
0.15	-1.239	0.324	-0.057	0.140	0.047	0.014	100.00%	99.91%	-0.0005
0.20	-1.283	0.345	-0.065	0.185	0.062	0.018	99.99%	99.76%	-0.0009
0.25	-1.502	0.388	-0.067	0.221	0.074	0.021	99.98%	99.45%	-0.0012
0.30	-1.634	0.416	-0.072	0.239	0.080	0.023	99.98%	99.45%	-0.0014
0.35	-1.794	0.446	-0.077	0.261	0.087	0.025	99.98%	99.38%	-0.0017
0.40	-2.128	0.498	-0.082	0.293	0.098	0.028	99.98%	99.19%	-0.0021
0.46	-2.339	0.518	-0.076	0.327	0.109	0.032	99.96%	98.16%	-0.0027
0.50	-2.551	0.550	-0.082	0.333	0.111	0.032	99.97%	98.58%	-0.0028
0.59	-2.897	0.605	-0.091	0.325	0.109	0.032	99.99%	99.19%	-0.0026
0.71	-3.174	0.634	-0.087	0.305	0.102	0.030	100.00%	99.25%	-0.0023
0.83	-3.401	0.652	-0.086	0.307	0.103	0.030	100.00%	99.21%	-0.0024
0.91	-3.689	0.694	-0.089	0.319	0.107	0.031	100.00%	99.17%	-0.0025
1.00	-3.917	0.727	-0.091	0.285	0.095	0.028	100.00%	99.58%	-0.0020
1.54	-4.108	0.709	-0.081	0.270	0.090	0.026	100.00%	99.41%	-0.0018
2.00	-4.046	0.677	-0.090	0.262	0.088	0.025	100.00%	99.74%	-0.0017
2.50	-3.939	0.636	-0.087	0.308	0.103	0.030	99.99%	99.22%	-0.0024
3.33	-4.570	0.699	-0.073	0.303	0.101	0.029	100.00%	98.36%	-0.0023
4.00	-4.862	0.711	-0.069	0.337	0.113	0.033	100.00%	96.98%	-0.0028
Componente vertical									D ₀ = 0.29
0.04	-2.120	0.398	-0.191	0.182	0.061	0.043	100.00%	99.93%	-0.0020
0.05	-1.705	0.338	-0.181	0.191	0.064	0.046	99.98%	99.87%	-0.0022
0.06	-1.648	0.338	-0.172	0.193	0.064	0.046	99.98%	99.81%	-0.0023
0.07	-1.648	0.338	-0.172	0.193	0.064	0.046	99.98%	99.81%	-0.0023
0.08	-1.933	0.385	-0.161	0.177	0.059	0.042	100.00%	99.83%	-0.0019
0.09	-2.214	0.442	-0.184	0.195	0.065	0.047	100.00%	99.86%	-0.0023
0.10	-2.325	0.463	-0.189	0.171	0.057	0.041	100.00%	99.95%	-0.0018
0.15	-2.181	0.413	-0.161	0.142	0.047	0.034	100.00%	99.96%	-0.0012
0.20	-2.453	0.447	-0.149	0.151	0.050	0.036	100.00%	99.90%	-0.0014
0.25	-2.743	0.504	-0.167	0.195	0.065	0.047	100.00%	99.75%	-0.0023
0.30	-2.694	0.478	-0.156	0.228	0.076	0.055	100.00%	99.15%	-0.0032
0.35	-2.909	0.521	-0.186	0.206	0.069	0.049	100.00%	99.82%	-0.0026
0.40	-3.058	0.532	-0.192	0.191	0.064	0.046	100.00%	99.91%	-0.0022
0.46	-3.334	0.549	-0.152	0.246	0.082	0.059	100.00%	98.66%	-0.0037
0.50	-3.323	0.538	-0.144	0.282	0.094	0.067	99.99%	97.12%	-0.0049
0.59	-3.742	0.643	-0.230	0.259	0.086	0.062	100.00%	99.80%	-0.0041
0.71	-3.536	0.579	-0.182	0.283	0.094	0.068	99.99%	98.86%	-0.0049
0.83	-3.912	0.643	-0.198	0.263	0.088	0.063	100.00%	99.49%	-0.0042
0.91	-4.023	0.675	-0.231	0.307	0.102	0.073	100.00%	99.48%	-0.0058
1.00	-3.983	0.655	-0.205	0.329	0.110	0.079	99.99%	98.69%	-0.0066
1.54	-3.975	0.604	-0.203	0.300	0.100	0.072	99.99%	99.10%	-0.0055
2.00	-4.214	0.635	-0.227	0.321	0.107	0.077	99.99%	99.28%	-0.0063
2.50	-4.065	0.571	-0.182	0.339	0.113	0.081	99.97%	97.57%	-0.0070
3.33	-4.350	0.576	-0.154	0.365	0.122	0.087	99.96%	94.66%	-0.0082
4.00	-4.868	0.623	-0.152	0.295	0.098	0.070	100.00%	97.21%	-0.0053

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.22
0.04	-1.500	0.351	-0.197	0.221	0.074	0.061	99.96%	99.56%	-0.0034
0.05	-1.395	0.335	-0.192	0.209	0.069	0.057	99.97%	99.64%	-0.0030
0.06	-1.272	0.318	-0.190	0.220	0.073	0.060	99.93%	99.49%	-0.0034
0.07	-1.272	0.318	-0.190	0.220	0.073	0.060	99.93%	99.49%	-0.0034
0.08	-1.102	0.299	-0.193	0.222	0.074	0.061	99.88%	99.50%	-0.0035
0.09	-1.043	0.290	-0.188	0.210	0.070	0.058	99.90%	99.57%	-0.0031
0.10	-1.110	0.301	-0.185	0.194	0.065	0.053	99.96%	99.71%	-0.0026
0.15	-1.278	0.330	-0.171	0.151	0.050	0.041	100.00%	99.90%	-0.0016
0.20	-1.378	0.365	-0.202	0.191	0.064	0.052	99.99%	99.84%	-0.0026
0.25	-1.529	0.393	-0.203	0.234	0.078	0.064	99.97%	99.49%	-0.0038
0.30	-1.671	0.423	-0.216	0.239	0.079	0.065	99.98%	99.60%	-0.0040
0.35	-1.820	0.450	-0.226	0.253	0.084	0.069	99.98%	99.58%	-0.0045
0.40	-2.071	0.487	-0.235	0.286	0.095	0.078	99.98%	99.33%	-0.0057
0.46	-2.247	0.502	-0.224	0.308	0.103	0.084	99.97%	98.78%	-0.0067
0.50	-2.438	0.532	-0.238	0.308	0.103	0.084	99.98%	99.09%	-0.0067
0.59	-2.768	0.583	-0.255	0.307	0.102	0.084	99.99%	99.37%	-0.0066
0.71	-3.078	0.619	-0.253	0.296	0.098	0.081	100.00%	99.46%	-0.0061
0.83	-3.318	0.642	-0.251	0.293	0.098	0.080	100.00%	99.46%	-0.0060
0.91	-3.527	0.673	-0.260	0.296	0.098	0.081	100.00%	99.53%	-0.0061
1.00	-3.747	0.703	-0.265	0.280	0.093	0.077	100.00%	99.69%	-0.0055
1.54	-4.021	0.704	-0.245	0.260	0.086	0.071	100.00%	99.69%	-0.0047
2.00	-4.008	0.676	-0.259	0.268	0.089	0.073	100.00%	99.73%	-0.0050
2.50	-4.002	0.648	-0.249	0.288	0.096	0.079	100.00%	99.49%	-0.0058
3.33	-4.440	0.679	-0.216	0.283	0.094	0.078	100.00%	99.03%	-0.0056
4.00	-4.683	0.691	-0.213	0.305	0.101	0.084	100.00%	98.56%	-0.0065
Componente vertical									D ₀ = 0.15
0.04	-2.123	0.395	-0.250	0.187	0.062	0.059	100.00%	99.91%	-0.0028
0.05	-1.877	0.355	-0.229	0.194	0.064	0.061	99.99%	99.81%	-0.0030
0.06	-1.785	0.347	-0.218	0.181	0.060	0.057	99.99%	99.83%	-0.0026
0.07	-1.785	0.347	-0.218	0.181	0.060	0.057	99.99%	99.83%	-0.0026
0.08	-2.061	0.396	-0.217	0.171	0.057	0.054	100.00%	99.88%	-0.0024
0.09	-2.295	0.444	-0.244	0.176	0.059	0.056	100.00%	99.93%	-0.0025
0.10	-2.413	0.465	-0.253	0.154	0.051	0.049	100.00%	99.98%	-0.0019
0.15	-2.386	0.432	-0.211	0.150	0.050	0.047	100.00%	99.94%	-0.0018
0.20	-2.482	0.437	-0.193	0.160	0.053	0.051	100.00%	99.83%	-0.0021
0.25	-2.811	0.493	-0.212	0.180	0.060	0.057	100.00%	99.81%	-0.0026
0.30	-2.896	0.498	-0.215	0.206	0.068	0.065	100.00%	99.60%	-0.0034
0.35	-3.085	0.532	-0.238	0.213	0.071	0.067	100.00%	99.73%	-0.0037
0.40	-3.222	0.545	-0.246	0.199	0.066	0.063	100.00%	99.85%	-0.0032
0.46	-3.382	0.548	-0.213	0.241	0.080	0.076	100.00%	99.07%	-0.0047
0.50	-3.419	0.550	-0.212	0.260	0.086	0.082	100.00%	98.65%	-0.0054
0.59	-3.719	0.622	-0.280	0.252	0.084	0.079	100.00%	99.72%	-0.0051
0.71	-3.707	0.609	-0.267	0.259	0.086	0.082	100.00%	99.57%	-0.0054
0.83	-3.921	0.645	-0.283	0.257	0.085	0.081	100.00%	99.71%	-0.0053
0.91	-3.966	0.655	-0.304	0.286	0.095	0.090	100.00%	99.64%	-0.0066
1.00	-3.950	0.641	-0.281	0.282	0.094	0.089	100.00%	99.49%	-0.0064
1.54	-3.912	0.583	-0.261	0.269	0.089	0.085	100.00%	99.41%	-0.0058
2.00	-4.229	0.624	-0.292	0.296	0.098	0.093	100.00%	99.47%	-0.0070
2.50	-4.239	0.594	-0.257	0.334	0.111	0.106	99.98%	98.23%	-0.0090
3.33	-4.389	0.581	-0.225	0.332	0.110	0.105	99.98%	97.15%	-0.0089
4.00	-4.764	0.612	-0.228	0.284	0.094	0.090	100.00%	98.54%	-0.0065

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-1.514	0.351	-0.191	0.218	0.073	0.059	99.97%	99.58%	-0.0033
0.05	-1.439	0.341	-0.189	0.216	0.072	0.058	99.96%	99.57%	-0.0032
0.06	-1.367	0.331	-0.189	0.222	0.074	0.060	99.94%	99.51%	-0.0034
0.07	-1.367	0.331	-0.189	0.222	0.074	0.060	99.94%	99.51%	-0.0034
0.08	-1.255	0.317	-0.188	0.226	0.075	0.061	99.91%	99.43%	-0.0035
0.09	-1.240	0.315	-0.185	0.218	0.073	0.059	99.93%	99.49%	-0.0033
0.10	-1.281	0.322	-0.185	0.211	0.070	0.057	99.95%	99.58%	-0.0031
0.15	-1.402	0.345	-0.181	0.175	0.058	0.047	99.99%	99.84%	-0.0021
0.20	-1.541	0.379	-0.199	0.196	0.065	0.053	99.99%	99.82%	-0.0026
0.25	-1.678	0.405	-0.204	0.226	0.075	0.061	99.98%	99.64%	-0.0035
0.30	-1.812	0.431	-0.218	0.232	0.077	0.062	99.99%	99.71%	-0.0037
0.35	-1.929	0.451	-0.225	0.243	0.081	0.065	99.99%	99.69%	-0.0041
0.40	-2.096	0.474	-0.231	0.266	0.089	0.072	99.98%	99.55%	-0.0049
0.46	-2.267	0.495	-0.232	0.278	0.092	0.075	99.98%	99.45%	-0.0053
0.50	-2.398	0.511	-0.232	0.283	0.094	0.076	99.99%	99.39%	-0.0055
0.59	-2.641	0.541	-0.235	0.286	0.095	0.077	99.99%	99.40%	-0.0056
0.71	-2.963	0.584	-0.242	0.294	0.098	0.079	99.99%	99.41%	-0.0059
0.83	-3.164	0.605	-0.244	0.280	0.093	0.075	100.00%	99.56%	-0.0054
0.91	-3.312	0.626	-0.251	0.270	0.090	0.072	100.00%	99.70%	-0.0050
1.00	-3.469	0.643	-0.249	0.260	0.087	0.070	100.00%	99.74%	-0.0047
1.54	-3.830	0.670	-0.252	0.251	0.083	0.067	100.00%	99.81%	-0.0043
2.00	-3.864	0.653	-0.262	0.249	0.083	0.067	100.00%	99.86%	-0.0043
2.50	-3.943	0.639	-0.252	0.257	0.086	0.069	100.00%	99.77%	-0.0046
3.33	-4.167	0.638	-0.230	0.251	0.084	0.067	100.00%	99.67%	-0.0043
4.00	-4.302	0.642	-0.237	0.252	0.084	0.068	100.00%	99.71%	-0.0044
Componente vertical									D ₀ = 0.38
0.04	-2.249	0.399	-0.153	0.181	0.060	0.036	100.00%	99.91%	-0.0017
0.05	-2.145	0.383	-0.145	0.181	0.060	0.036	100.00%	99.88%	-0.0017
0.06	-2.131	0.384	-0.141	0.169	0.056	0.034	100.00%	99.90%	-0.0015
0.07	-2.131	0.384	-0.141	0.169	0.056	0.034	100.00%	99.90%	-0.0015
0.08	-2.344	0.425	-0.147	0.166	0.055	0.033	100.00%	99.94%	-0.0014
0.09	-2.484	0.450	-0.153	0.159	0.053	0.032	100.00%	99.97%	-0.0013
0.10	-2.585	0.464	-0.156	0.135	0.045	0.027	100.00%	99.99%	-0.0009
0.15	-2.589	0.438	-0.125	0.147	0.049	0.029	100.00%	99.92%	-0.0011
0.20	-2.686	0.446	-0.122	0.168	0.056	0.034	100.00%	99.77%	-0.0014
0.25	-2.938	0.488	-0.136	0.175	0.059	0.035	100.00%	99.85%	-0.0016
0.30	-3.079	0.506	-0.137	0.191	0.064	0.038	100.00%	99.75%	-0.0019
0.35	-3.233	0.527	-0.140	0.196	0.065	0.039	100.00%	99.75%	-0.0020
0.40	-3.447	0.558	-0.153	0.204	0.068	0.041	100.00%	99.81%	-0.0021
0.46	-3.532	0.559	-0.146	0.226	0.075	0.045	100.00%	99.55%	-0.0026
0.50	-3.618	0.568	-0.147	0.232	0.077	0.046	100.00%	99.50%	-0.0028
0.59	-3.777	0.603	-0.166	0.238	0.079	0.047	100.00%	99.71%	-0.0029
0.71	-3.969	0.634	-0.178	0.254	0.085	0.051	100.00%	99.72%	-0.0033
0.83	-4.023	0.640	-0.182	0.245	0.082	0.049	100.00%	99.80%	-0.0031
0.91	-4.058	0.641	-0.185	0.250	0.083	0.050	100.00%	99.80%	-0.0032
1.00	-4.088	0.638	-0.181	0.246	0.082	0.049	100.00%	99.78%	-0.0031
1.54	-3.906	0.558	-0.153	0.244	0.081	0.049	100.00%	99.48%	-0.0030
2.00	-4.192	0.593	-0.171	0.244	0.081	0.049	100.00%	99.72%	-0.0030
2.50	-4.304	0.591	-0.166	0.284	0.095	0.057	100.00%	99.25%	-0.0041
3.33	-4.476	0.588	-0.155	0.258	0.086	0.051	100.00%	99.34%	-0.0034
4.00	-4.646	0.593	-0.155	0.239	0.080	0.048	100.00%	99.55%	-0.0029

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 1.47
0.04	-3.570	0.272	0.075	0.278	0.093	0.034	99.24%	97.51%	0.0024
0.05	-2.661	0.150	0.052	0.228	0.077	0.028	96.07%	95.37%	0.0016
0.06	-2.578	0.166	0.047	0.321	0.108	0.039	92.31%	87.06%	0.0033
0.07	-2.578	0.166	0.047	0.321	0.108	0.039	92.31%	87.06%	0.0033
0.08	-2.266	0.159	0.048	0.290	0.097	0.035	93.32%	89.68%	0.0027
0.09	-1.877	0.102	0.026	0.246	0.083	0.030	87.80%	79.77%	0.0019
0.10	-2.096	0.167	0.050	0.269	0.090	0.033	95.34%	92.13%	0.0023
0.15	-2.427	0.269	0.035	0.204	0.069	0.025	99.86%	90.77%	0.0013
0.20	-2.728	0.337	0.038	0.201	0.067	0.024	99.97%	92.64%	0.0013
0.25	-2.773	0.366	0.047	0.151	0.050	0.018	100.00%	98.59%	0.0007
0.30	-2.560	0.369	0.058	0.243	0.082	0.030	99.94%	96.06%	0.0019
0.35	-3.032	0.468	0.087	0.235	0.079	0.029	99.99%	99.39%	0.0017
0.40	-3.490	0.562	0.103	0.333	0.112	0.041	99.97%	98.51%	0.0035
0.46	-3.448	0.542	0.089	0.329	0.111	0.040	99.97%	97.43%	0.0034
0.50	-3.876	0.619	0.100	0.339	0.114	0.041	99.99%	98.21%	0.0036
0.59	-3.673	0.579	0.092	0.361	0.121	0.044	99.96%	96.90%	0.0041
0.71	-3.722	0.583	0.079	0.331	0.111	0.040	99.98%	96.14%	0.0035
0.83	-4.160	0.662	0.102	0.305	0.102	0.037	100.00%	98.98%	0.0029
0.91	-4.380	0.683	0.086	0.348	0.117	0.042	99.99%	96.46%	0.0038
1.00	-4.631	0.735	0.093	0.319	0.107	0.039	100.00%	98.09%	0.0032
1.54	-4.459	0.677	0.073	0.312	0.105	0.038	100.00%	95.75%	0.0031
2.00	-4.316	0.673	0.118	0.272	0.091	0.033	100.00%	99.74%	0.0023
2.50	-3.993	0.604	0.099	0.313	0.105	0.038	99.99%	98.65%	0.0031
3.33	-4.374	0.661	0.084	0.282	0.095	0.034	100.00%	98.27%	0.0025
4.00	-4.463	0.662	0.086	0.310	0.104	0.038	100.00%	97.73%	0.0030
Componente vertical									D ₀ = 1.21
0.04	-3.817	0.320	0.023	0.333	0.112	0.019	99.17%	87.66%	0.0016
0.05	-3.267	0.293	0.041	0.177	0.059	0.010	99.97%	99.89%	0.0005
0.06	-3.670	0.397	0.037	0.314	0.105	0.018	99.82%	96.79%	0.0014
0.07	-3.670	0.397	0.037	0.314	0.105	0.018	99.82%	96.79%	0.0014
0.08	-3.860	0.473	0.044	0.257	0.086	0.014	99.99%	99.38%	0.0010
0.09	-3.684	0.432	0.038	0.225	0.075	0.013	99.99%	99.35%	0.0007
0.10	-3.760	0.450	0.040	0.259	0.087	0.015	99.98%	98.93%	0.0010
0.15	-3.160	0.375	0.039	0.155	0.052	0.009	100.00%	99.94%	0.0003
0.20	-3.733	0.472	0.036	0.177	0.059	0.010	100.00%	99.75%	0.0005
0.25	-3.793	0.518	0.049	0.217	0.073	0.012	100.00%	99.89%	0.0007
0.30	-3.251	0.403	0.026	0.273	0.091	0.015	99.93%	93.78%	0.0011
0.35	-3.371	0.422	0.034	0.186	0.062	0.010	100.00%	99.55%	0.0005
0.40	-4.168	0.557	0.045	0.263	0.088	0.015	100.00%	99.39%	0.0010
0.46	-4.333	0.575	0.032	0.305	0.102	0.017	99.99%	95.35%	0.0014
0.50	-4.319	0.571	0.034	0.329	0.110	0.018	99.98%	95.39%	0.0016
0.59	-4.750	0.680	0.057	0.311	0.104	0.017	100.00%	99.60%	0.0014
0.71	-4.007	0.512	0.030	0.344	0.115	0.019	99.94%	92.70%	0.0017
0.83	-4.678	0.645	0.045	0.238	0.080	0.013	100.00%	99.63%	0.0008
0.91	-4.870	0.686	0.048	0.347	0.116	0.019	99.99%	98.27%	0.0017
1.00	-4.858	0.694	0.048	0.353	0.118	0.020	99.99%	98.15%	0.0018
1.54	-4.609	0.638	0.047	0.259	0.087	0.015	100.00%	99.53%	0.0010
2.00	-4.546	0.644	0.058	0.392	0.131	0.022	99.97%	98.81%	0.0022
2.50	-4.435	0.590	0.040	0.339	0.114	0.019	99.98%	96.80%	0.0017
3.33	-4.569	0.605	0.037	0.281	0.094	0.016	100.00%	98.05%	0.0011
4.00	-4.717	0.606	0.038	0.255	0.086	0.014	100.00%	98.74%	0.0009

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.45
0.04	-3.745	0.261	-0.121	0.242	0.081	0.042	99.55%	99.21%	-0.0026
0.05	-3.128	0.192	-0.101	0.217	0.072	0.037	98.78%	98.88%	-0.0021
0.06	-2.724	0.159	-0.090	0.260	0.087	0.045	95.16%	96.45%	-0.0030
0.07	-2.724	0.159	-0.090	0.260	0.087	0.045	95.16%	96.45%	-0.0030
0.08	-2.376	0.151	-0.091	0.247	0.082	0.043	95.17%	97.06%	-0.0027
0.09	-2.183	0.136	-0.082	0.202	0.067	0.035	96.42%	98.00%	-0.0018
0.10	-2.349	0.178	-0.084	0.173	0.058	0.030	99.42%	99.09%	-0.0013
0.15	-2.580	0.275	-0.089	0.155	0.052	0.027	99.98%	99.63%	-0.0011
0.20	-2.494	0.283	-0.082	0.188	0.063	0.032	99.94%	98.50%	-0.0016
0.25	-2.708	0.347	-0.084	0.189	0.063	0.033	99.99%	98.65%	-0.0016
0.30	-2.741	0.394	-0.121	0.230	0.077	0.040	99.98%	99.41%	-0.0023
0.35	-2.850	0.429	-0.134	0.235	0.078	0.040	99.99%	99.61%	-0.0024
0.40	-3.226	0.508	-0.154	0.281	0.094	0.049	99.99%	99.51%	-0.0035
0.46	-3.325	0.513	-0.133	0.312	0.104	0.054	99.97%	98.37%	-0.0043
0.50	-3.510	0.543	-0.139	0.312	0.104	0.054	99.98%	98.66%	-0.0043
0.59	-3.628	0.580	-0.162	0.308	0.103	0.053	99.99%	99.39%	-0.0042
0.71	-3.803	0.603	-0.145	0.310	0.103	0.053	99.99%	98.90%	-0.0043
0.83	-3.900	0.609	-0.143	0.297	0.099	0.051	99.99%	99.04%	-0.0039
0.91	-4.023	0.630	-0.138	0.335	0.112	0.058	99.99%	98.09%	-0.0050
1.00	-4.234	0.673	-0.146	0.291	0.097	0.050	100.00%	99.23%	-0.0037
1.54	-4.253	0.660	-0.133	0.261	0.087	0.045	100.00%	99.28%	-0.0030
2.00	-4.176	0.657	-0.163	0.259	0.086	0.045	100.00%	99.78%	-0.0030
2.50	-3.933	0.607	-0.152	0.266	0.089	0.046	100.00%	99.61%	-0.0031
3.33	-4.202	0.646	-0.137	0.256	0.085	0.044	100.00%	99.44%	-0.0029
4.00	-4.212	0.637	-0.139	0.287	0.096	0.050	100.00%	99.08%	-0.0037
Componente vertical									D ₀ = 0.16
0.04	-4.034	0.334	-0.239	0.276	0.092	0.085	99.77%	99.07%	-0.0060
0.05	-3.468	0.293	-0.245	0.214	0.071	0.066	99.90%	99.80%	-0.0036
0.06	-3.484	0.329	-0.247	0.277	0.092	0.086	99.75%	99.19%	-0.0061
0.07	-3.484	0.329	-0.247	0.277	0.092	0.086	99.75%	99.19%	-0.0061
0.08	-3.747	0.390	-0.212	0.229	0.076	0.071	99.98%	99.34%	-0.0041
0.09	-3.947	0.441	-0.231	0.236	0.079	0.073	99.99%	99.49%	-0.0044
0.10	-3.904	0.450	-0.244	0.206	0.068	0.064	100.00%	99.84%	-0.0033
0.15	-3.462	0.386	-0.223	0.127	0.042	0.039	100.00%	99.99%	-0.0013
0.20	-3.644	0.420	-0.194	0.183	0.061	0.057	100.00%	99.67%	-0.0026
0.25	-3.891	0.491	-0.217	0.216	0.072	0.067	100.00%	99.57%	-0.0037
0.30	-3.610	0.436	-0.185	0.262	0.087	0.081	99.97%	97.74%	-0.0054
0.35	-3.937	0.515	-0.260	0.193	0.064	0.060	100.00%	99.93%	-0.0030
0.40	-4.023	0.520	-0.255	0.179	0.060	0.055	100.00%	99.95%	-0.0025
0.46	-4.277	0.545	-0.202	0.239	0.079	0.074	100.00%	98.95%	-0.0045
0.50	-4.232	0.534	-0.190	0.292	0.097	0.090	99.99%	96.93%	-0.0067
0.59	-4.688	0.671	-0.342	0.263	0.087	0.081	100.00%	99.91%	-0.0055
0.71	-4.226	0.547	-0.211	0.311	0.103	0.096	99.98%	97.35%	-0.0076
0.83	-4.610	0.639	-0.259	0.252	0.084	0.078	100.00%	99.61%	-0.0050
0.91	-4.797	0.692	-0.307	0.303	0.101	0.094	100.00%	99.59%	-0.0072
1.00	-4.717	0.668	-0.270	0.335	0.111	0.104	99.99%	98.69%	-0.0089
1.54	-4.457	0.610	-0.258	0.289	0.096	0.089	100.00%	99.20%	-0.0066
2.00	-4.377	0.618	-0.303	0.304	0.101	0.094	99.99%	99.54%	-0.0073
2.50	-4.225	0.566	-0.236	0.288	0.096	0.089	99.99%	98.77%	-0.0066
3.33	-4.390	0.593	-0.240	0.272	0.090	0.084	100.00%	99.16%	-0.0058
4.00	-4.545	0.598	-0.225	0.241	0.080	0.074	100.00%	99.35%	-0.0046

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-3.739	0.261	-0.197	0.240	0.080	0.064	99.57%	99.39%	-0.0040
0.05	-3.223	0.208	-0.174	0.224	0.075	0.060	99.04%	99.20%	-0.0035
0.06	-2.857	0.176	-0.158	0.237	0.079	0.064	97.53%	98.40%	-0.0039
0.07	-2.857	0.176	-0.158	0.237	0.079	0.064	97.53%	98.40%	-0.0039
0.08	-2.542	0.168	-0.143	0.235	0.078	0.063	97.09%	97.63%	-0.0038
0.09	-2.414	0.169	-0.147	0.193	0.064	0.052	98.73%	99.11%	-0.0026
0.10	-2.500	0.195	-0.145	0.181	0.060	0.049	99.56%	99.31%	-0.0022
0.15	-2.716	0.286	-0.150	0.139	0.046	0.037	99.99%	99.88%	-0.0013
0.20	-2.579	0.290	-0.145	0.174	0.058	0.047	99.97%	99.43%	-0.0021
0.25	-2.751	0.354	-0.163	0.206	0.068	0.055	99.98%	99.27%	-0.0029
0.30	-2.793	0.391	-0.193	0.236	0.079	0.063	99.97%	99.37%	-0.0038
0.35	-2.865	0.420	-0.213	0.246	0.082	0.066	99.98%	99.54%	-0.0042
0.40	-3.133	0.477	-0.229	0.272	0.091	0.073	99.98%	99.47%	-0.0051
0.46	-3.196	0.479	-0.201	0.290	0.096	0.078	99.97%	98.64%	-0.0058
0.50	-3.370	0.514	-0.223	0.294	0.098	0.079	99.98%	99.09%	-0.0059
0.59	-3.535	0.557	-0.248	0.287	0.096	0.077	99.99%	99.53%	-0.0057
0.71	-3.709	0.586	-0.237	0.285	0.095	0.077	99.99%	99.44%	-0.0056
0.83	-3.805	0.595	-0.234	0.288	0.096	0.077	99.99%	99.35%	-0.0057
0.91	-3.899	0.613	-0.233	0.310	0.103	0.083	99.99%	99.05%	-0.0066
1.00	-4.052	0.642	-0.239	0.283	0.094	0.076	100.00%	99.48%	-0.0055
1.54	-4.135	0.642	-0.216	0.261	0.087	0.070	100.00%	99.41%	-0.0047
2.00	-4.041	0.630	-0.244	0.250	0.083	0.067	100.00%	99.77%	-0.0043
2.50	-3.914	0.606	-0.245	0.250	0.083	0.067	100.00%	99.78%	-0.0043
3.33	-4.092	0.629	-0.228	0.235	0.078	0.063	100.00%	99.76%	-0.0038
4.00	-4.101	0.624	-0.227	0.257	0.086	0.069	100.00%	99.59%	-0.0045
Componente vertical									D ₀ = 0.59
0.04	-4.281	0.347	-0.098	0.258	0.086	0.032	99.88%	99.43%	-0.0021
0.05	-3.734	0.297	-0.093	0.238	0.079	0.029	99.81%	99.51%	-0.0018
0.06	-3.642	0.312	-0.090	0.241	0.081	0.030	99.85%	99.36%	-0.0018
0.07	-3.642	0.312	-0.090	0.241	0.081	0.030	99.85%	99.36%	-0.0018
0.08	-3.768	0.355	-0.076	0.212	0.071	0.026	99.97%	99.22%	-0.0014
0.09	-4.147	0.441	-0.093	0.226	0.076	0.028	99.99%	99.62%	-0.0016
0.10	-4.135	0.454	-0.098	0.196	0.066	0.024	100.00%	99.89%	-0.0012
0.15	-3.711	0.391	-0.087	0.135	0.045	0.017	100.00%	99.98%	-0.0006
0.20	-3.933	0.445	-0.085	0.174	0.058	0.021	100.00%	99.87%	-0.0010
0.25	-4.071	0.482	-0.082	0.194	0.065	0.024	100.00%	99.69%	-0.0012
0.30	-3.887	0.449	-0.077	0.234	0.078	0.029	99.99%	98.82%	-0.0017
0.35	-4.237	0.532	-0.104	0.211	0.070	0.026	100.00%	99.88%	-0.0014
0.40	-4.231	0.523	-0.100	0.192	0.064	0.024	100.00%	99.91%	-0.0012
0.46	-4.338	0.525	-0.080	0.251	0.084	0.031	100.00%	98.67%	-0.0020
0.50	-4.366	0.537	-0.084	0.256	0.085	0.031	100.00%	98.81%	-0.0021
0.59	-4.770	0.638	-0.122	0.248	0.083	0.031	100.00%	99.87%	-0.0019
0.71	-4.462	0.571	-0.093	0.292	0.098	0.036	99.99%	98.65%	-0.0027
0.83	-4.744	0.633	-0.102	0.248	0.083	0.030	100.00%	99.64%	-0.0019
0.91	-4.836	0.661	-0.116	0.301	0.101	0.037	100.00%	99.46%	-0.0029
1.00	-4.747	0.647	-0.108	0.312	0.104	0.038	100.00%	99.11%	-0.0031
1.54	-4.527	0.590	-0.095	0.267	0.089	0.033	100.00%	99.21%	-0.0023
2.00	-4.435	0.585	-0.105	0.257	0.086	0.032	100.00%	99.62%	-0.0021
2.50	-4.374	0.569	-0.096	0.265	0.089	0.033	100.00%	99.28%	-0.0022
3.33	-4.521	0.597	-0.100	0.244	0.081	0.030	100.00%	99.62%	-0.0019
4.00	-4.595	0.593	-0.092	0.226	0.075	0.028	100.00%	99.61%	-0.0016

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.31
0.04	-3.812	0.264	-0.169	0.236	0.079	0.054	99.64%	99.46%	-0.0033
0.05	-3.405	0.231	-0.158	0.229	0.076	0.053	99.37%	99.35%	-0.0031
0.06	-3.075	0.206	-0.150	0.226	0.075	0.052	98.97%	99.21%	-0.0030
0.07	-3.075	0.206	-0.150	0.226	0.075	0.052	98.97%	99.21%	-0.0030
0.08	-2.753	0.192	-0.132	0.224	0.075	0.051	98.60%	98.58%	-0.0030
0.09	-2.697	0.205	-0.140	0.200	0.067	0.046	99.42%	99.37%	-0.0024
0.10	-2.729	0.220	-0.136	0.190	0.063	0.044	99.71%	99.46%	-0.0021
0.15	-2.862	0.295	-0.137	0.137	0.046	0.031	100.00%	99.93%	-0.0011
0.20	-2.770	0.311	-0.139	0.162	0.054	0.037	99.99%	99.81%	-0.0015
0.25	-2.833	0.352	-0.151	0.206	0.068	0.047	99.98%	99.52%	-0.0025
0.30	-2.904	0.392	-0.173	0.234	0.078	0.054	99.97%	99.54%	-0.0032
0.35	-2.976	0.418	-0.181	0.246	0.082	0.057	99.98%	99.53%	-0.0036
0.40	-3.110	0.450	-0.187	0.268	0.089	0.061	99.97%	99.38%	-0.0042
0.46	-3.168	0.457	-0.174	0.283	0.094	0.065	99.97%	98.84%	-0.0047
0.50	-3.346	0.493	-0.188	0.282	0.094	0.065	99.98%	99.22%	-0.0047
0.59	-3.506	0.532	-0.205	0.269	0.090	0.062	99.99%	99.62%	-0.0043
0.71	-3.642	0.559	-0.203	0.269	0.090	0.062	100.00%	99.60%	-0.0043
0.83	-3.747	0.574	-0.202	0.275	0.092	0.063	100.00%	99.52%	-0.0045
0.91	-3.832	0.589	-0.201	0.289	0.096	0.066	99.99%	99.37%	-0.0049
1.00	-3.952	0.613	-0.209	0.277	0.092	0.064	100.00%	99.58%	-0.0045
1.54	-4.063	0.620	-0.186	0.258	0.086	0.059	100.00%	99.47%	-0.0039
2.00	-3.958	0.602	-0.202	0.245	0.082	0.056	100.00%	99.75%	-0.0035
2.50	-3.951	0.605	-0.215	0.242	0.081	0.056	100.00%	99.84%	-0.0035
3.33	-4.033	0.613	-0.206	0.230	0.077	0.053	100.00%	99.85%	-0.0031
4.00	-4.027	0.606	-0.200	0.235	0.078	0.054	100.00%	99.80%	-0.0032
Componente vertical									D ₀ = 0.37
0.04	-4.266	0.333	-0.158	0.236	0.079	0.048	99.91%	99.59%	-0.0029
0.05	-3.947	0.314	-0.149	0.250	0.083	0.051	99.82%	99.23%	-0.0033
0.06	-3.710	0.302	-0.138	0.224	0.075	0.046	99.88%	99.35%	-0.0026
0.07	-3.710	0.302	-0.138	0.224	0.075	0.046	99.88%	99.35%	-0.0026
0.08	-3.861	0.354	-0.127	0.218	0.073	0.044	99.97%	99.15%	-0.0025
0.09	-4.092	0.416	-0.151	0.224	0.075	0.046	99.99%	99.60%	-0.0026
0.10	-4.127	0.438	-0.165	0.203	0.068	0.041	100.00%	99.87%	-0.0022
0.15	-3.925	0.411	-0.145	0.159	0.053	0.032	100.00%	99.94%	-0.0013
0.20	-4.030	0.445	-0.140	0.169	0.056	0.034	100.00%	99.89%	-0.0015
0.25	-4.110	0.469	-0.136	0.185	0.062	0.038	100.00%	99.76%	-0.0018
0.30	-4.043	0.458	-0.130	0.217	0.072	0.044	100.00%	99.26%	-0.0025
0.35	-4.283	0.521	-0.163	0.212	0.071	0.043	100.00%	99.82%	-0.0023
0.40	-4.337	0.527	-0.161	0.214	0.071	0.044	100.00%	99.80%	-0.0024
0.46	-4.442	0.542	-0.156	0.221	0.074	0.045	100.00%	99.69%	-0.0026
0.50	-4.419	0.542	-0.154	0.218	0.073	0.044	100.00%	99.70%	-0.0025
0.59	-4.672	0.601	-0.182	0.212	0.071	0.043	100.00%	99.91%	-0.0023
0.71	-4.551	0.579	-0.162	0.241	0.080	0.049	100.00%	99.60%	-0.0030
0.83	-4.715	0.619	-0.169	0.233	0.078	0.047	100.00%	99.74%	-0.0028
0.91	-4.759	0.640	-0.188	0.266	0.089	0.054	100.00%	99.70%	-0.0037
1.00	-4.701	0.630	-0.182	0.276	0.092	0.056	100.00%	99.55%	-0.0040
1.54	-4.622	0.604	-0.168	0.221	0.074	0.045	100.00%	99.81%	-0.0025
2.00	-4.483	0.583	-0.169	0.231	0.077	0.047	100.00%	99.75%	-0.0028
2.50	-4.418	0.572	-0.164	0.239	0.080	0.049	100.00%	99.65%	-0.0030
3.33	-4.555	0.601	-0.173	0.222	0.074	0.045	100.00%	99.83%	-0.0026
4.00	-4.569	0.591	-0.161	0.210	0.070	0.043	100.00%	99.82%	-0.0023

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de rumbo. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.89
0.04	-3.959	0.270	-0.022	0.231	0.077	0.007	99.71%	99.48%	-0.0004
0.05	-3.671	0.256	-0.022	0.226	0.076	0.007	99.65%	99.47%	-0.0004
0.06	-3.398	0.240	-0.021	0.222	0.074	0.007	99.55%	99.40%	-0.0004
0.07	-3.398	0.240	-0.021	0.222	0.074	0.007	99.55%	99.40%	-0.0004
0.08	-3.109	0.231	-0.020	0.217	0.073	0.007	99.51%	99.26%	-0.0004
0.09	-3.045	0.238	-0.020	0.210	0.070	0.006	99.66%	99.38%	-0.0004
0.10	-3.062	0.252	-0.020	0.203	0.068	0.006	99.80%	99.50%	-0.0003
0.15	-3.079	0.306	-0.020	0.163	0.055	0.005	99.99%	99.87%	-0.0002
0.20	-3.030	0.334	-0.021	0.169	0.056	0.005	99.99%	99.89%	-0.0002
0.25	-3.074	0.365	-0.022	0.207	0.069	0.006	99.98%	99.69%	-0.0003
0.30	-3.146	0.401	-0.024	0.234	0.078	0.007	99.98%	99.62%	-0.0004
0.35	-3.183	0.420	-0.025	0.249	0.083	0.008	99.97%	99.56%	-0.0005
0.40	-3.249	0.440	-0.025	0.265	0.089	0.008	99.97%	99.42%	-0.0006
0.46	-3.324	0.456	-0.025	0.271	0.091	0.008	99.97%	99.29%	-0.0006
0.50	-3.427	0.476	-0.025	0.269	0.090	0.008	99.98%	99.37%	-0.0006
0.59	-3.534	0.500	-0.026	0.258	0.086	0.008	99.99%	99.56%	-0.0005
0.71	-3.633	0.524	-0.027	0.262	0.088	0.008	99.99%	99.59%	-0.0005
0.83	-3.700	0.535	-0.026	0.261	0.087	0.008	99.99%	99.58%	-0.0005
0.91	-3.777	0.550	-0.026	0.266	0.089	0.008	99.99%	99.54%	-0.0006
1.00	-3.900	0.576	-0.028	0.263	0.088	0.008	100.00%	99.68%	-0.0006
1.54	-4.028	0.591	-0.025	0.256	0.086	0.008	100.00%	99.54%	-0.0005
2.00	-3.970	0.581	-0.026	0.243	0.081	0.007	100.00%	99.71%	-0.0005
2.50	-4.010	0.591	-0.029	0.239	0.080	0.007	100.00%	99.85%	-0.0005
3.33	-4.038	0.594	-0.028	0.234	0.078	0.007	100.00%	99.85%	-0.0004
4.00	-4.008	0.582	-0.027	0.234	0.078	0.007	100.00%	99.79%	-0.0004
Componente vertical									D ₀ = 0.24
0.04	-4.370	0.338	-0.205	0.228	0.076	0.060	99.94%	99.68%	-0.0035
0.05	-4.161	0.336	-0.196	0.230	0.076	0.061	99.93%	99.56%	-0.0036
0.06	-3.975	0.327	-0.183	0.217	0.072	0.057	99.95%	99.53%	-0.0032
0.07	-3.975	0.327	-0.183	0.217	0.072	0.057	99.95%	99.53%	-0.0032
0.08	-4.072	0.374	-0.183	0.221	0.074	0.058	99.98%	99.48%	-0.0033
0.09	-4.182	0.412	-0.202	0.211	0.070	0.056	99.99%	99.77%	-0.0030
0.10	-4.253	0.438	-0.220	0.187	0.062	0.049	100.00%	99.94%	-0.0024
0.15	-4.123	0.426	-0.189	0.174	0.058	0.046	100.00%	99.90%	-0.0020
0.20	-4.129	0.438	-0.175	0.166	0.055	0.044	100.00%	99.88%	-0.0018
0.25	-4.102	0.441	-0.164	0.163	0.054	0.043	100.00%	99.83%	-0.0018
0.30	-4.219	0.474	-0.180	0.197	0.065	0.052	100.00%	99.70%	-0.0026
0.35	-4.289	0.500	-0.200	0.202	0.067	0.053	100.00%	99.82%	-0.0027
0.40	-4.341	0.514	-0.209	0.206	0.068	0.054	100.00%	99.84%	-0.0029
0.46	-4.461	0.537	-0.213	0.195	0.065	0.051	100.00%	99.90%	-0.0026
0.50	-4.517	0.546	-0.207	0.179	0.060	0.047	100.00%	99.93%	-0.0022
0.59	-4.589	0.565	-0.214	0.175	0.058	0.046	100.00%	99.95%	-0.0021
0.71	-4.568	0.564	-0.201	0.206	0.069	0.054	100.00%	99.79%	-0.0029
0.83	-4.656	0.597	-0.221	0.216	0.072	0.057	100.00%	99.85%	-0.0031
0.91	-4.696	0.615	-0.240	0.231	0.077	0.061	100.00%	99.86%	-0.0036
1.00	-4.677	0.613	-0.239	0.228	0.076	0.060	100.00%	99.87%	-0.0035
1.54	-4.684	0.607	-0.223	0.202	0.067	0.053	100.00%	99.91%	-0.0027
2.00	-4.519	0.574	-0.207	0.217	0.072	0.057	100.00%	99.77%	-0.0032
2.50	-4.501	0.582	-0.226	0.208	0.069	0.055	100.00%	99.90%	-0.0029
3.33	-4.551	0.595	-0.230	0.201	0.067	0.053	100.00%	99.93%	-0.0027
4.00	-4.554	0.588	-0.220	0.193	0.064	0.051	100.00%	99.93%	-0.0025

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.76
0.04	-1.742	0.472	-0.089	0.584	0.211	0.025	98.20%	99.91%	-0.0012
0.05	-1.731	0.489	-0.089	0.625	0.226	0.027	97.92%	99.85%	-0.0014
0.06	-0.983	0.361	-0.079	0.590	0.213	0.025	94.78%	99.76%	-0.0012
0.07	-0.983	0.361	-0.079	0.590	0.213	0.025	94.78%	99.76%	-0.0012
0.08	-1.005	0.391	-0.074	0.607	0.219	0.026	95.58%	99.55%	-0.0013
0.09	-0.834	0.376	-0.081	0.608	0.219	0.026	94.94%	99.74%	-0.0013
0.10	-0.791	0.362	-0.076	0.588	0.212	0.025	94.85%	99.68%	-0.0012
0.15	-0.774	0.385	-0.091	0.520	0.188	0.022	97.35%	99.98%	-0.0010
0.20	-1.643	0.513	-0.084	0.466	0.168	0.020	99.70%	99.98%	-0.0008
0.25	-1.736	0.506	-0.072	0.438	0.158	0.019	99.78%	99.96%	-0.0007
0.30	-2.040	0.544	-0.072	0.449	0.162	0.019	99.85%	99.94%	-0.0007
0.35	-2.609	0.630	-0.076	0.410	0.148	0.017	99.98%	99.99%	-0.0006
0.40	-2.933	0.659	-0.074	0.373	0.135	0.016	100.00%	99.99%	-0.0005
0.46	-3.282	0.701	-0.069	0.363	0.131	0.015	100.00%	99.99%	-0.0005
0.50	-3.758	0.779	-0.071	0.396	0.143	0.017	100.00%	99.98%	-0.0006
0.59	-4.147	0.814	-0.069	0.320	0.116	0.014	100.00%	100.00%	-0.0004
0.71	-4.005	0.782	-0.071	0.275	0.099	0.012	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-4.203	0.782	-0.062	0.201	0.072	0.009	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-4.320	0.807	-0.071	0.175	0.063	0.007	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-4.341	0.801	-0.073	0.232	0.084	0.010	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-4.505	0.768	-0.058	0.224	0.081	0.010	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-3.944	0.641	-0.049	0.278	0.100	0.012	100.00%	99.98%	-0.0003
2.50	-4.642	0.735	-0.056	0.247	0.089	0.010	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-4.281	0.608	-0.029	0.292	0.105	0.012	100.00%	98.63%	-0.0003
4.00	-4.740	0.664	-0.039	0.347	0.125	0.015	100.00%	99.29%	-0.0004
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-2.470	0.557	-0.133	0.597	0.215	0.037	99.14%	99.92%	-0.0018
0.05	-2.182	0.513	-0.113	0.649	0.234	0.040	98.01%	99.50%	-0.0022
0.06	-2.165	0.533	-0.117	0.655	0.236	0.040	98.27%	99.57%	-0.0022
0.07	-2.165	0.533	-0.117	0.655	0.236	0.040	98.27%	99.57%	-0.0022
0.08	-1.823	0.499	-0.132	0.589	0.212	0.036	98.56%	99.92%	-0.0018
0.09	-2.490	0.604	-0.121	0.561	0.202	0.035	99.65%	99.89%	-0.0016
0.10	-2.151	0.550	-0.119	0.558	0.201	0.034	99.38%	99.88%	-0.0016
0.15	-2.201	0.526	-0.101	0.469	0.169	0.029	99.74%	99.89%	-0.0011
0.20	-2.251	0.524	-0.100	0.433	0.156	0.027	99.85%	99.94%	-0.0010
0.25	-1.544	0.397	-0.092	0.400	0.144	0.025	99.40%	99.94%	-0.0008
0.30	-2.952	0.617	-0.096	0.440	0.159	0.027	99.96%	99.91%	-0.0010
0.35	-3.315	0.672	-0.109	0.388	0.140	0.024	100.00%	99.99%	-0.0008
0.40	-3.441	0.673	-0.105	0.335	0.121	0.021	100.00%	100.00%	-0.0006
0.46	-3.601	0.657	-0.080	0.362	0.130	0.022	100.00%	99.91%	-0.0007
0.50	-3.994	0.726	-0.088	0.324	0.117	0.020	100.00%	99.99%	-0.0005
0.59	-3.914	0.674	-0.070	0.239	0.086	0.015	100.00%	99.99%	-0.0003
0.71	-3.651	0.624	-0.073	0.263	0.095	0.016	100.00%	99.99%	-0.0004
0.83	-4.551	0.767	-0.074	0.205	0.074	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-4.296	0.718	-0.075	0.206	0.074	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.076	0.672	-0.068	0.250	0.090	0.015	100.00%	99.99%	-0.0003
1.54	-3.598	0.566	-0.078	0.224	0.081	0.014	100.00%	100.00%	-0.0003
2.00	-4.532	0.680	-0.066	0.276	0.100	0.017	100.00%	99.95%	-0.0004
2.50	-3.854	0.538	-0.056	0.253	0.091	0.016	100.00%	99.91%	-0.0003
3.33	-4.618	0.615	-0.041	0.277	0.100	0.017	100.00%	98.78%	-0.0004
4.00	-4.883	0.624	-0.038	0.331	0.119	0.020	100.00%	96.27%	-0.0006

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.60
0.04	-0.911	0.289	-0.126	0.225	0.081	0.017	99.91%	100.00%	-0.0003
0.05	-0.768	0.276	-0.122	0.235	0.085	0.017	99.81%	100.00%	-0.0003
0.06	-0.622	0.259	-0.116	0.258	0.093	0.019	99.43%	100.00%	-0.0004
0.07	-0.622	0.259	-0.116	0.258	0.093	0.019	99.43%	100.00%	-0.0004
0.08	-0.245	0.209	-0.105	0.274	0.099	0.020	97.68%	100.00%	-0.0005
0.09	-0.222	0.213	-0.110	0.277	0.100	0.020	97.71%	100.00%	-0.0005
0.10	-0.303	0.233	-0.114	0.281	0.101	0.021	98.40%	100.00%	-0.0005
0.15	-0.518	0.291	-0.133	0.254	0.092	0.019	99.77%	100.00%	-0.0004
0.20	-1.124	0.374	-0.119	0.228	0.082	0.017	99.99%	100.00%	-0.0003
0.25	-1.208	0.386	-0.119	0.261	0.094	0.019	99.97%	100.00%	-0.0004
0.30	-1.677	0.439	-0.107	0.291	0.105	0.021	99.98%	100.00%	-0.0005
0.35	-2.094	0.505	-0.115	0.278	0.100	0.021	100.00%	100.00%	-0.0005
0.40	-2.500	0.560	-0.118	0.245	0.088	0.018	100.00%	100.00%	-0.0004
0.46	-2.823	0.600	-0.113	0.263	0.095	0.019	100.00%	100.00%	-0.0004
0.50	-3.276	0.665	-0.108	0.280	0.101	0.021	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.687	0.712	-0.107	0.248	0.090	0.018	100.00%	100.00%	-0.0004
0.71	-3.841	0.732	-0.114	0.255	0.092	0.019	100.00%	100.00%	-0.0004
0.83	-3.907	0.713	-0.103	0.207	0.075	0.015	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-3.878	0.704	-0.106	0.199	0.072	0.015	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.019	0.721	-0.111	0.207	0.075	0.015	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.319	0.710	-0.089	0.212	0.076	0.016	100.00%	100.00%	-0.0003
2.00	-3.922	0.618	-0.079	0.247	0.089	0.018	100.00%	99.98%	-0.0004
2.50	-4.281	0.654	-0.085	0.235	0.085	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
3.33	-4.135	0.572	-0.051	0.274	0.099	0.020	100.00%	98.97%	-0.0005
4.00	-4.511	0.609	-0.060	0.320	0.115	0.024	100.00%	99.05%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.66
0.04	-1.957	0.401	-0.100	0.267	0.096	0.016	99.98%	100.00%	-0.0004
0.05	-1.801	0.388	-0.092	0.294	0.106	0.018	99.93%	100.00%	-0.0004
0.06	-1.700	0.390	-0.102	0.292	0.105	0.018	99.94%	100.00%	-0.0004
0.07	-1.700	0.390	-0.102	0.292	0.105	0.018	99.94%	100.00%	-0.0004
0.08	-1.408	0.347	-0.095	0.308	0.111	0.019	99.74%	100.00%	-0.0005
0.09	-1.517	0.373	-0.097	0.286	0.103	0.018	99.92%	100.00%	-0.0004
0.10	-1.310	0.346	-0.102	0.272	0.098	0.017	99.90%	100.00%	-0.0004
0.15	-1.443	0.345	-0.088	0.268	0.097	0.017	99.91%	100.00%	-0.0004
0.20	-1.563	0.360	-0.087	0.244	0.088	0.015	99.97%	100.00%	-0.0003
0.25	-1.261	0.312	-0.088	0.229	0.083	0.014	99.95%	100.00%	-0.0003
0.30	-2.672	0.529	-0.088	0.280	0.101	0.017	100.00%	100.00%	-0.0004
0.35	-2.912	0.559	-0.091	0.227	0.082	0.014	100.00%	100.00%	-0.0003
0.40	-2.997	0.556	-0.088	0.194	0.070	0.012	100.00%	100.00%	-0.0002
0.46	-3.140	0.547	-0.074	0.212	0.077	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
0.50	-3.572	0.620	-0.078	0.196	0.071	0.012	100.00%	100.00%	-0.0002
0.59	-3.729	0.607	-0.057	0.189	0.068	0.012	100.00%	100.00%	-0.0002
0.71	-3.699	0.592	-0.055	0.201	0.073	0.012	100.00%	99.99%	-0.0002
0.83	-3.976	0.643	-0.066	0.178	0.064	0.011	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-3.914	0.620	-0.059	0.198	0.071	0.012	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-3.883	0.611	-0.061	0.206	0.074	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-3.746	0.557	-0.067	0.214	0.077	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.310	0.617	-0.056	0.229	0.083	0.014	100.00%	99.96%	-0.0003
2.50	-3.861	0.514	-0.046	0.229	0.083	0.014	100.00%	99.82%	-0.0003
3.33	-4.463	0.570	-0.035	0.263	0.095	0.016	100.00%	97.98%	-0.0004
4.00	-4.805	0.597	-0.036	0.302	0.109	0.019	100.00%	96.50%	-0.0005

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.50
0.04	-0.881	0.284	-0.166	0.218	0.079	0.021	99.92%	100.00%	-0.0004
0.05	-0.753	0.269	-0.159	0.235	0.085	0.023	99.76%	100.00%	-0.0004
0.06	-0.615	0.253	-0.154	0.253	0.092	0.025	99.42%	100.00%	-0.0005
0.07	-0.615	0.253	-0.154	0.253	0.092	0.025	99.42%	100.00%	-0.0005
0.08	-0.266	0.204	-0.144	0.260	0.094	0.025	97.91%	100.00%	-0.0005
0.09	-0.206	0.203	-0.153	0.261	0.094	0.025	97.84%	100.00%	-0.0005
0.10	-0.300	0.224	-0.159	0.259	0.094	0.025	98.69%	100.00%	-0.0005
0.15	-0.605	0.297	-0.184	0.237	0.086	0.023	99.88%	100.00%	-0.0004
0.20	-1.058	0.357	-0.169	0.231	0.084	0.022	99.98%	100.00%	-0.0004
0.25	-1.226	0.378	-0.164	0.266	0.096	0.026	99.96%	100.00%	-0.0005
0.30	-1.641	0.427	-0.154	0.277	0.100	0.027	99.98%	100.00%	-0.0006
0.35	-2.052	0.490	-0.160	0.261	0.095	0.025	100.00%	100.00%	-0.0005
0.40	-2.482	0.549	-0.161	0.249	0.090	0.024	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.804	0.589	-0.155	0.253	0.091	0.025	100.00%	100.00%	-0.0005
0.50	-3.196	0.639	-0.144	0.268	0.097	0.026	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.455	0.667	-0.146	0.246	0.089	0.024	100.00%	100.00%	-0.0005
0.71	-3.699	0.698	-0.152	0.230	0.083	0.022	100.00%	100.00%	-0.0004
0.83	-3.856	0.699	-0.142	0.204	0.074	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-3.833	0.687	-0.141	0.193	0.070	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-3.893	0.689	-0.146	0.188	0.068	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.310	0.703	-0.126	0.212	0.077	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
2.00	-4.076	0.638	-0.113	0.244	0.088	0.024	100.00%	99.99%	-0.0004
2.50	-4.211	0.632	-0.110	0.239	0.086	0.023	100.00%	99.99%	-0.0004
3.33	-4.178	0.574	-0.074	0.263	0.095	0.026	100.00%	99.58%	-0.0005
4.00	-4.433	0.585	-0.076	0.291	0.105	0.028	100.00%	99.30%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.57
0.04	-2.006	0.396	-0.124	0.236	0.085	0.019	99.99%	100.00%	-0.0004
0.05	-1.887	0.391	-0.123	0.259	0.094	0.021	99.98%	100.00%	-0.0005
0.06	-1.696	0.373	-0.130	0.252	0.091	0.020	99.97%	100.00%	-0.0004
0.07	-1.696	0.373	-0.130	0.252	0.091	0.020	99.97%	100.00%	-0.0004
0.08	-1.426	0.330	-0.120	0.282	0.102	0.023	99.81%	100.00%	-0.0005
0.09	-1.423	0.340	-0.125	0.257	0.093	0.021	99.93%	100.00%	-0.0004
0.10	-1.227	0.310	-0.127	0.265	0.096	0.021	99.81%	100.00%	-0.0005
0.15	-1.523	0.348	-0.122	0.256	0.092	0.020	99.94%	100.00%	-0.0004
0.20	-1.561	0.345	-0.117	0.235	0.085	0.019	99.97%	100.00%	-0.0004
0.25	-1.444	0.326	-0.118	0.214	0.077	0.017	99.98%	100.00%	-0.0003
0.30	-2.567	0.499	-0.118	0.260	0.094	0.021	100.00%	100.00%	-0.0005
0.35	-2.880	0.540	-0.121	0.226	0.081	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
0.40	-2.879	0.522	-0.114	0.188	0.068	0.015	100.00%	100.00%	-0.0002
0.46	-3.158	0.542	-0.104	0.200	0.072	0.016	100.00%	100.00%	-0.0003
0.50	-3.417	0.576	-0.100	0.197	0.071	0.016	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-3.634	0.582	-0.081	0.186	0.067	0.015	100.00%	100.00%	-0.0002
0.71	-3.871	0.607	-0.075	0.198	0.071	0.016	100.00%	99.99%	-0.0003
0.83	-4.013	0.635	-0.088	0.171	0.062	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-4.043	0.627	-0.080	0.192	0.069	0.015	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-3.909	0.600	-0.080	0.199	0.072	0.016	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-3.944	0.573	-0.086	0.179	0.065	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.099	0.572	-0.075	0.206	0.074	0.016	100.00%	99.99%	-0.0003
2.50	-3.981	0.519	-0.060	0.221	0.080	0.018	100.00%	99.86%	-0.0003
3.33	-4.405	0.549	-0.047	0.250	0.090	0.020	100.00%	98.54%	-0.0004
4.00	-4.748	0.581	-0.049	0.273	0.099	0.022	100.00%	98.23%	-0.0005

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.48
0.04	-0.950	0.290	-0.167	0.216	0.078	0.022	99.94%	100.00%	-0.0004
0.05	-0.888	0.284	-0.164	0.231	0.083	0.023	99.87%	100.00%	-0.0004
0.06	-0.731	0.263	-0.159	0.241	0.087	0.024	99.68%	100.00%	-0.0005
0.07	-0.731	0.263	-0.159	0.241	0.087	0.024	99.68%	100.00%	-0.0005
0.08	-0.477	0.229	-0.154	0.250	0.090	0.025	99.04%	100.00%	-0.0005
0.09	-0.425	0.228	-0.161	0.248	0.090	0.025	99.06%	100.00%	-0.0005
0.10	-0.501	0.245	-0.167	0.243	0.087	0.024	99.47%	100.00%	-0.0005
0.15	-0.819	0.315	-0.188	0.242	0.087	0.024	99.92%	100.00%	-0.0005
0.20	-1.164	0.362	-0.178	0.226	0.082	0.023	99.99%	100.00%	-0.0004
0.25	-1.380	0.384	-0.168	0.259	0.093	0.026	99.97%	100.00%	-0.0006
0.30	-1.842	0.447	-0.161	0.268	0.097	0.027	99.99%	100.00%	-0.0006
0.35	-2.194	0.499	-0.168	0.250	0.090	0.025	100.00%	100.00%	-0.0005
0.40	-2.557	0.545	-0.165	0.241	0.087	0.024	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.836	0.577	-0.158	0.239	0.086	0.024	100.00%	100.00%	-0.0005
0.50	-3.087	0.606	-0.151	0.246	0.089	0.025	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.330	0.632	-0.148	0.229	0.082	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
0.71	-3.732	0.683	-0.150	0.208	0.075	0.021	100.00%	100.00%	-0.0004
0.83	-3.839	0.683	-0.146	0.194	0.070	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-3.886	0.680	-0.143	0.188	0.068	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-3.948	0.681	-0.144	0.186	0.067	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.317	0.692	-0.129	0.204	0.074	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
2.00	-4.245	0.656	-0.124	0.228	0.082	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
2.50	-4.255	0.626	-0.112	0.227	0.082	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
3.33	-4.248	0.581	-0.088	0.228	0.082	0.023	100.00%	99.96%	-0.0004
4.00	-4.383	0.574	-0.086	0.241	0.087	0.024	100.00%	99.91%	-0.0005
Componente vertical									D ₀ = 0.52
0.04	-1.974	0.386	-0.140	0.221	0.080	0.020	100.00%	100.00%	-0.0004
0.05	-1.874	0.381	-0.141	0.233	0.084	0.021	99.99%	100.00%	-0.0004
0.06	-1.739	0.368	-0.146	0.234	0.084	0.021	99.99%	100.00%	-0.0004
0.07	-1.739	0.368	-0.146	0.234	0.084	0.021	99.99%	100.00%	-0.0004
0.08	-1.485	0.328	-0.138	0.254	0.092	0.023	99.91%	100.00%	-0.0005
0.09	-1.467	0.332	-0.142	0.243	0.088	0.022	99.95%	100.00%	-0.0004
0.10	-1.342	0.314	-0.144	0.253	0.091	0.023	99.88%	100.00%	-0.0005
0.15	-1.549	0.340	-0.144	0.247	0.089	0.022	99.95%	100.00%	-0.0005
0.20	-1.609	0.342	-0.137	0.222	0.080	0.020	99.98%	100.00%	-0.0004
0.25	-1.681	0.351	-0.139	0.210	0.076	0.019	99.99%	100.00%	-0.0003
0.30	-2.507	0.472	-0.133	0.229	0.083	0.021	100.00%	100.00%	-0.0004
0.35	-2.791	0.509	-0.135	0.213	0.077	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
0.40	-2.920	0.513	-0.127	0.187	0.068	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
0.46	-3.208	0.538	-0.118	0.195	0.070	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
0.50	-3.335	0.546	-0.111	0.191	0.069	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-3.565	0.568	-0.104	0.190	0.068	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
0.71	-3.927	0.609	-0.094	0.200	0.072	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-3.982	0.613	-0.098	0.180	0.065	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-3.988	0.607	-0.095	0.184	0.066	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-3.834	0.575	-0.094	0.185	0.067	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-3.965	0.563	-0.095	0.159	0.058	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.043	0.554	-0.093	0.188	0.068	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
2.50	-3.936	0.504	-0.074	0.203	0.073	0.018	100.00%	99.97%	-0.0003
3.33	-4.371	0.535	-0.058	0.223	0.080	0.020	100.00%	99.55%	-0.0004
4.00	-4.665	0.562	-0.063	0.245	0.088	0.022	100.00%	99.51%	-0.0005

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-0.955	0.291	-0.199	0.215	0.077	0.026	99.94%	100.00%	-0.0005
0.05	-0.881	0.282	-0.196	0.224	0.081	0.027	99.89%	100.00%	-0.0005
0.06	-0.744	0.262	-0.193	0.230	0.083	0.027	99.76%	100.00%	-0.0005
0.07	-0.744	0.262	-0.193	0.230	0.083	0.027	99.76%	100.00%	-0.0005
0.08	-0.629	0.250	-0.193	0.234	0.085	0.028	99.63%	100.00%	-0.0005
0.09	-0.605	0.251	-0.198	0.233	0.084	0.028	99.64%	100.00%	-0.0005
0.10	-0.663	0.265	-0.205	0.230	0.083	0.027	99.78%	100.00%	-0.0005
0.15	-0.931	0.321	-0.223	0.230	0.083	0.027	99.96%	100.00%	-0.0005
0.20	-1.228	0.362	-0.216	0.226	0.082	0.027	99.99%	100.00%	-0.0005
0.25	-1.482	0.389	-0.206	0.243	0.088	0.029	99.99%	100.00%	-0.0006
0.30	-1.951	0.454	-0.200	0.248	0.089	0.029	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-2.253	0.496	-0.202	0.237	0.086	0.028	100.00%	100.00%	-0.0006
0.40	-2.558	0.535	-0.200	0.227	0.082	0.027	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-2.764	0.555	-0.192	0.224	0.081	0.027	100.00%	100.00%	-0.0005
0.50	-2.927	0.570	-0.185	0.226	0.082	0.027	100.00%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.173	0.597	-0.180	0.217	0.078	0.026	100.00%	100.00%	-0.0005
0.71	-3.529	0.638	-0.177	0.198	0.071	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
0.83	-3.689	0.648	-0.174	0.185	0.067	0.022	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-3.738	0.648	-0.173	0.179	0.065	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-3.780	0.647	-0.174	0.182	0.066	0.022	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.040	0.643	-0.155	0.193	0.070	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
2.00	-4.061	0.624	-0.154	0.202	0.073	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
2.50	-3.981	0.584	-0.142	0.205	0.074	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
3.33	-4.096	0.571	-0.131	0.203	0.073	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
4.00	-4.086	0.548	-0.129	0.207	0.075	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
Componente vertical									D ₀ = 0.40
0.04	-1.900	0.376	-0.188	0.211	0.076	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
0.05	-1.851	0.375	-0.190	0.212	0.077	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
0.06	-1.715	0.357	-0.189	0.216	0.078	0.026	99.99%	100.00%	-0.0005
0.07	-1.715	0.357	-0.189	0.216	0.078	0.026	99.99%	100.00%	-0.0005
0.08	-1.550	0.331	-0.185	0.230	0.083	0.027	99.97%	100.00%	-0.0005
0.09	-1.522	0.329	-0.188	0.232	0.084	0.028	99.96%	100.00%	-0.0005
0.10	-1.508	0.327	-0.186	0.237	0.085	0.028	99.95%	100.00%	-0.0006
0.15	-1.613	0.337	-0.186	0.228	0.082	0.027	99.97%	100.00%	-0.0005
0.20	-1.782	0.358	-0.184	0.215	0.078	0.026	99.99%	100.00%	-0.0005
0.25	-1.896	0.370	-0.180	0.204	0.074	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
0.30	-2.408	0.442	-0.174	0.211	0.076	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
0.35	-2.664	0.472	-0.169	0.203	0.073	0.024	100.00%	100.00%	-0.0004
0.40	-2.862	0.488	-0.160	0.187	0.068	0.022	100.00%	100.00%	-0.0004
0.46	-3.022	0.501	-0.155	0.173	0.062	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
0.50	-3.137	0.508	-0.150	0.170	0.061	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-3.437	0.543	-0.147	0.175	0.063	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
0.71	-3.662	0.563	-0.136	0.180	0.065	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-3.828	0.577	-0.130	0.170	0.062	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-3.877	0.579	-0.128	0.169	0.061	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-3.870	0.572	-0.129	0.168	0.061	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-3.998	0.562	-0.129	0.143	0.052	0.017	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-3.943	0.531	-0.128	0.156	0.056	0.019	100.00%	100.00%	-0.0002
2.50	-4.014	0.518	-0.111	0.163	0.059	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
3.33	-4.152	0.505	-0.094	0.174	0.063	0.021	100.00%	99.99%	-0.0003
4.00	-4.345	0.518	-0.100	0.179	0.065	0.021	100.00%	99.99%	-0.0003

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.40
0.04	-3.355	0.331	-0.165	0.377	0.136	0.045	98.80%	99.93%	-0.0014
0.05	-3.514	0.404	-0.172	0.363	0.131	0.043	99.72%	99.97%	-0.0013
0.06	-2.622	0.270	-0.148	0.313	0.113	0.037	98.70%	99.97%	-0.0010
0.07	-2.622	0.270	-0.148	0.313	0.113	0.037	98.70%	99.97%	-0.0010
0.08	-2.462	0.298	-0.143	0.350	0.126	0.042	98.60%	99.87%	-0.0012
0.09	-1.999	0.249	-0.164	0.355	0.128	0.042	96.71%	99.96%	-0.0013
0.10	-2.031	0.255	-0.151	0.317	0.114	0.038	98.16%	99.97%	-0.0010
0.15	-1.887	0.295	-0.205	0.262	0.095	0.031	99.74%	100.00%	-0.0007
0.20	-2.694	0.434	-0.190	0.213	0.077	0.025	100.00%	100.00%	-0.0005
0.25	-2.741	0.434	-0.158	0.241	0.087	0.029	100.00%	100.00%	-0.0006
0.30	-2.921	0.467	-0.158	0.289	0.104	0.034	99.99%	99.99%	-0.0008
0.35	-3.436	0.556	-0.174	0.254	0.092	0.030	100.00%	100.00%	-0.0006
0.40	-3.679	0.584	-0.171	0.244	0.088	0.029	100.00%	100.00%	-0.0006
0.46	-4.014	0.633	-0.157	0.256	0.092	0.030	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-4.426	0.710	-0.167	0.306	0.110	0.036	100.00%	99.99%	-0.0009
0.59	-4.710	0.741	-0.163	0.262	0.095	0.031	100.00%	100.00%	-0.0007
0.71	-4.516	0.716	-0.174	0.259	0.093	0.031	100.00%	100.00%	-0.0007
0.83	-4.630	0.715	-0.152	0.186	0.067	0.022	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-4.632	0.727	-0.173	0.190	0.069	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
1.00	-4.575	0.721	-0.187	0.209	0.075	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
1.54	-4.725	0.714	-0.148	0.233	0.084	0.028	100.00%	100.00%	-0.0005
2.00	-4.219	0.618	-0.130	0.243	0.088	0.029	100.00%	99.99%	-0.0006
2.50	-4.394	0.654	-0.154	0.218	0.079	0.026	100.00%	100.00%	-0.0005
3.33	-4.049	0.555	-0.090	0.220	0.079	0.026	100.00%	99.87%	-0.0005
4.00	-4.017	0.556	-0.117	0.250	0.090	0.030	100.00%	99.96%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.62
0.04	-4.112	0.424	-0.106	0.465	0.168	0.032	99.02%	99.82%	-0.0013
0.05	-3.719	0.393	-0.090	0.411	0.148	0.029	99.25%	99.75%	-0.0010
0.06	-3.620	0.413	-0.092	0.407	0.147	0.028	99.48%	99.81%	-0.0010
0.07	-3.620	0.413	-0.092	0.407	0.147	0.028	99.48%	99.81%	-0.0010
0.08	-3.315	0.406	-0.113	0.376	0.136	0.026	99.65%	99.99%	-0.0008
0.09	-3.914	0.513	-0.102	0.310	0.112	0.022	99.99%	99.99%	-0.0006
0.10	-3.556	0.463	-0.101	0.339	0.122	0.024	99.95%	99.98%	-0.0007
0.15	-3.433	0.444	-0.084	0.271	0.098	0.019	99.99%	99.99%	-0.0004
0.20	-3.356	0.443	-0.086	0.270	0.097	0.019	99.99%	99.99%	-0.0004
0.25	-2.548	0.318	-0.079	0.253	0.091	0.018	99.89%	99.99%	-0.0004
0.30	-3.908	0.544	-0.086	0.322	0.116	0.022	99.99%	99.95%	-0.0006
0.35	-4.011	0.570	-0.100	0.248	0.089	0.017	100.00%	100.00%	-0.0004
0.40	-4.323	0.610	-0.097	0.213	0.077	0.015	100.00%	100.00%	-0.0003
0.46	-4.407	0.595	-0.073	0.245	0.088	0.017	100.00%	99.98%	-0.0003
0.50	-4.800	0.670	-0.082	0.226	0.081	0.016	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-4.599	0.609	-0.060	0.217	0.078	0.015	100.00%	99.97%	-0.0003
0.71	-4.365	0.579	-0.067	0.222	0.080	0.015	100.00%	99.98%	-0.0003
0.83	-4.893	0.676	-0.070	0.185	0.067	0.013	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-4.896	0.677	-0.074	0.202	0.073	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.534	0.612	-0.063	0.213	0.077	0.015	100.00%	99.98%	-0.0003
1.54	-4.168	0.555	-0.076	0.241	0.087	0.017	100.00%	99.99%	-0.0003
2.00	-4.879	0.663	-0.071	0.218	0.079	0.015	100.00%	99.99%	-0.0003
2.50	-4.139	0.540	-0.070	0.205	0.074	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-4.544	0.577	-0.050	0.200	0.072	0.014	100.00%	99.91%	-0.0002
4.00	-4.284	0.532	-0.053	0.215	0.077	0.015	100.00%	99.91%	-0.0003

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.32
0.04	-3.070	0.244	-0.236	0.319	0.115	0.045	97.71%	100.00%	-0.0012
0.05	-2.993	0.270	-0.227	0.299	0.108	0.042	98.98%	100.00%	-0.0011
0.06	-2.465	0.214	-0.217	0.320	0.116	0.045	96.12%	100.00%	-0.0012
0.07	-2.465	0.214	-0.217	0.320	0.116	0.045	96.12%	100.00%	-0.0012
0.08	-1.997	0.180	-0.199	0.339	0.122	0.048	92.16%	99.98%	-0.0014
0.09	-1.861	0.180	-0.214	0.328	0.118	0.046	92.91%	99.99%	-0.0013
0.10	-1.855	0.191	-0.216	0.330	0.119	0.046	93.84%	99.99%	-0.0013
0.15	-1.946	0.267	-0.254	0.265	0.096	0.037	99.45%	100.00%	-0.0008
0.20	-2.485	0.361	-0.231	0.234	0.084	0.033	99.98%	100.00%	-0.0006
0.25	-2.484	0.376	-0.228	0.258	0.093	0.036	99.97%	100.00%	-0.0008
0.30	-2.772	0.416	-0.210	0.291	0.105	0.041	99.96%	100.00%	-0.0010
0.35	-3.161	0.486	-0.221	0.272	0.098	0.038	100.00%	100.00%	-0.0009
0.40	-3.488	0.537	-0.224	0.240	0.086	0.034	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.745	0.577	-0.215	0.251	0.091	0.035	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-4.039	0.627	-0.212	0.269	0.097	0.038	100.00%	100.00%	-0.0009
0.59	-4.395	0.678	-0.209	0.248	0.089	0.035	100.00%	100.00%	-0.0007
0.71	-4.402	0.691	-0.222	0.241	0.087	0.034	100.00%	100.00%	-0.0007
0.83	-4.393	0.672	-0.204	0.198	0.071	0.028	100.00%	100.00%	-0.0005
0.91	-4.305	0.659	-0.209	0.187	0.067	0.026	100.00%	100.00%	-0.0004
1.00	-4.348	0.671	-0.222	0.180	0.065	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
1.54	-4.478	0.664	-0.183	0.212	0.077	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
2.00	-4.225	0.617	-0.168	0.230	0.083	0.032	100.00%	100.00%	-0.0006
2.50	-4.146	0.605	-0.178	0.211	0.076	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
3.33	-3.965	0.543	-0.123	0.214	0.077	0.030	100.00%	99.97%	-0.0005
4.00	-3.877	0.532	-0.143	0.232	0.084	0.033	100.00%	99.99%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.53
0.04	-4.377	0.413	-0.153	0.393	0.142	0.035	99.59%	99.99%	-0.0011
0.05	-3.744	0.346	-0.134	0.409	0.148	0.036	98.55%	99.93%	-0.0012
0.06	-3.631	0.367	-0.149	0.376	0.136	0.033	99.33%	99.99%	-0.0010
0.07	-3.631	0.367	-0.149	0.376	0.136	0.033	99.33%	99.99%	-0.0010
0.08	-3.266	0.334	-0.136	0.359	0.130	0.032	99.12%	99.98%	-0.0010
0.09	-3.415	0.381	-0.144	0.333	0.120	0.029	99.77%	100.00%	-0.0008
0.10	-3.131	0.348	-0.145	0.301	0.109	0.027	99.79%	100.00%	-0.0007
0.15	-2.998	0.336	-0.128	0.281	0.101	0.025	99.83%	100.00%	-0.0006
0.20	-3.046	0.359	-0.126	0.263	0.095	0.023	99.95%	100.00%	-0.0005
0.25	-2.485	0.288	-0.129	0.239	0.086	0.021	99.85%	100.00%	-0.0004
0.30	-3.814	0.511	-0.132	0.289	0.104	0.026	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-3.845	0.516	-0.135	0.225	0.081	0.020	100.00%	100.00%	-0.0004
0.40	-3.993	0.534	-0.133	0.193	0.069	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
0.46	-4.143	0.538	-0.116	0.220	0.079	0.019	100.00%	100.00%	-0.0004
0.50	-4.419	0.595	-0.123	0.194	0.070	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-4.418	0.565	-0.090	0.181	0.065	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
0.71	-4.597	0.596	-0.088	0.202	0.073	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-4.581	0.613	-0.101	0.161	0.058	0.014	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-4.526	0.599	-0.095	0.180	0.065	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.529	0.598	-0.092	0.182	0.066	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-4.278	0.556	-0.099	0.188	0.068	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
2.00	-4.658	0.618	-0.095	0.192	0.069	0.017	100.00%	100.00%	-0.0003
2.50	-4.189	0.536	-0.088	0.180	0.065	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-4.483	0.563	-0.069	0.176	0.063	0.016	100.00%	99.99%	-0.0002
4.00	-4.224	0.520	-0.073	0.195	0.070	0.017	100.00%	99.98%	-0.0003

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.121	0.239	-0.247	0.298	0.108	0.044	98.10%	100.00%	-0.0010
0.05	-2.950	0.249	-0.236	0.300	0.109	0.045	98.38%	100.00%	-0.0010
0.06	-2.601	0.222	-0.231	0.323	0.117	0.048	96.45%	100.00%	-0.0012
0.07	-2.601	0.222	-0.231	0.323	0.117	0.048	96.45%	100.00%	-0.0012
0.08	-1.896	0.146	-0.218	0.323	0.117	0.048	88.71%	99.99%	-0.0012
0.09	-1.795	0.154	-0.236	0.321	0.116	0.048	90.05%	100.00%	-0.0012
0.10	-1.807	0.167	-0.239	0.315	0.114	0.047	92.08%	100.00%	-0.0011
0.15	-1.959	0.254	-0.281	0.255	0.092	0.038	99.41%	100.00%	-0.0007
0.20	-2.384	0.332	-0.257	0.240	0.087	0.036	99.95%	100.00%	-0.0007
0.25	-2.441	0.355	-0.253	0.263	0.095	0.039	99.94%	100.00%	-0.0008
0.30	-2.658	0.390	-0.243	0.281	0.102	0.042	99.95%	100.00%	-0.0009
0.35	-3.111	0.469	-0.252	0.262	0.095	0.039	100.00%	100.00%	-0.0008
0.40	-3.449	0.524	-0.250	0.241	0.087	0.036	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.708	0.563	-0.241	0.240	0.087	0.036	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-3.889	0.591	-0.232	0.266	0.096	0.040	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-4.076	0.621	-0.234	0.244	0.088	0.036	100.00%	100.00%	-0.0007
0.71	-4.216	0.652	-0.242	0.223	0.081	0.033	100.00%	100.00%	-0.0006
0.83	-4.215	0.641	-0.230	0.198	0.072	0.029	100.00%	100.00%	-0.0004
0.91	-4.125	0.625	-0.229	0.182	0.066	0.027	100.00%	100.00%	-0.0004
1.00	-4.175	0.633	-0.234	0.171	0.062	0.026	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.313	0.638	-0.211	0.200	0.072	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
2.00	-4.245	0.620	-0.194	0.214	0.077	0.032	100.00%	100.00%	-0.0005
2.50	-4.092	0.595	-0.198	0.207	0.075	0.031	100.00%	100.00%	-0.0005
3.33	-3.933	0.543	-0.152	0.212	0.077	0.032	100.00%	100.00%	-0.0005
4.00	-3.833	0.529	-0.166	0.222	0.080	0.033	100.00%	100.00%	-0.0006
Componente vertical									D ₀ = 0.46
0.04	-4.401	0.398	-0.175	0.371	0.134	0.039	99.64%	99.99%	-0.0012
0.05	-3.931	0.349	-0.150	0.380	0.137	0.040	99.06%	99.95%	-0.0013
0.06	-3.551	0.331	-0.173	0.358	0.129	0.037	99.10%	99.99%	-0.0011
0.07	-3.551	0.331	-0.173	0.358	0.129	0.037	99.10%	99.99%	-0.0011
0.08	-3.301	0.319	-0.162	0.341	0.123	0.036	99.15%	99.99%	-0.0010
0.09	-3.323	0.345	-0.168	0.305	0.110	0.032	99.75%	100.00%	-0.0008
0.10	-3.083	0.320	-0.171	0.288	0.104	0.030	99.72%	100.00%	-0.0007
0.15	-3.047	0.333	-0.163	0.274	0.099	0.029	99.86%	100.00%	-0.0007
0.20	-3.026	0.341	-0.155	0.260	0.094	0.027	99.92%	100.00%	-0.0006
0.25	-2.709	0.313	-0.165	0.239	0.086	0.025	99.92%	100.00%	-0.0005
0.30	-3.676	0.474	-0.162	0.272	0.098	0.028	100.00%	100.00%	-0.0006
0.35	-3.755	0.493	-0.168	0.231	0.083	0.024	100.00%	100.00%	-0.0005
0.40	-3.917	0.510	-0.161	0.201	0.072	0.021	100.00%	100.00%	-0.0004
0.46	-4.016	0.512	-0.150	0.202	0.073	0.021	100.00%	100.00%	-0.0004
0.50	-4.153	0.538	-0.147	0.194	0.070	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.59	-4.333	0.546	-0.118	0.178	0.064	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
0.71	-4.465	0.569	-0.114	0.185	0.067	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-4.516	0.594	-0.126	0.156	0.056	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
0.91	-4.402	0.575	-0.122	0.163	0.059	0.017	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.430	0.575	-0.116	0.170	0.061	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
1.54	-4.325	0.556	-0.124	0.157	0.057	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.415	0.572	-0.118	0.172	0.062	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
2.50	-4.191	0.526	-0.104	0.171	0.062	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003
3.33	-4.393	0.546	-0.090	0.165	0.060	0.017	100.00%	100.00%	-0.0002
4.00	-4.153	0.507	-0.092	0.176	0.064	0.018	100.00%	100.00%	-0.0003

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.30
0.04	-3.202	0.240	-0.243	0.279	0.101	0.041	98.65%	100.00%	-0.0010
0.05	-2.947	0.236	-0.238	0.281	0.101	0.041	98.52%	100.00%	-0.0010
0.06	-2.669	0.218	-0.232	0.303	0.109	0.044	97.06%	100.00%	-0.0011
0.07	-2.669	0.218	-0.232	0.303	0.109	0.044	97.06%	100.00%	-0.0011
0.08	-2.050	0.152	-0.217	0.308	0.111	0.045	90.74%	100.00%	-0.0012
0.09	-1.993	0.167	-0.233	0.303	0.110	0.044	92.85%	100.00%	-0.0011
0.10	-2.006	0.178	-0.234	0.299	0.108	0.044	94.29%	100.00%	-0.0011
0.15	-2.132	0.261	-0.273	0.275	0.099	0.040	99.21%	100.00%	-0.0009
0.20	-2.389	0.316	-0.256	0.247	0.089	0.036	99.90%	100.00%	-0.0008
0.25	-2.512	0.346	-0.249	0.257	0.093	0.037	99.94%	100.00%	-0.0008
0.30	-2.777	0.393	-0.240	0.271	0.098	0.040	99.97%	100.00%	-0.0009
0.35	-3.196	0.467	-0.251	0.250	0.090	0.037	100.00%	100.00%	-0.0008
0.40	-3.473	0.512	-0.247	0.239	0.086	0.035	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.693	0.547	-0.243	0.231	0.083	0.034	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-3.808	0.563	-0.234	0.250	0.090	0.037	100.00%	100.00%	-0.0008
0.59	-3.904	0.581	-0.234	0.231	0.083	0.034	100.00%	100.00%	-0.0007
0.71	-4.113	0.619	-0.237	0.211	0.076	0.031	100.00%	100.00%	-0.0005
0.83	-4.064	0.606	-0.230	0.192	0.069	0.028	100.00%	100.00%	-0.0005
0.91	-4.071	0.606	-0.229	0.176	0.064	0.026	100.00%	100.00%	-0.0004
1.00	-4.112	0.611	-0.229	0.172	0.062	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
1.54	-4.220	0.615	-0.210	0.195	0.070	0.028	100.00%	100.00%	-0.0005
2.00	-4.278	0.622	-0.204	0.196	0.071	0.029	100.00%	100.00%	-0.0005
2.50	-4.120	0.594	-0.200	0.203	0.073	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
3.33	-3.923	0.542	-0.167	0.207	0.075	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
4.00	-3.834	0.528	-0.174	0.206	0.074	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
Componente vertical									D ₀ = 0.41
0.04	-4.403	0.383	-0.190	0.354	0.128	0.041	99.66%	99.99%	-0.0012
0.05	-4.079	0.359	-0.173	0.358	0.129	0.042	99.44%	99.98%	-0.0013
0.06	-3.694	0.338	-0.193	0.328	0.119	0.038	99.52%	100.00%	-0.0011
0.07	-3.694	0.338	-0.193	0.328	0.119	0.038	99.52%	100.00%	-0.0011
0.08	-3.370	0.313	-0.182	0.314	0.113	0.037	99.41%	100.00%	-0.0010
0.09	-3.319	0.328	-0.191	0.293	0.106	0.034	99.73%	100.00%	-0.0008
0.10	-3.187	0.317	-0.190	0.290	0.105	0.034	99.68%	100.00%	-0.0008
0.15	-3.146	0.337	-0.191	0.273	0.098	0.032	99.87%	100.00%	-0.0007
0.20	-2.978	0.321	-0.180	0.258	0.093	0.030	99.88%	100.00%	-0.0007
0.25	-2.872	0.322	-0.185	0.230	0.083	0.027	99.96%	100.00%	-0.0005
0.30	-3.526	0.432	-0.179	0.251	0.091	0.029	99.99%	100.00%	-0.0006
0.35	-3.677	0.466	-0.190	0.235	0.085	0.027	100.00%	100.00%	-0.0005
0.40	-3.821	0.481	-0.180	0.201	0.073	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
0.46	-3.900	0.485	-0.171	0.191	0.069	0.022	100.00%	100.00%	-0.0004
0.50	-4.008	0.499	-0.161	0.196	0.071	0.023	100.00%	100.00%	-0.0004
0.59	-4.158	0.513	-0.143	0.173	0.063	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.71	-4.282	0.535	-0.139	0.173	0.062	0.020	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-4.400	0.568	-0.149	0.161	0.058	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-4.210	0.536	-0.142	0.156	0.056	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
1.00	-4.252	0.540	-0.138	0.152	0.055	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-4.307	0.546	-0.141	0.137	0.049	0.016	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.354	0.557	-0.139	0.150	0.054	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
2.50	-4.296	0.534	-0.118	0.154	0.056	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-4.355	0.535	-0.106	0.161	0.058	0.019	100.00%	100.00%	-0.0003
4.00	-4.170	0.505	-0.109	0.152	0.055	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Roca. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.27
0.04	-3.250	0.237	-0.259	0.271	0.098	0.042	98.78%	100.00%	-0.0010
0.05	-3.009	0.233	-0.255	0.275	0.099	0.043	98.55%	100.00%	-0.0010
0.06	-2.717	0.212	-0.251	0.281	0.102	0.044	97.53%	100.00%	-0.0010
0.07	-2.717	0.212	-0.251	0.281	0.102	0.044	97.53%	100.00%	-0.0010
0.08	-2.195	0.164	-0.246	0.291	0.105	0.045	93.28%	100.00%	-0.0011
0.09	-2.143	0.175	-0.256	0.284	0.103	0.044	94.87%	100.00%	-0.0011
0.10	-2.148	0.186	-0.260	0.280	0.101	0.043	96.02%	100.00%	-0.0010
0.15	-2.205	0.250	-0.286	0.272	0.098	0.042	99.07%	100.00%	-0.0010
0.20	-2.438	0.307	-0.279	0.254	0.092	0.039	99.85%	100.00%	-0.0008
0.25	-2.597	0.342	-0.270	0.245	0.088	0.038	99.96%	100.00%	-0.0008
0.30	-2.845	0.388	-0.265	0.248	0.089	0.038	99.99%	100.00%	-0.0008
0.35	-3.141	0.443	-0.271	0.237	0.086	0.037	100.00%	100.00%	-0.0007
0.40	-3.388	0.483	-0.267	0.232	0.084	0.036	100.00%	100.00%	-0.0007
0.46	-3.513	0.505	-0.265	0.232	0.084	0.036	100.00%	100.00%	-0.0007
0.50	-3.604	0.519	-0.259	0.238	0.086	0.037	100.00%	100.00%	-0.0007
0.59	-3.686	0.533	-0.254	0.222	0.080	0.034	100.00%	100.00%	-0.0006
0.71	-3.807	0.555	-0.253	0.200	0.072	0.031	100.00%	100.00%	-0.0005
0.83	-3.837	0.559	-0.250	0.190	0.068	0.029	100.00%	100.00%	-0.0005
0.91	-3.883	0.565	-0.248	0.179	0.064	0.028	100.00%	100.00%	-0.0004
1.00	-3.933	0.571	-0.246	0.173	0.063	0.027	100.00%	100.00%	-0.0004
1.54	-4.005	0.573	-0.228	0.185	0.067	0.029	100.00%	100.00%	-0.0004
2.00	-4.194	0.603	-0.223	0.191	0.069	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
2.50	-4.110	0.588	-0.217	0.196	0.071	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
3.33	-3.858	0.536	-0.200	0.201	0.072	0.031	100.00%	100.00%	-0.0005
4.00	-3.792	0.524	-0.199	0.196	0.071	0.030	100.00%	100.00%	-0.0005
Componente vertical									D ₀ = 0.31
0.04	-4.378	0.366	-0.230	0.327	0.118	0.047	99.73%	100.00%	-0.0013
0.05	-4.129	0.358	-0.226	0.325	0.117	0.047	99.70%	100.00%	-0.0013
0.06	-3.865	0.345	-0.234	0.299	0.108	0.043	99.78%	100.00%	-0.0011
0.07	-3.865	0.345	-0.234	0.299	0.108	0.043	99.78%	100.00%	-0.0011
0.08	-3.493	0.318	-0.230	0.278	0.100	0.040	99.77%	100.00%	-0.0009
0.09	-3.390	0.320	-0.236	0.281	0.101	0.040	99.76%	100.00%	-0.0009
0.10	-3.287	0.313	-0.235	0.285	0.103	0.041	99.69%	100.00%	-0.0010
0.15	-3.213	0.327	-0.229	0.269	0.097	0.039	99.85%	100.00%	-0.0009
0.20	-3.022	0.308	-0.217	0.250	0.090	0.036	99.87%	100.00%	-0.0008
0.25	-3.056	0.330	-0.225	0.227	0.082	0.032	99.97%	100.00%	-0.0006
0.30	-3.415	0.393	-0.218	0.233	0.084	0.033	99.99%	100.00%	-0.0007
0.35	-3.600	0.432	-0.226	0.218	0.079	0.031	100.00%	100.00%	-0.0006
0.40	-3.687	0.447	-0.223	0.194	0.070	0.028	100.00%	100.00%	-0.0005
0.46	-3.823	0.463	-0.211	0.180	0.065	0.026	100.00%	100.00%	-0.0004
0.50	-3.887	0.470	-0.202	0.175	0.063	0.025	100.00%	100.00%	-0.0004
0.59	-3.981	0.480	-0.189	0.168	0.060	0.024	100.00%	100.00%	-0.0003
0.71	-4.149	0.511	-0.189	0.163	0.059	0.023	100.00%	100.00%	-0.0003
0.83	-4.152	0.521	-0.194	0.154	0.055	0.022	100.00%	100.00%	-0.0003
0.91	-4.039	0.501	-0.188	0.147	0.053	0.021	100.00%	100.00%	-0.0003
1.00	-4.008	0.494	-0.182	0.142	0.051	0.020	100.00%	100.00%	-0.0002
1.54	-4.218	0.523	-0.173	0.123	0.045	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-4.317	0.542	-0.173	0.126	0.045	0.018	100.00%	100.00%	-0.0002
2.50	-4.309	0.532	-0.155	0.135	0.049	0.019	100.00%	100.00%	-0.0002
3.33	-4.232	0.514	-0.145	0.141	0.051	0.020	100.00%	100.00%	-0.0002
4.00	-4.216	0.511	-0.145	0.138	0.050	0.020	100.00%	100.00%	-0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 3.44
0.04	-2.099	0.472	0.851	0.435	0.110	0.135	99.99%	100.00%	0.0054
0.05	-1.827	0.443	0.827	0.420	0.107	0.130	99.99%	100.00%	0.0050
0.06	-1.653	0.429	0.904	0.429	0.109	0.133	99.98%	100.00%	0.0052
0.07	-1.653	0.429	0.904	0.429	0.109	0.133	99.98%	100.00%	0.0052
0.08	-1.243	0.376	0.886	0.369	0.094	0.115	99.99%	100.00%	0.0039
0.09	-0.985	0.339	0.802	0.367	0.093	0.114	99.96%	100.00%	0.0038
0.10	-1.057	0.360	0.807	0.386	0.098	0.120	99.97%	100.00%	0.0042
0.15	-1.399	0.433	0.801	0.366	0.093	0.113	100.00%	100.00%	0.0038
0.20	-1.235	0.394	0.666	0.320	0.081	0.099	100.00%	100.00%	0.0029
0.25	-1.717	0.467	0.660	0.330	0.084	0.102	100.00%	100.00%	0.0031
0.30	-1.446	0.415	0.624	0.346	0.088	0.107	100.00%	100.00%	0.0034
0.35	-1.523	0.424	0.630	0.356	0.090	0.111	100.00%	100.00%	0.0036
0.40	-1.812	0.469	0.669	0.411	0.104	0.128	100.00%	100.00%	0.0048
0.46	-2.624	0.599	0.674	0.373	0.095	0.116	100.00%	100.00%	0.0040
0.50	-2.720	0.599	0.629	0.368	0.093	0.114	100.00%	100.00%	0.0039
0.59	-3.245	0.668	0.639	0.342	0.087	0.106	100.00%	100.00%	0.0033
0.71	-3.447	0.676	0.545	0.359	0.091	0.111	100.00%	100.00%	0.0037
0.83	-3.417	0.653	0.580	0.357	0.091	0.111	100.00%	100.00%	0.0036
0.91	-3.844	0.718	0.602	0.341	0.087	0.106	100.00%	100.00%	0.0033
1.00	-3.729	0.689	0.599	0.317	0.080	0.098	100.00%	100.00%	0.0029
1.54	-4.285	0.735	0.633	0.292	0.074	0.090	100.00%	100.00%	0.0024
2.00	-4.215	0.695	0.593	0.269	0.068	0.083	100.00%	100.00%	0.0021
2.50	-4.382	0.690	0.584	0.236	0.060	0.073	100.00%	100.00%	0.0016
3.33	-4.644	0.683	0.483	0.273	0.069	0.085	100.00%	100.00%	0.0021
4.00	-4.493	0.623	0.408	0.279	0.071	0.087	100.00%	100.00%	0.0022
Componente vertical									D ₀ = 2.44
0.04	-2.740	0.604	0.657	0.482	0.122	0.090	100.00%	100.00%	0.0040
0.05	-2.482	0.592	0.696	0.466	0.118	0.087	100.00%	100.00%	0.0037
0.06	-2.008	0.519	0.679	0.460	0.117	0.086	100.00%	100.00%	0.0036
0.07	-2.008	0.519	0.679	0.460	0.117	0.086	100.00%	100.00%	0.0036
0.08	-2.670	0.628	0.628	0.403	0.102	0.076	100.00%	100.00%	0.0028
0.09	-1.936	0.509	0.622	0.435	0.110	0.082	100.00%	100.00%	0.0033
0.10	-2.317	0.562	0.580	0.399	0.101	0.075	100.00%	100.00%	0.0028
0.15	-2.446	0.566	0.507	0.385	0.098	0.072	100.00%	100.00%	0.0026
0.20	-1.685	0.426	0.454	0.381	0.097	0.072	100.00%	100.00%	0.0025
0.25	-1.908	0.456	0.462	0.349	0.089	0.066	100.00%	100.00%	0.0021
0.30	-2.408	0.534	0.485	0.361	0.092	0.068	100.00%	100.00%	0.0022
0.35	-2.060	0.461	0.421	0.293	0.074	0.055	100.00%	100.00%	0.0015
0.40	-2.152	0.476	0.460	0.344	0.087	0.064	100.00%	100.00%	0.0020
0.46	-2.309	0.489	0.428	0.337	0.085	0.063	100.00%	100.00%	0.0020
0.50	-2.816	0.569	0.447	0.367	0.093	0.069	100.00%	100.00%	0.0023
0.59	-3.023	0.573	0.352	0.325	0.083	0.061	100.00%	100.00%	0.0018
0.71	-3.597	0.646	0.368	0.330	0.084	0.062	100.00%	100.00%	0.0019
0.83	-3.303	0.581	0.315	0.338	0.086	0.063	100.00%	100.00%	0.0020
0.91	-2.969	0.525	0.338	0.359	0.091	0.067	100.00%	100.00%	0.0022
1.00	-3.467	0.589	0.301	0.308	0.078	0.058	100.00%	100.00%	0.0016
1.54	-3.926	0.621	0.279	0.317	0.080	0.059	100.00%	100.00%	0.0017
2.00	-3.388	0.509	0.258	0.291	0.074	0.055	100.00%	100.00%	0.0015
2.50	-3.694	0.549	0.320	0.309	0.078	0.058	100.00%	100.00%	0.0017
3.33	-4.339	0.608	0.260	0.295	0.075	0.055	100.00%	100.00%	0.0015
4.00	-4.092	0.522	0.198	0.293	0.074	0.055	100.00%	99.96%	0.0015

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 5.65
0.04	-1.849	0.338	1.269	0.233	0.059	0.137	100.00%	100.00%	0.0029
0.05	-1.599	0.304	1.309	0.228	0.058	0.133	100.00%	100.00%	0.0028
0.06	-1.490	0.296	1.292	0.238	0.060	0.139	100.00%	100.00%	0.0030
0.07	-1.490	0.296	1.292	0.238	0.060	0.139	100.00%	100.00%	0.0030
0.08	-1.256	0.271	1.340	0.241	0.061	0.141	100.00%	100.00%	0.0031
0.09	-1.079	0.249	1.299	0.229	0.058	0.134	99.99%	100.00%	0.0028
0.10	-1.167	0.270	1.324	0.263	0.067	0.154	99.99%	100.00%	0.0037
0.15	-1.312	0.315	1.276	0.278	0.070	0.163	100.00%	100.00%	0.0041
0.20	-1.341	0.320	1.200	0.259	0.066	0.152	100.00%	100.00%	0.0036
0.25	-1.686	0.371	1.222	0.260	0.066	0.152	100.00%	100.00%	0.0036
0.30	-1.420	0.326	1.106	0.277	0.070	0.162	100.00%	100.00%	0.0041
0.35	-1.478	0.333	1.042	0.315	0.080	0.184	99.99%	100.00%	0.0053
0.40	-1.923	0.401	1.174	0.347	0.088	0.203	100.00%	100.00%	0.0064
0.46	-2.400	0.474	1.103	0.341	0.086	0.200	100.00%	100.00%	0.0062
0.50	-2.761	0.527	1.084	0.324	0.082	0.190	100.00%	100.00%	0.0056
0.59	-3.166	0.576	1.110	0.297	0.075	0.174	100.00%	100.00%	0.0047
0.71	-3.383	0.595	0.969	0.326	0.083	0.191	100.00%	100.00%	0.0057
0.83	-3.493	0.597	0.941	0.312	0.079	0.183	100.00%	100.00%	0.0052
0.91	-3.912	0.657	1.014	0.299	0.076	0.175	100.00%	100.00%	0.0048
1.00	-4.044	0.667	1.008	0.281	0.071	0.164	100.00%	100.00%	0.0042
1.54	-4.506	0.697	1.147	0.270	0.068	0.158	100.00%	100.00%	0.0039
2.00	-4.422	0.660	1.065	0.263	0.067	0.154	100.00%	100.00%	0.0037
2.50	-4.733	0.682	1.079	0.240	0.061	0.141	100.00%	100.00%	0.0031
3.33	-4.751	0.647	0.870	0.269	0.068	0.158	100.00%	100.00%	0.0039
4.00	-4.629	0.597	0.759	0.275	0.070	0.161	100.00%	100.00%	0.0040
Componente vertical									D ₀ = 1.22
0.04	-1.823	0.427	0.094	0.307	0.078	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.05	-1.896	0.464	0.100	0.313	0.079	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-1.687	0.434	0.097	0.300	0.076	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.07	-1.687	0.434	0.097	0.300	0.076	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.08	-1.799	0.462	0.094	0.286	0.072	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.421	0.405	0.092	0.292	0.074	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.594	0.426	0.091	0.268	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-1.687	0.423	0.076	0.268	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-1.245	0.340	0.071	0.297	0.075	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-1.453	0.369	0.070	0.250	0.063	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-1.778	0.412	0.070	0.252	0.064	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-1.868	0.419	0.069	0.239	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-1.824	0.417	0.072	0.259	0.066	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-2.042	0.439	0.068	0.266	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-2.384	0.486	0.065	0.271	0.069	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-2.656	0.507	0.059	0.264	0.067	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.112	0.560	0.055	0.275	0.070	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.063	0.535	0.050	0.277	0.070	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-2.926	0.510	0.052	0.282	0.072	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.120	0.525	0.047	0.269	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.626	0.563	0.042	0.283	0.072	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.341	0.495	0.039	0.277	0.070	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.456	0.507	0.048	0.289	0.073	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-4.056	0.560	0.040	0.290	0.074	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.922	0.494	0.033	0.279	0.071	0.009	100.00%	99.98%	0.0002

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.82
0.04	-1.711	0.333	1.037	0.230	0.058	0.111	100.00%	100.00%	0.0023
0.05	-1.540	0.312	1.057	0.223	0.057	0.107	100.00%	100.00%	0.0022
0.06	-1.419	0.298	1.049	0.227	0.058	0.109	100.00%	100.00%	0.0023
0.07	-1.419	0.298	1.049	0.227	0.058	0.109	100.00%	100.00%	0.0023
0.08	-1.249	0.282	1.077	0.237	0.060	0.114	100.00%	100.00%	0.0025
0.09	-1.146	0.270	1.070	0.233	0.059	0.112	100.00%	100.00%	0.0024
0.10	-1.079	0.263	1.074	0.255	0.065	0.122	99.99%	100.00%	0.0028
0.15	-1.177	0.298	1.047	0.278	0.070	0.134	99.99%	100.00%	0.0034
0.20	-1.299	0.315	1.018	0.258	0.065	0.124	100.00%	100.00%	0.0029
0.25	-1.597	0.362	1.042	0.253	0.064	0.122	100.00%	100.00%	0.0028
0.30	-1.395	0.324	0.950	0.282	0.071	0.136	100.00%	100.00%	0.0035
0.35	-1.518	0.340	0.924	0.321	0.081	0.154	99.99%	100.00%	0.0045
0.40	-1.854	0.392	0.983	0.336	0.085	0.161	100.00%	100.00%	0.0049
0.46	-2.278	0.456	0.939	0.339	0.086	0.163	100.00%	100.00%	0.0050
0.50	-2.590	0.501	0.926	0.317	0.080	0.153	100.00%	100.00%	0.0044
0.59	-2.989	0.551	0.920	0.304	0.077	0.146	100.00%	100.00%	0.0041
0.71	-3.300	0.582	0.863	0.319	0.081	0.153	100.00%	100.00%	0.0045
0.83	-3.506	0.601	0.831	0.311	0.079	0.150	100.00%	100.00%	0.0043
0.91	-3.751	0.633	0.861	0.296	0.075	0.143	100.00%	100.00%	0.0039
1.00	-3.941	0.652	0.871	0.281	0.071	0.135	100.00%	100.00%	0.0035
1.54	-4.433	0.692	0.990	0.262	0.067	0.126	100.00%	100.00%	0.0030
2.00	-4.425	0.666	0.935	0.252	0.064	0.121	100.00%	100.00%	0.0028
2.50	-4.686	0.682	0.933	0.240	0.061	0.115	100.00%	100.00%	0.0025
3.33	-4.614	0.630	0.766	0.255	0.065	0.123	100.00%	100.00%	0.0029
4.00	-4.621	0.601	0.699	0.270	0.068	0.130	100.00%	100.00%	0.0032
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-1.841	0.414	0.066	0.288	0.073	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-1.873	0.438	0.069	0.299	0.076	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-1.872	0.445	0.069	0.290	0.074	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.872	0.445	0.069	0.290	0.074	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.703	0.424	0.067	0.280	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.522	0.401	0.067	0.282	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.708	0.425	0.065	0.266	0.068	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-1.676	0.401	0.056	0.261	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-1.381	0.343	0.052	0.283	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.548	0.367	0.051	0.264	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-1.789	0.397	0.052	0.255	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-1.979	0.424	0.053	0.238	0.061	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-1.882	0.408	0.053	0.251	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.46	-2.141	0.439	0.051	0.268	0.068	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.50	-2.373	0.467	0.048	0.264	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-2.601	0.486	0.045	0.261	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-3.013	0.532	0.042	0.269	0.068	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.110	0.532	0.039	0.272	0.069	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.148	0.533	0.040	0.272	0.069	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.188	0.526	0.037	0.268	0.068	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.628	0.554	0.033	0.282	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.535	0.517	0.031	0.279	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.615	0.522	0.036	0.282	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-4.063	0.555	0.032	0.279	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.022	0.509	0.028	0.261	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 4.13
0.04	-1.590	0.329	0.854	0.229	0.058	0.090	100.00%	100.00%	0.0019
0.05	-1.459	0.312	0.863	0.222	0.056	0.088	100.00%	100.00%	0.0018
0.06	-1.375	0.303	0.858	0.225	0.057	0.089	100.00%	100.00%	0.0018
0.07	-1.375	0.303	0.858	0.225	0.057	0.089	100.00%	100.00%	0.0018
0.08	-1.221	0.287	0.869	0.233	0.059	0.092	100.00%	100.00%	0.0020
0.09	-1.141	0.278	0.874	0.237	0.060	0.094	100.00%	100.00%	0.0020
0.10	-1.093	0.273	0.874	0.247	0.063	0.098	100.00%	100.00%	0.0022
0.15	-1.149	0.295	0.856	0.268	0.068	0.106	100.00%	100.00%	0.0026
0.20	-1.304	0.318	0.837	0.255	0.065	0.101	100.00%	100.00%	0.0024
0.25	-1.489	0.345	0.848	0.256	0.065	0.101	100.00%	100.00%	0.0024
0.30	-1.454	0.334	0.803	0.290	0.073	0.114	100.00%	100.00%	0.0030
0.35	-1.565	0.347	0.790	0.317	0.080	0.125	100.00%	100.00%	0.0036
0.40	-1.875	0.395	0.803	0.327	0.083	0.129	100.00%	100.00%	0.0039
0.46	-2.242	0.449	0.789	0.327	0.083	0.129	100.00%	100.00%	0.0039
0.50	-2.508	0.487	0.783	0.315	0.080	0.124	100.00%	100.00%	0.0036
0.59	-2.856	0.529	0.771	0.307	0.078	0.121	100.00%	100.00%	0.0034
0.71	-3.155	0.560	0.748	0.306	0.077	0.121	100.00%	100.00%	0.0034
0.83	-3.424	0.589	0.733	0.304	0.077	0.120	100.00%	100.00%	0.0033
0.91	-3.574	0.605	0.741	0.297	0.075	0.117	100.00%	100.00%	0.0032
1.00	-3.770	0.627	0.758	0.289	0.073	0.114	100.00%	100.00%	0.0030
1.54	-4.346	0.684	0.839	0.257	0.065	0.101	100.00%	100.00%	0.0024
2.00	-4.404	0.668	0.820	0.246	0.062	0.097	100.00%	100.00%	0.0022
2.50	-4.535	0.665	0.798	0.230	0.058	0.091	100.00%	100.00%	0.0019
3.33	-4.487	0.617	0.687	0.240	0.061	0.095	100.00%	100.00%	0.0021
4.00	-4.504	0.593	0.662	0.260	0.066	0.103	100.00%	100.00%	0.0024
Componente vertical									D ₀ = 1.16
0.04	-1.876	0.410	0.064	0.278	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-1.920	0.428	0.066	0.286	0.073	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-1.897	0.432	0.066	0.275	0.070	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.897	0.432	0.066	0.275	0.070	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.688	0.403	0.065	0.272	0.069	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.631	0.399	0.065	0.270	0.069	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.731	0.408	0.063	0.264	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-1.733	0.391	0.055	0.261	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-1.539	0.353	0.053	0.273	0.069	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.690	0.373	0.052	0.266	0.068	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-1.895	0.398	0.052	0.256	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-2.116	0.432	0.053	0.236	0.060	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-2.109	0.425	0.052	0.246	0.062	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.46	-2.252	0.441	0.051	0.255	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.50	-2.429	0.460	0.049	0.256	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-2.617	0.475	0.046	0.254	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-2.892	0.498	0.043	0.262	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.150	0.526	0.041	0.261	0.066	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.91	-3.231	0.532	0.040	0.266	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.275	0.529	0.039	0.264	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-3.613	0.543	0.035	0.282	0.072	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.639	0.527	0.034	0.275	0.070	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.744	0.531	0.037	0.277	0.070	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-4.081	0.548	0.033	0.263	0.067	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-4.103	0.522	0.032	0.238	0.061	0.005	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b_0	b_1	b_2	s^2	S.E.(b_1)	S.E.(b_2)	Signif. b_1	Signif. b_2	cov (b_1, b_2)
Resultante horizontal									$D_0= 3.77$
0.04	-1.517	0.324	0.760	0.230	0.058	0.081	100.00%	100.00%	0.0017
0.05	-1.429	0.313	0.763	0.225	0.057	0.079	100.00%	100.00%	0.0016
0.06	-1.368	0.306	0.764	0.225	0.057	0.079	100.00%	100.00%	0.0016
0.07	-1.368	0.306	0.764	0.225	0.057	0.079	100.00%	100.00%	0.0016
0.08	-1.251	0.293	0.767	0.232	0.059	0.081	100.00%	100.00%	0.0017
0.09	-1.197	0.287	0.768	0.238	0.060	0.083	100.00%	100.00%	0.0018
0.10	-1.169	0.284	0.768	0.243	0.062	0.085	100.00%	100.00%	0.0019
0.15	-1.235	0.301	0.755	0.257	0.065	0.090	100.00%	100.00%	0.0021
0.20	-1.350	0.318	0.750	0.253	0.064	0.089	100.00%	100.00%	0.0021
0.25	-1.462	0.333	0.748	0.266	0.067	0.093	100.00%	100.00%	0.0023
0.30	-1.555	0.342	0.725	0.290	0.074	0.102	100.00%	100.00%	0.0027
0.35	-1.697	0.361	0.718	0.306	0.078	0.107	100.00%	100.00%	0.0030
0.40	-1.964	0.400	0.721	0.313	0.079	0.110	100.00%	100.00%	0.0032
0.46	-2.254	0.441	0.719	0.312	0.079	0.109	100.00%	100.00%	0.0031
0.50	-2.421	0.463	0.715	0.305	0.077	0.107	100.00%	100.00%	0.0030
0.59	-2.699	0.496	0.712	0.300	0.076	0.105	100.00%	100.00%	0.0029
0.71	-2.987	0.527	0.694	0.297	0.075	0.104	100.00%	100.00%	0.0028
0.83	-3.243	0.556	0.699	0.292	0.074	0.102	100.00%	100.00%	0.0027
0.91	-3.396	0.573	0.708	0.290	0.074	0.102	100.00%	100.00%	0.0027
1.00	-3.545	0.589	0.710	0.282	0.072	0.099	100.00%	100.00%	0.0026
1.54	-4.052	0.639	0.775	0.257	0.065	0.090	100.00%	100.00%	0.0021
2.00	-4.170	0.635	0.768	0.244	0.062	0.085	100.00%	100.00%	0.0019
2.50	-4.269	0.629	0.746	0.230	0.058	0.081	100.00%	100.00%	0.0017
3.33	-4.270	0.597	0.699	0.231	0.059	0.081	100.00%	100.00%	0.0017
4.00	-4.240	0.570	0.681	0.242	0.061	0.085	100.00%	100.00%	0.0019
Componente vertical									$D_0= 1.21$
0.04	-1.897	0.404	0.081	0.267	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-1.920	0.414	0.083	0.271	0.069	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-1.907	0.417	0.083	0.269	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-1.907	0.417	0.083	0.269	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-1.830	0.406	0.081	0.266	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-1.818	0.404	0.080	0.266	0.068	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-1.869	0.408	0.078	0.263	0.067	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-1.863	0.397	0.073	0.250	0.063	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-1.717	0.366	0.070	0.261	0.066	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-1.849	0.380	0.069	0.264	0.067	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-2.092	0.414	0.069	0.249	0.063	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-2.265	0.438	0.068	0.231	0.059	0.007	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-2.273	0.433	0.068	0.235	0.060	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-2.339	0.437	0.066	0.241	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-2.436	0.445	0.065	0.248	0.063	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-2.596	0.457	0.062	0.251	0.064	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-2.775	0.466	0.057	0.252	0.064	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.047	0.496	0.055	0.253	0.064	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.137	0.503	0.054	0.259	0.066	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.176	0.502	0.053	0.258	0.065	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.553	0.529	0.050	0.280	0.071	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.654	0.527	0.051	0.270	0.069	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.771	0.530	0.051	0.260	0.066	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.893	0.517	0.047	0.240	0.061	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-4.004	0.514	0.048	0.219	0.055	0.006	100.00%	100.00%	0.0001

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.90
0.04	-3.819	0.403	-0.027	0.338	0.086	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.05	-3.520	0.398	-0.028	0.322	0.082	0.005	100.00%	100.00%	-0.0001
0.06	-3.067	0.368	-0.033	0.337	0.086	0.005	99.99%	100.00%	-0.0002
0.07	-3.067	0.368	-0.033	0.337	0.086	0.005	99.99%	100.00%	-0.0002
0.08	-2.489	0.314	-0.033	0.284	0.072	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.09	-2.211	0.275	-0.028	0.279	0.071	0.004	99.98%	100.00%	-0.0001
0.10	-2.237	0.299	-0.029	0.300	0.076	0.004	99.98%	100.00%	-0.0001
0.15	-2.415	0.380	-0.030	0.300	0.076	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.20	-2.206	0.345	-0.024	0.256	0.065	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.25	-2.625	0.426	-0.025	0.250	0.063	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.30	-2.249	0.366	-0.023	0.276	0.070	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.35	-2.295	0.381	-0.024	0.296	0.075	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.40	-2.491	0.429	-0.026	0.376	0.095	0.005	100.00%	100.00%	-0.0002
0.46	-3.236	0.559	-0.027	0.307	0.078	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.50	-3.295	0.558	-0.026	0.325	0.083	0.005	100.00%	100.00%	-0.0001
0.59	-3.700	0.622	-0.026	0.283	0.072	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.71	-3.864	0.631	-0.022	0.317	0.081	0.005	100.00%	100.00%	-0.0001
0.83	-3.696	0.602	-0.024	0.302	0.077	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
0.91	-4.092	0.671	-0.026	0.292	0.074	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
1.00	-3.949	0.642	-0.025	0.290	0.074	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
1.54	-4.260	0.694	-0.029	0.262	0.067	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
2.00	-4.102	0.658	-0.027	0.246	0.062	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
2.50	-3.912	0.618	-0.028	0.225	0.057	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-3.957	0.610	-0.026	0.233	0.059	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-3.739	0.565	-0.026	0.254	0.064	0.004	100.00%	100.00%	-0.0001
Componente vertical									D ₀ = 1.07
0.04	-4.515	0.552	0.028	0.406	0.103	0.004	100.00%	100.00%	0.0002
0.05	-4.161	0.545	0.030	0.391	0.099	0.004	100.00%	100.00%	0.0001
0.06	-3.509	0.461	0.030	0.337	0.086	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.07	-3.509	0.461	0.030	0.337	0.086	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.08	-4.108	0.575	0.028	0.327	0.083	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.09	-3.307	0.455	0.027	0.305	0.077	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.10	-3.713	0.517	0.025	0.299	0.076	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.15	-3.634	0.514	0.022	0.315	0.080	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-2.850	0.388	0.020	0.331	0.084	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.25	-2.967	0.418	0.020	0.268	0.068	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-3.370	0.496	0.022	0.275	0.070	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-3.004	0.426	0.019	0.229	0.058	0.002	100.00%	100.00%	0.0000
0.40	-2.988	0.438	0.021	0.279	0.071	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.46	-3.101	0.453	0.020	0.277	0.070	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.50	-3.583	0.536	0.021	0.293	0.074	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-3.706	0.534	0.016	0.238	0.060	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-4.137	0.601	0.017	0.277	0.070	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.779	0.531	0.014	0.286	0.073	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
0.91	-3.537	0.499	0.016	0.298	0.076	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.994	0.565	0.014	0.269	0.068	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-4.222	0.590	0.014	0.285	0.072	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.00	-3.721	0.507	0.013	0.256	0.065	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.754	0.522	0.017	0.289	0.073	0.003	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-4.190	0.575	0.014	0.239	0.061	0.002	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.730	0.488	0.014	0.203	0.051	0.002	100.00%	100.00%	0.0000

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.29
0.04	-3.830	0.320	0.375	0.295	0.075	0.050	99.99%	100.00%	0.0014
0.05	-3.464	0.309	0.400	0.297	0.075	0.050	99.99%	100.00%	0.0014
0.06	-3.171	0.294	0.394	0.288	0.073	0.049	99.99%	100.00%	0.0013
0.07	-3.171	0.294	0.394	0.288	0.073	0.049	99.99%	100.00%	0.0013
0.08	-2.660	0.258	0.404	0.278	0.071	0.047	99.96%	100.00%	0.0012
0.09	-2.333	0.221	0.381	0.270	0.068	0.046	99.88%	100.00%	0.0011
0.10	-2.331	0.236	0.380	0.296	0.075	0.050	99.84%	100.00%	0.0014
0.15	-2.397	0.305	0.372	0.288	0.073	0.049	99.99%	100.00%	0.0013
0.20	-2.298	0.305	0.345	0.270	0.069	0.046	100.00%	100.00%	0.0011
0.25	-2.532	0.359	0.359	0.256	0.065	0.043	100.00%	100.00%	0.0010
0.30	-2.239	0.315	0.317	0.269	0.068	0.045	100.00%	100.00%	0.0011
0.35	-2.290	0.327	0.304	0.312	0.079	0.053	99.99%	100.00%	0.0015
0.40	-2.532	0.383	0.344	0.338	0.086	0.057	100.00%	100.00%	0.0018
0.46	-2.973	0.457	0.327	0.331	0.084	0.056	100.00%	100.00%	0.0017
0.50	-3.243	0.502	0.325	0.313	0.079	0.053	100.00%	100.00%	0.0015
0.59	-3.505	0.543	0.330	0.289	0.073	0.049	100.00%	100.00%	0.0013
0.71	-3.723	0.569	0.293	0.309	0.078	0.052	100.00%	100.00%	0.0015
0.83	-3.707	0.562	0.289	0.295	0.075	0.050	100.00%	100.00%	0.0014
0.91	-3.975	0.608	0.309	0.288	0.073	0.049	100.00%	100.00%	0.0013
1.00	-3.979	0.605	0.307	0.281	0.071	0.047	100.00%	100.00%	0.0012
1.54	-4.300	0.661	0.359	0.257	0.065	0.043	100.00%	100.00%	0.0010
2.00	-4.145	0.627	0.337	0.241	0.061	0.041	100.00%	100.00%	0.0009
2.50	-3.998	0.600	0.350	0.223	0.057	0.038	100.00%	100.00%	0.0008
3.33	-4.007	0.590	0.319	0.230	0.058	0.039	100.00%	100.00%	0.0008
4.00	-3.862	0.558	0.314	0.250	0.064	0.042	100.00%	100.00%	0.0010
Componente vertical									D ₀ = 1.14
0.04	-4.336	0.467	0.068	0.377	0.096	0.007	100.00%	100.00%	0.0003
0.05	-4.148	0.487	0.071	0.359	0.091	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.06	-3.801	0.448	0.066	0.334	0.085	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-3.801	0.448	0.066	0.334	0.085	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-3.816	0.482	0.064	0.310	0.079	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-3.287	0.409	0.062	0.311	0.079	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-3.376	0.421	0.060	0.290	0.074	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-3.332	0.429	0.051	0.270	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.20	-2.723	0.336	0.047	0.306	0.078	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-2.861	0.371	0.045	0.260	0.066	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.30	-3.119	0.416	0.045	0.259	0.066	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.35	-3.061	0.407	0.043	0.244	0.062	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.40	-3.032	0.422	0.047	0.261	0.066	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.46	-3.075	0.425	0.044	0.281	0.071	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.50	-3.397	0.474	0.042	0.269	0.068	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-3.476	0.481	0.039	0.253	0.064	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-3.789	0.525	0.037	0.273	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.705	0.507	0.034	0.264	0.067	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
0.91	-3.614	0.496	0.036	0.273	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.835	0.524	0.033	0.262	0.067	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-4.051	0.548	0.029	0.268	0.068	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
2.00	-3.780	0.509	0.030	0.257	0.065	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.743	0.505	0.033	0.271	0.069	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
3.33	-4.011	0.538	0.029	0.237	0.060	0.005	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.729	0.485	0.030	0.201	0.051	0.004	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.22
0.04	-3.795	0.301	0.346	0.286	0.073	0.046	99.99%	100.00%	0.0012
0.05	-3.526	0.305	0.375	0.296	0.075	0.047	99.99%	100.00%	0.0013
0.06	-3.241	0.289	0.369	0.272	0.069	0.044	99.99%	100.00%	0.0011
0.07	-3.241	0.289	0.369	0.272	0.069	0.044	99.99%	100.00%	0.0011
0.08	-2.820	0.265	0.373	0.275	0.070	0.044	99.98%	100.00%	0.0011
0.09	-2.538	0.237	0.363	0.266	0.068	0.043	99.94%	100.00%	0.0010
0.10	-2.381	0.223	0.357	0.284	0.072	0.046	99.82%	100.00%	0.0012
0.15	-2.383	0.282	0.352	0.282	0.072	0.045	99.98%	100.00%	0.0012
0.20	-2.324	0.291	0.334	0.265	0.067	0.042	100.00%	100.00%	0.0010
0.25	-2.522	0.344	0.356	0.252	0.064	0.040	100.00%	100.00%	0.0009
0.30	-2.290	0.310	0.318	0.272	0.069	0.044	100.00%	100.00%	0.0011
0.35	-2.353	0.324	0.307	0.310	0.079	0.050	99.99%	100.00%	0.0014
0.40	-2.530	0.366	0.334	0.332	0.084	0.053	100.00%	100.00%	0.0016
0.46	-2.887	0.428	0.318	0.325	0.083	0.052	100.00%	100.00%	0.0016
0.50	-3.124	0.468	0.318	0.310	0.079	0.050	100.00%	100.00%	0.0014
0.59	-3.391	0.512	0.317	0.295	0.075	0.047	100.00%	100.00%	0.0013
0.71	-3.626	0.543	0.300	0.302	0.077	0.048	100.00%	100.00%	0.0013
0.83	-3.651	0.544	0.290	0.293	0.074	0.047	100.00%	100.00%	0.0013
0.91	-3.811	0.571	0.301	0.286	0.072	0.046	100.00%	100.00%	0.0012
1.00	-3.847	0.575	0.305	0.278	0.071	0.045	100.00%	100.00%	0.0011
1.54	-4.188	0.637	0.356	0.254	0.065	0.041	100.00%	100.00%	0.0010
2.00	-4.050	0.608	0.338	0.237	0.060	0.038	100.00%	100.00%	0.0008
2.50	-3.921	0.585	0.346	0.227	0.058	0.036	100.00%	100.00%	0.0008
3.33	-3.950	0.580	0.320	0.228	0.058	0.036	100.00%	100.00%	0.0008
4.00	-3.829	0.554	0.314	0.244	0.062	0.039	100.00%	100.00%	0.0009
Componente vertical									D ₀ = 1.25
0.04	-4.446	0.455	0.119	0.371	0.094	0.013	100.00%	100.00%	0.0004
0.05	-4.217	0.462	0.120	0.360	0.091	0.013	100.00%	100.00%	0.0004
0.06	-4.096	0.466	0.117	0.339	0.086	0.012	100.00%	100.00%	0.0004
0.07	-4.096	0.466	0.117	0.339	0.086	0.012	100.00%	100.00%	0.0004
0.08	-3.757	0.441	0.112	0.308	0.078	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.09	-3.449	0.406	0.108	0.302	0.077	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.10	-3.552	0.426	0.107	0.289	0.073	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-3.355	0.408	0.092	0.261	0.066	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-2.889	0.341	0.083	0.295	0.075	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-2.961	0.366	0.081	0.275	0.070	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-3.034	0.379	0.079	0.266	0.067	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.144	0.403	0.080	0.245	0.062	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-3.068	0.406	0.084	0.259	0.066	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-3.182	0.423	0.080	0.278	0.070	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-3.392	0.455	0.076	0.261	0.066	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-3.456	0.463	0.072	0.252	0.064	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.646	0.488	0.067	0.267	0.068	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.660	0.489	0.064	0.255	0.065	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.638	0.487	0.066	0.254	0.064	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.759	0.500	0.062	0.261	0.066	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.977	0.530	0.057	0.269	0.068	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.862	0.516	0.058	0.255	0.065	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.826	0.513	0.061	0.259	0.066	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.966	0.527	0.056	0.237	0.060	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.792	0.493	0.056	0.202	0.051	0.007	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.45
0.04	-3.789	0.285	0.403	0.279	0.071	0.053	99.99%	100.00%	0.0014
0.05	-3.562	0.290	0.422	0.282	0.072	0.053	99.99%	100.00%	0.0014
0.06	-3.303	0.278	0.422	0.262	0.067	0.050	99.99%	100.00%	0.0012
0.07	-3.303	0.278	0.422	0.262	0.067	0.050	99.99%	100.00%	0.0012
0.08	-2.968	0.267	0.428	0.265	0.067	0.050	99.98%	100.00%	0.0012
0.09	-2.744	0.249	0.425	0.257	0.065	0.049	99.98%	100.00%	0.0012
0.10	-2.594	0.237	0.425	0.266	0.068	0.050	99.94%	100.00%	0.0012
0.15	-2.462	0.268	0.407	0.270	0.068	0.051	99.98%	100.00%	0.0013
0.20	-2.465	0.290	0.393	0.256	0.065	0.048	100.00%	100.00%	0.0011
0.25	-2.523	0.319	0.411	0.254	0.065	0.048	100.00%	100.00%	0.0011
0.30	-2.402	0.306	0.384	0.274	0.069	0.052	100.00%	100.00%	0.0013
0.35	-2.482	0.325	0.377	0.301	0.076	0.057	99.99%	100.00%	0.0016
0.40	-2.585	0.351	0.385	0.320	0.081	0.060	100.00%	100.00%	0.0018
0.46	-2.904	0.409	0.378	0.318	0.081	0.060	100.00%	100.00%	0.0018
0.50	-3.097	0.442	0.378	0.310	0.079	0.059	100.00%	100.00%	0.0017
0.59	-3.351	0.487	0.384	0.301	0.076	0.057	100.00%	100.00%	0.0016
0.71	-3.533	0.512	0.369	0.297	0.075	0.056	100.00%	100.00%	0.0015
0.83	-3.600	0.521	0.361	0.294	0.075	0.055	100.00%	100.00%	0.0015
0.91	-3.662	0.531	0.364	0.285	0.072	0.054	100.00%	100.00%	0.0014
1.00	-3.753	0.547	0.376	0.277	0.070	0.052	100.00%	100.00%	0.0013
1.54	-4.102	0.609	0.422	0.259	0.066	0.049	100.00%	100.00%	0.0012
2.00	-3.988	0.588	0.415	0.242	0.061	0.046	100.00%	100.00%	0.0010
2.50	-3.880	0.567	0.417	0.235	0.060	0.044	100.00%	100.00%	0.0010
3.33	-3.915	0.567	0.398	0.229	0.058	0.043	100.00%	100.00%	0.0009
4.00	-3.828	0.548	0.390	0.242	0.061	0.046	100.00%	100.00%	0.0010
Componente vertical									D ₀ = 1.27
0.04	-4.535	0.448	0.125	0.356	0.090	0.013	100.00%	100.00%	0.0004
0.05	-4.316	0.451	0.124	0.349	0.089	0.013	100.00%	100.00%	0.0004
0.06	-4.181	0.457	0.125	0.329	0.084	0.012	100.00%	100.00%	0.0004
0.07	-4.181	0.457	0.125	0.329	0.084	0.012	100.00%	100.00%	0.0004
0.08	-3.777	0.421	0.118	0.300	0.076	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.09	-3.606	0.408	0.117	0.300	0.076	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.10	-3.602	0.411	0.114	0.293	0.074	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.15	-3.444	0.401	0.098	0.273	0.069	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.20	-3.044	0.348	0.090	0.284	0.072	0.011	100.00%	100.00%	0.0003
0.25	-3.104	0.370	0.088	0.274	0.070	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.30	-3.125	0.377	0.087	0.268	0.068	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.224	0.400	0.087	0.246	0.062	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-3.192	0.406	0.090	0.261	0.066	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-3.306	0.427	0.088	0.269	0.068	0.010	100.00%	100.00%	0.0003
0.50	-3.444	0.448	0.084	0.258	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.59	-3.467	0.450	0.080	0.248	0.063	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
0.71	-3.566	0.463	0.075	0.256	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.83	-3.639	0.473	0.072	0.253	0.064	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
0.91	-3.666	0.478	0.073	0.247	0.063	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
1.00	-3.739	0.488	0.071	0.253	0.064	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
1.54	-3.922	0.515	0.066	0.262	0.066	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.899	0.516	0.068	0.254	0.065	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
2.50	-3.951	0.527	0.070	0.258	0.066	0.010	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.989	0.526	0.064	0.240	0.061	0.009	100.00%	100.00%	0.0002
4.00	-3.856	0.501	0.064	0.210	0.053	0.008	100.00%	100.00%	0.0002

Coefficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo duro. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 2.24
0.04	-3.761	0.276	0.346	0.269	0.068	0.044	99.99%	100.00%	0.0011
0.05	-3.532	0.275	0.349	0.267	0.068	0.043	99.99%	100.00%	0.0011
0.06	-3.345	0.272	0.349	0.256	0.065	0.042	99.99%	100.00%	0.0010
0.07	-3.345	0.272	0.349	0.256	0.065	0.042	99.99%	100.00%	0.0010
0.08	-3.078	0.271	0.358	0.251	0.064	0.041	99.99%	100.00%	0.0009
0.09	-2.908	0.262	0.361	0.249	0.063	0.041	99.99%	100.00%	0.0009
0.10	-2.798	0.256	0.363	0.254	0.065	0.041	99.99%	100.00%	0.0010
0.15	-2.556	0.264	0.349	0.256	0.065	0.042	99.99%	100.00%	0.0010
0.20	-2.528	0.282	0.341	0.250	0.063	0.041	100.00%	100.00%	0.0009
0.25	-2.522	0.298	0.341	0.257	0.065	0.042	100.00%	100.00%	0.0010
0.30	-2.470	0.299	0.332	0.273	0.069	0.044	99.99%	100.00%	0.0011
0.35	-2.566	0.323	0.332	0.291	0.074	0.047	100.00%	100.00%	0.0013
0.40	-2.683	0.350	0.332	0.304	0.077	0.049	100.00%	100.00%	0.0014
0.46	-2.883	0.388	0.330	0.306	0.078	0.050	100.00%	100.00%	0.0014
0.50	-3.039	0.417	0.334	0.303	0.077	0.049	100.00%	100.00%	0.0014
0.59	-3.240	0.454	0.334	0.297	0.075	0.048	100.00%	100.00%	0.0013
0.71	-3.367	0.474	0.330	0.294	0.075	0.048	100.00%	100.00%	0.0013
0.83	-3.434	0.484	0.325	0.290	0.073	0.047	100.00%	100.00%	0.0013
0.91	-3.485	0.493	0.325	0.284	0.072	0.046	100.00%	100.00%	0.0012
1.00	-3.575	0.510	0.333	0.276	0.070	0.045	100.00%	100.00%	0.0011
1.54	-3.850	0.561	0.361	0.260	0.066	0.042	100.00%	100.00%	0.0010
2.00	-3.838	0.560	0.367	0.252	0.064	0.041	100.00%	100.00%	0.0010
2.50	-3.760	0.545	0.363	0.241	0.061	0.039	100.00%	100.00%	0.0009
3.33	-3.784	0.546	0.356	0.236	0.060	0.038	100.00%	100.00%	0.0008
4.00	-3.766	0.540	0.351	0.241	0.061	0.039	100.00%	100.00%	0.0009
Componente vertical									D ₀ = 1.18
0.04	-4.613	0.442	0.082	0.337	0.086	0.009	100.00%	100.00%	0.0003
0.05	-4.368	0.437	0.082	0.330	0.084	0.008	100.00%	100.00%	0.0003
0.06	-4.234	0.443	0.082	0.316	0.080	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.07	-4.234	0.443	0.082	0.316	0.080	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.08	-3.910	0.419	0.078	0.299	0.076	0.008	100.00%	100.00%	0.0002
0.09	-3.753	0.406	0.077	0.292	0.074	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.10	-3.718	0.405	0.075	0.287	0.073	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.15	-3.597	0.407	0.067	0.274	0.070	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.20	-3.201	0.354	0.061	0.274	0.070	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.25	-3.235	0.370	0.060	0.274	0.069	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.30	-3.269	0.383	0.060	0.270	0.069	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.35	-3.328	0.399	0.060	0.260	0.066	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.40	-3.390	0.419	0.061	0.260	0.066	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
0.46	-3.452	0.434	0.060	0.255	0.065	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
0.50	-3.511	0.444	0.058	0.246	0.062	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.59	-3.564	0.453	0.056	0.237	0.060	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.71	-3.546	0.449	0.054	0.248	0.063	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.83	-3.580	0.454	0.052	0.246	0.062	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
0.91	-3.615	0.459	0.052	0.248	0.063	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
1.00	-3.650	0.463	0.050	0.246	0.062	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
1.54	-3.807	0.491	0.048	0.254	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0002
2.00	-3.862	0.504	0.049	0.250	0.064	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
2.50	-3.962	0.524	0.049	0.257	0.065	0.007	100.00%	100.00%	0.0002
3.33	-3.939	0.514	0.046	0.246	0.062	0.006	100.00%	100.00%	0.0001
4.00	-3.882	0.502	0.046	0.232	0.059	0.006	100.00%	100.00%	0.0001

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración.
Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.93
0.04	0.334	0.164	-0.032	0.499	0.248	0.007	74.06%	99.98%	-0.0006
0.05	-0.444	0.312	-0.032	0.432	0.215	0.006	91.64%	99.99%	-0.0005
0.06	-0.154	0.275	-0.034	0.472	0.235	0.007	87.02%	99.99%	-0.0005
0.07	-0.154	0.275	-0.034	0.472	0.235	0.007	87.02%	99.99%	-0.0005
0.08	-0.410	0.327	-0.032	0.482	0.240	0.007	90.35%	99.99%	-0.0006
0.09	-0.370	0.329	-0.032	0.544	0.271	0.008	87.87%	99.96%	-0.0007
0.10	-0.658	0.364	-0.030	0.529	0.264	0.008	90.63%	99.93%	-0.0007
0.15	0.352	0.187	-0.025	0.427	0.213	0.006	80.31%	99.95%	-0.0004
0.20	0.013	0.260	-0.027	0.384	0.191	0.005	90.30%	99.99%	-0.0004
0.25	0.075	0.242	-0.025	0.332	0.165	0.005	91.83%	99.99%	-0.0003
0.30	0.541	0.187	-0.029	0.418	0.208	0.006	80.88%	99.99%	-0.0004
0.35	0.218	0.193	-0.022	0.415	0.207	0.006	81.74%	99.90%	-0.0004
0.40	-0.645	0.341	-0.024	0.448	0.223	0.006	92.63%	99.90%	-0.0005
0.46	-0.227	0.247	-0.022	0.411	0.205	0.006	87.70%	99.92%	-0.0004
0.50	-0.311	0.288	-0.028	0.363	0.181	0.005	93.40%	100.00%	-0.0003
0.59	-0.978	0.401	-0.030	0.406	0.202	0.006	96.71%	99.99%	-0.0004
0.71	-1.061	0.406	-0.030	0.369	0.184	0.005	97.85%	100.00%	-0.0003
0.83	-1.435	0.466	-0.030	0.311	0.155	0.004	99.56%	100.00%	-0.0002
0.91	-1.786	0.495	-0.029	0.366	0.182	0.005	99.21%	100.00%	-0.0003
1.00	-1.837	0.493	-0.029	0.308	0.154	0.004	99.71%	100.00%	-0.0002
1.54	-3.135	0.673	-0.032	0.248	0.123	0.004	100.00%	100.00%	-0.0002
2.00	-3.532	0.662	-0.027	0.308	0.153	0.004	99.97%	100.00%	-0.0002
2.50	-3.022	0.560	-0.028	0.210	0.105	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
3.33	-4.264	0.729	-0.029	0.193	0.096	0.003	100.00%	100.00%	-0.0001
4.00	-4.765	0.779	-0.029	0.302	0.150	0.004	99.99%	100.00%	-0.0002
Componente vertical									D ₀ = 1.08
0.04	-0.734	0.369	0.046	0.542	0.270	0.009	90.39%	100.00%	0.0008
0.05	0.126	0.285	0.052	0.489	0.244	0.008	86.96%	100.00%	0.0007
0.06	-0.019	0.278	0.046	0.599	0.299	0.010	81.64%	99.99%	0.0010
0.07	-0.019	0.278	0.046	0.599	0.299	0.010	81.64%	99.99%	0.0010
0.08	-0.977	0.430	0.044	0.499	0.249	0.008	94.79%	100.00%	0.0007
0.09	-0.643	0.346	0.037	0.565	0.282	0.009	88.10%	99.96%	0.0009
0.10	-1.250	0.441	0.037	0.532	0.265	0.008	94.15%	99.97%	0.0008
0.15	0.172	0.197	0.034	0.421	0.210	0.007	81.87%	99.99%	0.0005
0.20	-0.943	0.347	0.029	0.399	0.199	0.006	94.90%	99.98%	0.0004
0.25	-0.317	0.242	0.032	0.377	0.188	0.006	89.15%	100.00%	0.0004
0.30	-1.726	0.445	0.030	0.349	0.174	0.006	98.91%	100.00%	0.0003
0.35	-1.654	0.433	0.032	0.297	0.148	0.005	99.48%	100.00%	0.0002
0.40	-1.189	0.346	0.029	0.329	0.164	0.005	97.39%	100.00%	0.0003
0.46	-0.560	0.247	0.031	0.361	0.180	0.006	90.43%	100.00%	0.0004
0.50	-1.304	0.359	0.032	0.352	0.175	0.006	97.07%	100.00%	0.0003
0.59	-1.338	0.384	0.035	0.245	0.122	0.004	99.66%	100.00%	0.0002
0.71	-1.794	0.435	0.031	0.318	0.159	0.005	99.24%	100.00%	0.0003
0.83	-2.143	0.467	0.027	0.300	0.150	0.005	99.65%	100.00%	0.0002
0.91	-2.062	0.440	0.027	0.327	0.163	0.005	99.18%	99.99%	0.0003
1.00	-2.920	0.586	0.029	0.305	0.152	0.005	99.92%	100.00%	0.0003
1.54	-2.276	0.435	0.032	0.238	0.118	0.004	99.89%	100.00%	0.0002
2.00	-1.910	0.325	0.027	0.333	0.166	0.005	96.52%	99.99%	0.0003
2.50	-2.623	0.430	0.031	0.303	0.151	0.005	99.38%	100.00%	0.0003
3.33	-3.912	0.580	0.026	0.300	0.149	0.005	99.93%	100.00%	0.0002
4.00	-5.017	0.756	0.031	0.381	0.190	0.006	99.94%	99.99%	0.0004

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.04
0.04	-1.595	0.456	-0.490	0.283	0.117	0.061	99.93%	100.00%	-0.0046
0.05	-1.743	0.499	-0.518	0.280	0.116	0.061	99.97%	100.00%	-0.0045
0.06	-1.718	0.508	-0.531	0.284	0.118	0.062	99.97%	100.00%	-0.0046
0.07	-1.718	0.508	-0.531	0.284	0.118	0.062	99.97%	100.00%	-0.0046
0.08	-1.726	0.520	-0.527	0.281	0.117	0.061	99.98%	100.00%	-0.0045
0.09	-1.540	0.498	-0.528	0.286	0.119	0.062	99.96%	100.00%	-0.0047
0.10	-1.568	0.498	-0.515	0.283	0.118	0.061	99.96%	100.00%	-0.0046
0.15	-0.856	0.378	-0.456	0.255	0.106	0.055	99.86%	100.00%	-0.0037
0.20	-1.174	0.446	-0.482	0.259	0.107	0.056	99.96%	100.00%	-0.0038
0.25	-0.924	0.394	-0.442	0.284	0.118	0.062	99.77%	100.00%	-0.0046
0.30	-0.879	0.392	-0.461	0.334	0.139	0.072	99.37%	100.00%	-0.0064
0.35	-1.003	0.390	-0.414	0.361	0.150	0.078	98.99%	100.00%	-0.0074
0.40	-1.470	0.469	-0.431	0.377	0.156	0.082	99.55%	100.00%	-0.0081
0.46	-1.684	0.497	-0.438	0.363	0.151	0.079	99.76%	100.00%	-0.0075
0.50	-1.842	0.531	-0.474	0.342	0.142	0.074	99.90%	100.00%	-0.0067
0.59	-2.210	0.591	-0.498	0.330	0.137	0.071	99.97%	100.00%	-0.0062
0.71	-2.332	0.602	-0.511	0.287	0.119	0.062	99.99%	100.00%	-0.0047
0.83	-2.902	0.694	-0.527	0.275	0.114	0.059	100.00%	100.00%	-0.0043
0.91	-3.250	0.735	-0.523	0.290	0.121	0.063	100.00%	100.00%	-0.0048
1.00	-3.291	0.735	-0.525	0.277	0.115	0.060	100.00%	100.00%	-0.0044
1.54	-4.172	0.825	-0.513	0.303	0.126	0.065	100.00%	100.00%	-0.0052
2.00	-4.531	0.838	-0.510	0.323	0.134	0.070	100.00%	100.00%	-0.0059
2.50	-4.331	0.785	-0.524	0.312	0.129	0.067	100.00%	100.00%	-0.0055
3.33	-4.873	0.842	-0.543	0.304	0.126	0.066	100.00%	100.00%	-0.0053
4.00	-5.054	0.846	-0.548	0.341	0.141	0.074	100.00%	100.00%	-0.0066
Componente vertical									D ₀ = 0.10
0.04	-1.685	0.495	-0.608	0.337	0.166	0.086	99.53%	100.00%	-0.0046
0.05	-1.430	0.489	-0.648	0.371	0.183	0.095	99.14%	100.00%	-0.0055
0.06	-1.328	0.468	-0.625	0.384	0.189	0.099	98.71%	100.00%	-0.0060
0.07	-1.328	0.468	-0.625	0.384	0.189	0.099	98.71%	100.00%	-0.0060
0.08	-1.782	0.531	-0.584	0.395	0.194	0.101	99.23%	100.00%	-0.0063
0.09	-1.886	0.533	-0.536	0.387	0.191	0.099	99.33%	100.00%	-0.0060
0.10	-1.813	0.542	-0.592	0.368	0.181	0.094	99.54%	100.00%	-0.0055
0.15	-1.342	0.423	-0.480	0.325	0.160	0.083	99.07%	100.00%	-0.0043
0.20	-1.704	0.474	-0.468	0.311	0.153	0.080	99.63%	100.00%	-0.0039
0.25	-1.173	0.370	-0.453	0.335	0.165	0.086	97.96%	100.00%	-0.0045
0.30	-2.007	0.495	-0.448	0.293	0.144	0.075	99.81%	100.00%	-0.0035
0.35	-1.944	0.481	-0.457	0.223	0.110	0.057	99.97%	100.00%	-0.0020
0.40	-2.062	0.492	-0.430	0.265	0.131	0.068	99.91%	100.00%	-0.0028
0.46	-1.534	0.411	-0.465	0.290	0.143	0.074	99.42%	100.00%	-0.0034
0.50	-1.945	0.480	-0.486	0.274	0.135	0.070	99.86%	100.00%	-0.0030
0.59	-1.888	0.468	-0.480	0.324	0.160	0.083	99.49%	100.00%	-0.0042
0.71	-2.780	0.604	-0.466	0.260	0.128	0.067	99.99%	100.00%	-0.0027
0.83	-2.879	0.592	-0.416	0.321	0.158	0.082	99.90%	99.99%	-0.0042
0.91	-2.760	0.567	-0.415	0.331	0.163	0.085	99.83%	99.99%	-0.0044
1.00	-3.426	0.675	-0.432	0.284	0.140	0.073	99.99%	100.00%	-0.0033
1.54	-2.798	0.537	-0.487	0.236	0.116	0.060	99.98%	100.00%	-0.0022
2.00	-2.204	0.394	-0.429	0.298	0.147	0.076	99.15%	100.00%	-0.0036
2.50	-2.597	0.442	-0.461	0.298	0.147	0.076	99.56%	100.00%	-0.0036
3.33	-3.738	0.577	-0.420	0.298	0.147	0.076	99.93%	100.00%	-0.0036
4.00	-4.473	0.698	-0.487	0.361	0.178	0.093	99.93%	100.00%	-0.0053

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.67
0.04	-1.926	0.462	-0.103	0.288	0.122	0.014	99.91%	100.00%	-0.0011
0.05	-2.046	0.492	-0.107	0.290	0.122	0.014	99.94%	100.00%	-0.0011
0.06	-2.025	0.497	-0.108	0.290	0.122	0.014	99.95%	100.00%	-0.0011
0.07	-2.025	0.497	-0.108	0.290	0.122	0.014	99.95%	100.00%	-0.0011
0.08	-2.042	0.515	-0.112	0.274	0.116	0.013	99.98%	100.00%	-0.0010
0.09	-1.901	0.494	-0.110	0.274	0.115	0.013	99.97%	100.00%	-0.0010
0.10	-1.861	0.485	-0.107	0.280	0.118	0.013	99.95%	100.00%	-0.0010
0.15	-1.380	0.415	-0.102	0.255	0.108	0.012	99.92%	100.00%	-0.0008
0.20	-1.474	0.438	-0.103	0.259	0.109	0.012	99.94%	100.00%	-0.0009
0.25	-1.299	0.401	-0.096	0.290	0.122	0.014	99.75%	100.00%	-0.0011
0.30	-1.264	0.395	-0.098	0.336	0.142	0.016	99.31%	100.00%	-0.0014
0.35	-1.437	0.412	-0.093	0.366	0.154	0.017	99.13%	100.00%	-0.0017
0.40	-1.839	0.477	-0.094	0.380	0.160	0.018	99.53%	100.00%	-0.0019
0.46	-2.077	0.514	-0.098	0.367	0.155	0.017	99.77%	100.00%	-0.0017
0.50	-2.242	0.542	-0.103	0.354	0.149	0.017	99.88%	100.00%	-0.0016
0.59	-2.488	0.579	-0.107	0.334	0.141	0.016	99.95%	100.00%	-0.0014
0.71	-2.745	0.610	-0.109	0.303	0.128	0.014	99.99%	100.00%	-0.0012
0.83	-3.380	0.712	-0.115	0.288	0.121	0.014	100.00%	100.00%	-0.0011
0.91	-3.642	0.743	-0.114	0.301	0.127	0.014	100.00%	100.00%	-0.0012
1.00	-3.616	0.728	-0.112	0.293	0.123	0.014	100.00%	100.00%	-0.0011
1.54	-4.485	0.816	-0.109	0.325	0.137	0.015	100.00%	100.00%	-0.0014
2.00	-4.898	0.848	-0.112	0.330	0.139	0.015	100.00%	100.00%	-0.0014
2.50	-4.795	0.806	-0.113	0.313	0.132	0.015	100.00%	100.00%	-0.0013
3.33	-5.133	0.830	-0.116	0.309	0.130	0.014	100.00%	100.00%	-0.0012
4.00	-5.286	0.833	-0.118	0.329	0.139	0.015	100.00%	100.00%	-0.0014
Componente vertical									D ₀ = 0.29
0.04	-1.929	0.502	-0.402	0.341	0.168	0.059	99.53%	100.00%	-0.0033
0.05	-1.785	0.495	-0.409	0.378	0.187	0.066	99.09%	100.00%	-0.0040
0.06	-1.621	0.463	-0.394	0.378	0.187	0.066	98.72%	100.00%	-0.0040
0.07	-1.621	0.463	-0.394	0.378	0.187	0.066	98.72%	100.00%	-0.0040
0.08	-1.776	0.490	-0.386	0.393	0.194	0.068	98.82%	100.00%	-0.0044
0.09	-1.859	0.502	-0.373	0.370	0.183	0.064	99.25%	100.00%	-0.0039
0.10	-1.759	0.491	-0.384	0.354	0.175	0.061	99.33%	100.00%	-0.0035
0.15	-1.457	0.405	-0.322	0.321	0.158	0.056	98.90%	100.00%	-0.0029
0.20	-2.020	0.497	-0.327	0.320	0.158	0.055	99.66%	100.00%	-0.0029
0.25	-1.521	0.401	-0.323	0.335	0.166	0.058	98.57%	100.00%	-0.0032
0.30	-2.120	0.486	-0.306	0.288	0.142	0.050	99.81%	100.00%	-0.0023
0.35	-2.038	0.473	-0.318	0.235	0.116	0.041	99.95%	100.00%	-0.0016
0.40	-2.355	0.513	-0.302	0.271	0.134	0.047	99.92%	100.00%	-0.0021
0.46	-1.882	0.442	-0.323	0.280	0.139	0.049	99.69%	100.00%	-0.0022
0.50	-2.037	0.466	-0.327	0.263	0.130	0.046	99.86%	100.00%	-0.0020
0.59	-2.298	0.505	-0.328	0.310	0.153	0.054	99.76%	100.00%	-0.0027
0.71	-3.016	0.610	-0.318	0.279	0.138	0.048	99.98%	100.00%	-0.0022
0.83	-3.158	0.620	-0.307	0.329	0.163	0.057	99.91%	100.00%	-0.0031
0.91	-3.173	0.618	-0.301	0.313	0.155	0.054	99.94%	100.00%	-0.0028
1.00	-3.502	0.662	-0.300	0.286	0.141	0.050	99.99%	100.00%	-0.0023
1.54	-3.069	0.556	-0.329	0.230	0.114	0.040	99.99%	100.00%	-0.0015
2.00	-2.608	0.440	-0.301	0.263	0.130	0.046	99.80%	100.00%	-0.0020
2.50	-2.863	0.459	-0.305	0.284	0.140	0.049	99.74%	100.00%	-0.0023
3.33	-3.943	0.595	-0.294	0.283	0.140	0.049	99.97%	100.00%	-0.0023
4.00	-4.424	0.668	-0.329	0.320	0.158	0.055	99.96%	100.00%	-0.0029

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

T (sec)	b_0	b_1	b_2	s^2	S.E.(b_1)	S.E.(b_2)	Signif. b_1	Signif. b_2	cov (b_1, b_2)
Resultante horizontal									$D_0 = 0.22$
0.04	-1.739	0.447	-0.299	0.287	0.120	0.039	99.90%	100.00%	-0.0030
0.05	-1.811	0.466	-0.305	0.289	0.121	0.040	99.92%	100.00%	-0.0031
0.06	-1.811	0.473	-0.310	0.285	0.119	0.039	99.94%	100.00%	-0.0030
0.07	-1.811	0.473	-0.310	0.285	0.119	0.039	99.94%	100.00%	-0.0030
0.08	-1.779	0.480	-0.318	0.273	0.114	0.037	99.96%	100.00%	-0.0028
0.09	-1.656	0.459	-0.310	0.272	0.114	0.037	99.95%	100.00%	-0.0027
0.10	-1.607	0.449	-0.304	0.275	0.115	0.038	99.93%	100.00%	-0.0028
0.15	-1.260	0.401	-0.296	0.264	0.111	0.036	99.88%	100.00%	-0.0026
0.20	-1.266	0.408	-0.296	0.269	0.112	0.037	99.88%	100.00%	-0.0027
0.25	-1.126	0.375	-0.280	0.308	0.129	0.042	99.46%	100.00%	-0.0035
0.30	-1.201	0.385	-0.282	0.339	0.142	0.046	99.20%	100.00%	-0.0042
0.35	-1.399	0.411	-0.277	0.363	0.152	0.050	99.18%	100.00%	-0.0049
0.40	-1.755	0.469	-0.283	0.376	0.157	0.051	99.53%	100.00%	-0.0052
0.46	-1.896	0.489	-0.291	0.369	0.155	0.051	99.68%	100.00%	-0.0050
0.50	-2.041	0.515	-0.303	0.355	0.148	0.049	99.83%	100.00%	-0.0046
0.59	-2.307	0.555	-0.314	0.332	0.139	0.045	99.94%	100.00%	-0.0041
0.71	-2.666	0.606	-0.323	0.305	0.128	0.042	99.99%	100.00%	-0.0034
0.83	-3.171	0.681	-0.331	0.301	0.126	0.041	100.00%	100.00%	-0.0033
0.91	-3.387	0.709	-0.334	0.304	0.127	0.042	100.00%	100.00%	-0.0034
1.00	-3.437	0.705	-0.327	0.300	0.126	0.041	100.00%	100.00%	-0.0033
1.54	-4.241	0.788	-0.325	0.323	0.135	0.044	100.00%	100.00%	-0.0038
2.00	-4.625	0.822	-0.337	0.319	0.133	0.044	100.00%	100.00%	-0.0037
2.50	-4.525	0.778	-0.331	0.305	0.128	0.042	100.00%	100.00%	-0.0034
3.33	-4.711	0.781	-0.341	0.300	0.126	0.041	100.00%	100.00%	-0.0033
4.00	-4.871	0.787	-0.348	0.313	0.131	0.043	100.00%	100.00%	-0.0036
Componente vertical									$D_0 = 0.15$
0.04	-1.779	0.477	-0.521	0.336	0.166	0.077	99.42%	100.00%	-0.0041
0.05	-1.723	0.474	-0.517	0.366	0.181	0.084	99.04%	100.00%	-0.0049
0.06	-1.563	0.444	-0.501	0.365	0.180	0.084	98.69%	100.00%	-0.0049
0.07	-1.563	0.444	-0.501	0.365	0.180	0.084	98.69%	100.00%	-0.0049
0.08	-1.654	0.463	-0.499	0.371	0.183	0.085	98.84%	100.00%	-0.0050
0.09	-1.606	0.457	-0.496	0.357	0.176	0.082	98.99%	100.00%	-0.0047
0.10	-1.510	0.440	-0.491	0.339	0.167	0.078	99.05%	100.00%	-0.0042
0.15	-1.597	0.424	-0.432	0.317	0.156	0.073	99.19%	100.00%	-0.0037
0.20	-1.878	0.467	-0.438	0.311	0.153	0.071	99.59%	100.00%	-0.0035
0.25	-1.553	0.402	-0.435	0.324	0.160	0.074	98.81%	100.00%	-0.0038
0.30	-2.035	0.470	-0.418	0.279	0.138	0.064	99.81%	100.00%	-0.0029
0.35	-2.050	0.474	-0.434	0.254	0.125	0.058	99.91%	100.00%	-0.0023
0.40	-2.092	0.469	-0.415	0.274	0.135	0.063	99.83%	100.00%	-0.0027
0.46	-1.888	0.438	-0.430	0.263	0.130	0.060	99.79%	100.00%	-0.0025
0.50	-2.014	0.457	-0.432	0.260	0.128	0.060	99.86%	100.00%	-0.0025
0.59	-2.307	0.499	-0.432	0.295	0.145	0.068	99.81%	100.00%	-0.0032
0.71	-2.783	0.564	-0.417	0.289	0.142	0.066	99.94%	100.00%	-0.0030
0.83	-3.021	0.598	-0.424	0.304	0.150	0.070	99.94%	100.00%	-0.0034
0.91	-3.176	0.619	-0.419	0.297	0.147	0.068	99.96%	100.00%	-0.0032
1.00	-3.284	0.628	-0.417	0.287	0.142	0.066	99.98%	100.00%	-0.0030
1.54	-3.176	0.573	-0.444	0.232	0.114	0.053	99.99%	100.00%	-0.0020
2.00	-2.889	0.490	-0.419	0.243	0.120	0.056	99.95%	100.00%	-0.0022
2.50	-2.997	0.482	-0.408	0.272	0.134	0.062	99.87%	100.00%	-0.0027
3.33	-3.817	0.587	-0.418	0.248	0.122	0.057	99.99%	100.00%	-0.0022
4.00	-4.163	0.631	-0.442	0.277	0.137	0.064	99.98%	100.00%	-0.0028

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de aceleración. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-1.727	0.441	-0.289	0.288	0.121	0.039	99.88%	100.00%	-0.0030
0.05	-1.769	0.453	-0.294	0.288	0.121	0.039	99.90%	100.00%	-0.0030
0.06	-1.777	0.458	-0.296	0.286	0.119	0.038	99.92%	100.00%	-0.0029
0.07	-1.777	0.458	-0.296	0.286	0.119	0.038	99.92%	100.00%	-0.0029
0.08	-1.714	0.452	-0.297	0.278	0.116	0.037	99.93%	100.00%	-0.0028
0.09	-1.667	0.445	-0.294	0.277	0.116	0.037	99.92%	100.00%	-0.0028
0.10	-1.632	0.440	-0.293	0.278	0.116	0.037	99.91%	100.00%	-0.0028
0.15	-1.361	0.401	-0.286	0.278	0.116	0.037	99.82%	100.00%	-0.0028
0.20	-1.317	0.398	-0.287	0.286	0.120	0.038	99.77%	100.00%	-0.0029
0.25	-1.323	0.392	-0.280	0.316	0.132	0.042	99.52%	100.00%	-0.0036
0.30	-1.448	0.408	-0.278	0.336	0.141	0.045	99.45%	100.00%	-0.0041
0.35	-1.606	0.429	-0.276	0.353	0.148	0.047	99.46%	100.00%	-0.0045
0.40	-1.821	0.463	-0.282	0.363	0.152	0.049	99.59%	100.00%	-0.0048
0.46	-1.963	0.485	-0.289	0.363	0.152	0.049	99.70%	100.00%	-0.0048
0.50	-2.057	0.500	-0.295	0.354	0.148	0.047	99.79%	100.00%	-0.0045
0.59	-2.330	0.540	-0.303	0.336	0.140	0.045	99.92%	100.00%	-0.0041
0.71	-2.703	0.593	-0.311	0.322	0.135	0.043	99.97%	100.00%	-0.0037
0.83	-3.020	0.635	-0.315	0.317	0.133	0.042	99.99%	100.00%	-0.0036
0.91	-3.216	0.660	-0.316	0.316	0.132	0.042	99.99%	100.00%	-0.0036
1.00	-3.393	0.681	-0.316	0.312	0.131	0.042	99.99%	100.00%	-0.0035
1.54	-4.036	0.745	-0.319	0.329	0.137	0.044	100.00%	100.00%	-0.0039
2.00	-4.238	0.754	-0.326	0.327	0.137	0.044	100.00%	100.00%	-0.0039
2.50	-4.267	0.736	-0.325	0.316	0.132	0.042	100.00%	100.00%	-0.0036
3.33	-4.350	0.722	-0.327	0.313	0.131	0.042	100.00%	100.00%	-0.0035
4.00	-4.482	0.727	-0.332	0.323	0.135	0.043	100.00%	100.00%	-0.0038
Componente vertical									D ₀ = 0.38
0.04	-1.953	0.473	-0.314	0.336	0.166	0.049	99.39%	100.00%	-0.0027
0.05	-1.895	0.467	-0.312	0.353	0.175	0.051	99.13%	100.00%	-0.0030
0.06	-1.837	0.457	-0.309	0.352	0.174	0.051	99.05%	100.00%	-0.0030
0.07	-1.837	0.457	-0.309	0.352	0.174	0.051	99.05%	100.00%	-0.0030
0.08	-1.897	0.469	-0.305	0.353	0.175	0.051	99.15%	100.00%	-0.0030
0.09	-1.829	0.458	-0.303	0.347	0.172	0.050	99.12%	100.00%	-0.0029
0.10	-1.720	0.436	-0.297	0.337	0.167	0.049	99.02%	100.00%	-0.0027
0.15	-1.765	0.421	-0.274	0.320	0.158	0.046	99.12%	100.00%	-0.0024
0.20	-1.950	0.445	-0.273	0.311	0.154	0.045	99.44%	100.00%	-0.0023
0.25	-1.973	0.443	-0.276	0.314	0.155	0.045	99.39%	100.00%	-0.0024
0.30	-2.240	0.480	-0.275	0.289	0.143	0.042	99.79%	100.00%	-0.0020
0.35	-2.318	0.489	-0.275	0.274	0.136	0.040	99.87%	100.00%	-0.0018
0.40	-2.144	0.456	-0.273	0.278	0.137	0.040	99.77%	100.00%	-0.0018
0.46	-2.104	0.446	-0.273	0.276	0.137	0.040	99.74%	100.00%	-0.0018
0.50	-2.088	0.441	-0.274	0.276	0.137	0.040	99.72%	100.00%	-0.0018
0.59	-2.329	0.472	-0.271	0.284	0.141	0.041	99.78%	100.00%	-0.0019
0.71	-2.621	0.508	-0.264	0.293	0.145	0.042	99.84%	100.00%	-0.0020
0.83	-2.801	0.535	-0.270	0.291	0.144	0.042	99.90%	100.00%	-0.0020
0.91	-2.950	0.558	-0.274	0.289	0.143	0.042	99.93%	100.00%	-0.0020
1.00	-3.079	0.576	-0.278	0.279	0.138	0.040	99.96%	100.00%	-0.0019
1.54	-3.103	0.537	-0.279	0.240	0.119	0.035	99.98%	100.00%	-0.0014
2.00	-3.019	0.497	-0.274	0.250	0.124	0.036	99.94%	100.00%	-0.0015
2.50	-3.096	0.484	-0.265	0.256	0.127	0.037	99.92%	100.00%	-0.0016
3.33	-3.607	0.543	-0.275	0.236	0.117	0.034	99.98%	100.00%	-0.0013
4.00	-3.904	0.579	-0.284	0.253	0.125	0.037	99.98%	100.00%	-0.0015

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 0%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 1.47
0.04	-4.315	0.486	0.148	0.385	0.192	0.034	98.84%	99.97%	0.0024
0.05	-4.663	0.587	0.146	0.459	0.230	0.041	98.90%	99.86%	0.0034
0.06	-4.727	0.623	0.161	0.382	0.191	0.034	99.74%	99.99%	0.0023
0.07	-4.727	0.623	0.161	0.382	0.191	0.034	99.74%	99.99%	0.0023
0.08	-4.636	0.653	0.156	0.305	0.152	0.027	99.97%	100.00%	0.0015
0.09	-4.462	0.643	0.158	0.413	0.206	0.037	99.65%	99.97%	0.0027
0.10	-4.685	0.677	0.140	0.351	0.176	0.031	99.92%	99.98%	0.0020
0.15	-3.088	0.442	0.114	0.231	0.115	0.021	99.92%	100.00%	0.0008
0.20	-2.912	0.458	0.130	0.276	0.138	0.025	99.77%	100.00%	0.0012
0.25	-2.626	0.421	0.118	0.247	0.123	0.022	99.81%	100.00%	0.0010
0.30	-2.066	0.362	0.149	0.373	0.186	0.033	96.45%	99.98%	0.0022
0.35	-2.239	0.359	0.107	0.386	0.193	0.034	95.88%	99.64%	0.0024
0.40	-2.977	0.499	0.120	0.427	0.213	0.038	98.32%	99.67%	0.0029
0.46	-2.422	0.392	0.111	0.387	0.193	0.034	96.96%	99.72%	0.0024
0.50	-2.428	0.423	0.144	0.372	0.186	0.033	98.10%	99.97%	0.0022
0.59	-2.853	0.508	0.157	0.433	0.216	0.039	98.35%	99.95%	0.0030
0.71	-2.726	0.493	0.161	0.341	0.170	0.030	99.45%	100.00%	0.0018
0.83	-2.923	0.537	0.165	0.297	0.148	0.026	99.87%	100.00%	0.0014
0.91	-3.129	0.550	0.155	0.337	0.169	0.030	99.74%	99.99%	0.0018
1.00	-3.127	0.549	0.158	0.280	0.140	0.025	99.93%	100.00%	0.0012
1.54	-3.647	0.632	0.175	0.260	0.130	0.023	99.99%	100.00%	0.0011
2.00	-3.756	0.612	0.156	0.324	0.162	0.029	99.91%	100.00%	0.0017
2.50	-3.102	0.508	0.167	0.246	0.123	0.022	99.95%	100.00%	0.0010
3.33	-3.357	0.543	0.172	0.269	0.134	0.024	99.95%	100.00%	0.0011
4.00	-3.673	0.588	0.171	0.311	0.155	0.028	99.91%	100.00%	0.0015
Componente vertical									D ₀ = 1.21
0.04	-4.632	0.610	0.100	0.479	0.239	0.020	98.90%	99.99%	0.0017
0.05	-3.385	0.479	0.115	0.528	0.263	0.022	95.56%	100.00%	0.0020
0.06	-3.688	0.514	0.098	0.561	0.280	0.023	95.68%	99.97%	0.0023
0.07	-3.688	0.514	0.098	0.561	0.280	0.023	95.68%	99.97%	0.0023
0.08	-4.613	0.683	0.092	0.416	0.208	0.017	99.75%	100.00%	0.0013
0.09	-4.070	0.576	0.076	0.468	0.234	0.019	98.68%	99.94%	0.0016
0.10	-4.697	0.680	0.076	0.415	0.207	0.017	99.75%	99.98%	0.0012
0.15	-2.840	0.397	0.070	0.408	0.204	0.017	96.47%	99.96%	0.0012
0.20	-3.770	0.540	0.059	0.317	0.158	0.013	99.81%	99.98%	0.0007
0.25	-2.980	0.425	0.067	0.325	0.162	0.013	99.04%	99.99%	0.0008
0.30	-4.232	0.618	0.063	0.303	0.151	0.012	99.95%	99.99%	0.0007
0.35	-4.054	0.594	0.067	0.296	0.147	0.012	99.95%	100.00%	0.0006
0.40	-3.454	0.500	0.061	0.265	0.132	0.011	99.91%	100.00%	0.0005
0.46	-2.755	0.402	0.068	0.315	0.157	0.013	98.91%	100.00%	0.0007
0.50	-3.323	0.491	0.070	0.324	0.162	0.013	99.58%	100.00%	0.0008
0.59	-3.317	0.522	0.078	0.328	0.164	0.013	99.70%	100.00%	0.0008
0.71	-3.263	0.503	0.067	0.274	0.137	0.011	99.89%	100.00%	0.0005
0.83	-3.602	0.550	0.060	0.309	0.154	0.013	99.86%	99.99%	0.0007
0.91	-3.538	0.534	0.061	0.346	0.173	0.014	99.63%	99.97%	0.0009
1.00	-3.927	0.607	0.063	0.267	0.133	0.011	99.98%	100.00%	0.0005
1.54	-3.423	0.514	0.075	0.261	0.130	0.011	99.93%	100.00%	0.0005
2.00	-2.565	0.352	0.066	0.307	0.153	0.013	98.17%	99.99%	0.0007
2.50	-3.377	0.495	0.076	0.268	0.133	0.011	99.89%	100.00%	0.0005
3.33	-3.786	0.546	0.071	0.272	0.136	0.011	99.95%	100.00%	0.0005
4.00	-4.380	0.642	0.074	0.291	0.145	0.012	99.98%	100.00%	0.0006

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 2%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.45
0.04	-4.897	0.536	-0.199	0.320	0.134	0.027	99.94%	100.00%	-0.0023
0.05	-4.931	0.594	-0.215	0.337	0.142	0.028	99.96%	100.00%	-0.0026
0.06	-4.641	0.585	-0.221	0.356	0.150	0.030	99.93%	100.00%	-0.0029
0.07	-4.641	0.585	-0.221	0.356	0.150	0.030	99.93%	100.00%	-0.0029
0.08	-4.539	0.611	-0.217	0.331	0.139	0.028	99.97%	100.00%	-0.0025
0.09	-4.147	0.570	-0.217	0.341	0.143	0.029	99.94%	100.00%	-0.0027
0.10	-3.959	0.548	-0.212	0.329	0.138	0.028	99.94%	100.00%	-0.0025
0.15	-2.816	0.392	-0.180	0.267	0.112	0.023	99.84%	100.00%	-0.0016
0.20	-3.074	0.473	-0.190	0.263	0.111	0.022	99.97%	100.00%	-0.0016
0.25	-2.651	0.416	-0.174	0.280	0.117	0.024	99.85%	100.00%	-0.0018
0.30	-2.391	0.393	-0.182	0.327	0.137	0.028	99.41%	100.00%	-0.0025
0.35	-2.398	0.382	-0.160	0.356	0.149	0.030	98.90%	100.00%	-0.0029
0.40	-2.875	0.475	-0.168	0.381	0.160	0.032	99.52%	99.99%	-0.0033
0.46	-2.985	0.495	-0.170	0.364	0.153	0.031	99.73%	100.00%	-0.0030
0.50	-2.967	0.500	-0.178	0.343	0.144	0.029	99.83%	100.00%	-0.0027
0.59	-3.339	0.574	-0.189	0.334	0.140	0.028	99.95%	100.00%	-0.0026
0.71	-3.179	0.551	-0.191	0.301	0.126	0.025	99.97%	100.00%	-0.0021
0.83	-3.705	0.647	-0.196	0.269	0.113	0.023	100.00%	100.00%	-0.0017
0.91	-3.889	0.667	-0.193	0.284	0.119	0.024	100.00%	100.00%	-0.0019
1.00	-3.954	0.683	-0.198	0.270	0.113	0.023	100.00%	100.00%	-0.0017
1.54	-4.386	0.732	-0.186	0.320	0.134	0.027	100.00%	100.00%	-0.0024
2.00	-4.536	0.746	-0.193	0.331	0.139	0.028	100.00%	100.00%	-0.0025
2.50	-4.271	0.702	-0.198	0.320	0.134	0.027	99.99%	100.00%	-0.0023
3.33	-4.226	0.689	-0.199	0.318	0.133	0.027	99.99%	100.00%	-0.0023
4.00	-3.184	0.542	-0.247	0.301	0.149	0.038	99.88%	100.00%	-0.0019
Componente vertical									D ₀ = 0.16
0.04	-3.768	0.465	-0.598	0.436	0.215	0.098	97.65%	100.00%	-0.0068
0.05	-3.335	0.450	-0.625	0.453	0.223	0.102	96.89%	100.00%	-0.0073
0.06	-3.395	0.465	-0.580	0.473	0.233	0.106	96.77%	100.00%	-0.0080
0.07	-3.395	0.465	-0.580	0.473	0.233	0.106	96.77%	100.00%	-0.0080
0.08	-3.908	0.559	-0.525	0.432	0.213	0.097	99.05%	100.00%	-0.0067
0.09	-3.912	0.554	-0.482	0.424	0.209	0.095	99.09%	99.99%	-0.0064
0.10	-3.812	0.560	-0.522	0.401	0.198	0.090	99.37%	100.00%	-0.0058
0.15	-3.151	0.442	-0.416	0.345	0.170	0.077	98.99%	100.00%	-0.0043
0.20	-3.415	0.499	-0.410	0.340	0.168	0.076	99.53%	100.00%	-0.0041
0.25	-2.652	0.377	-0.400	0.356	0.176	0.080	97.56%	99.99%	-0.0045
0.30	-3.543	0.522	-0.396	0.324	0.160	0.073	99.74%	100.00%	-0.0038
0.35	-3.463	0.511	-0.391	0.254	0.125	0.057	99.95%	100.00%	-0.0023
0.40	-3.322	0.499	-0.381	0.262	0.129	0.059	99.92%	100.00%	-0.0025
0.46	-2.623	0.399	-0.408	0.300	0.148	0.067	99.17%	100.00%	-0.0032
0.50	-2.894	0.449	-0.419	0.280	0.138	0.063	99.73%	100.00%	-0.0028
0.59	-3.023	0.484	-0.428	0.322	0.159	0.072	99.59%	100.00%	-0.0037
0.71	-3.369	0.541	-0.399	0.252	0.125	0.057	99.97%	100.00%	-0.0023
0.83	-3.308	0.516	-0.357	0.304	0.150	0.068	99.82%	99.99%	-0.0033
0.91	-3.207	0.500	-0.354	0.320	0.158	0.072	99.68%	99.99%	-0.0037
1.00	-3.661	0.577	-0.359	0.271	0.134	0.061	99.97%	100.00%	-0.0026
1.54	-3.163	0.503	-0.423	0.243	0.120	0.054	99.96%	100.00%	-0.0021
2.00	-2.464	0.366	-0.374	0.265	0.131	0.059	99.33%	100.00%	-0.0025
2.50	-2.904	0.442	-0.405	0.250	0.123	0.056	99.87%	100.00%	-0.0022
3.33	-3.269	0.499	-0.405	0.256	0.126	0.058	99.93%	100.00%	-0.0024
4.00	-3.696	0.567	-0.417	0.265	0.131	0.059	99.97%	100.00%	-0.0025

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 5%.

T (seg)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.23
0.04	-4.890	0.532	-0.314	0.315	0.132	0.042	99.95%	100.00%	-0.0036
0.05	-4.854	0.573	-0.334	0.328	0.137	0.044	99.96%	100.00%	-0.0039
0.06	-4.520	0.557	-0.340	0.345	0.144	0.046	99.92%	100.00%	-0.0043
0.07	-4.520	0.557	-0.340	0.345	0.144	0.046	99.92%	100.00%	-0.0043
0.08	-4.406	0.584	-0.344	0.318	0.133	0.043	99.97%	100.00%	-0.0037
0.09	-4.094	0.550	-0.339	0.322	0.135	0.043	99.95%	100.00%	-0.0037
0.10	-3.865	0.520	-0.329	0.312	0.131	0.042	99.94%	100.00%	-0.0035
0.15	-2.939	0.411	-0.299	0.269	0.113	0.036	99.88%	100.00%	-0.0026
0.20	-2.858	0.428	-0.298	0.260	0.109	0.035	99.93%	100.00%	-0.0024
0.25	-2.628	0.399	-0.276	0.283	0.118	0.038	99.79%	100.00%	-0.0029
0.30	-2.343	0.373	-0.284	0.329	0.138	0.044	99.20%	100.00%	-0.0039
0.35	-2.357	0.369	-0.262	0.357	0.149	0.048	98.70%	100.00%	-0.0046
0.40	-2.661	0.430	-0.267	0.375	0.157	0.050	99.24%	100.00%	-0.0051
0.46	-2.830	0.469	-0.280	0.361	0.151	0.048	99.64%	100.00%	-0.0047
0.50	-2.883	0.486	-0.292	0.347	0.145	0.047	99.78%	100.00%	-0.0044
0.59	-3.125	0.535	-0.302	0.330	0.138	0.044	99.93%	100.00%	-0.0039
0.71	-3.114	0.537	-0.303	0.304	0.127	0.041	99.96%	100.00%	-0.0033
0.83	-3.626	0.631	-0.316	0.282	0.118	0.038	100.00%	100.00%	-0.0029
0.91	-3.711	0.639	-0.310	0.290	0.121	0.039	100.00%	100.00%	-0.0030
1.00	-3.830	0.659	-0.313	0.279	0.117	0.037	100.00%	100.00%	-0.0028
1.54	-4.179	0.698	-0.298	0.324	0.136	0.043	99.99%	100.00%	-0.0038
2.00	-4.342	0.722	-0.312	0.335	0.140	0.045	99.99%	100.00%	-0.0040
2.50	-4.189	0.696	-0.318	0.325	0.136	0.044	99.99%	100.00%	-0.0038
3.33	-4.128	0.682	-0.320	0.324	0.136	0.043	99.99%	100.00%	-0.0038
4.00	-2.905	0.505	-0.390	0.301	0.149	0.059	99.80%	100.00%	-0.0028
Componente vertical									D ₀ = 0.59
0.04	-4.170	0.478	-0.235	0.437	0.217	0.039	97.83%	100.00%	-0.0029
0.05	-3.795	0.462	-0.240	0.444	0.220	0.040	97.33%	100.00%	-0.0030
0.06	-3.790	0.466	-0.221	0.455	0.226	0.041	97.15%	100.00%	-0.0031
0.07	-3.790	0.466	-0.221	0.455	0.226	0.041	97.15%	100.00%	-0.0031
0.08	-3.926	0.512	-0.210	0.432	0.214	0.039	98.47%	100.00%	-0.0028
0.09	-3.850	0.508	-0.202	0.411	0.204	0.037	98.75%	100.00%	-0.0025
0.10	-3.835	0.514	-0.206	0.399	0.198	0.036	98.99%	100.00%	-0.0024
0.15	-3.354	0.431	-0.166	0.339	0.168	0.030	98.91%	100.00%	-0.0017
0.20	-3.787	0.520	-0.169	0.348	0.173	0.031	99.56%	100.00%	-0.0018
0.25	-3.080	0.414	-0.170	0.355	0.176	0.032	98.34%	100.00%	-0.0019
0.30	-3.693	0.507	-0.155	0.324	0.161	0.029	99.67%	100.00%	-0.0016
0.35	-3.503	0.489	-0.161	0.268	0.133	0.024	99.89%	100.00%	-0.0011
0.40	-3.428	0.486	-0.159	0.277	0.137	0.025	99.85%	100.00%	-0.0012
0.46	-3.012	0.427	-0.166	0.307	0.152	0.027	99.34%	100.00%	-0.0014
0.50	-2.917	0.416	-0.167	0.278	0.138	0.025	99.57%	100.00%	-0.0012
0.59	-3.216	0.477	-0.170	0.312	0.155	0.028	99.62%	100.00%	-0.0015
0.71	-3.615	0.546	-0.161	0.280	0.139	0.025	99.93%	100.00%	-0.0012
0.83	-3.521	0.525	-0.154	0.314	0.156	0.028	99.79%	100.00%	-0.0015
0.91	-3.567	0.532	-0.148	0.305	0.151	0.027	99.84%	100.00%	-0.0014
1.00	-3.857	0.579	-0.147	0.283	0.141	0.025	99.95%	100.00%	-0.0012
1.54	-3.391	0.509	-0.167	0.249	0.124	0.022	99.95%	100.00%	-0.0009
2.00	-2.868	0.410	-0.157	0.254	0.126	0.023	99.73%	100.00%	-0.0010
2.50	-3.099	0.446	-0.159	0.255	0.126	0.023	99.85%	100.00%	-0.0010
3.33	-3.389	0.496	-0.165	0.258	0.128	0.023	99.93%	100.00%	-0.0010
4.00	-3.731	0.547	-0.167	0.261	0.129	0.023	99.96%	100.00%	-0.0010

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 10%.

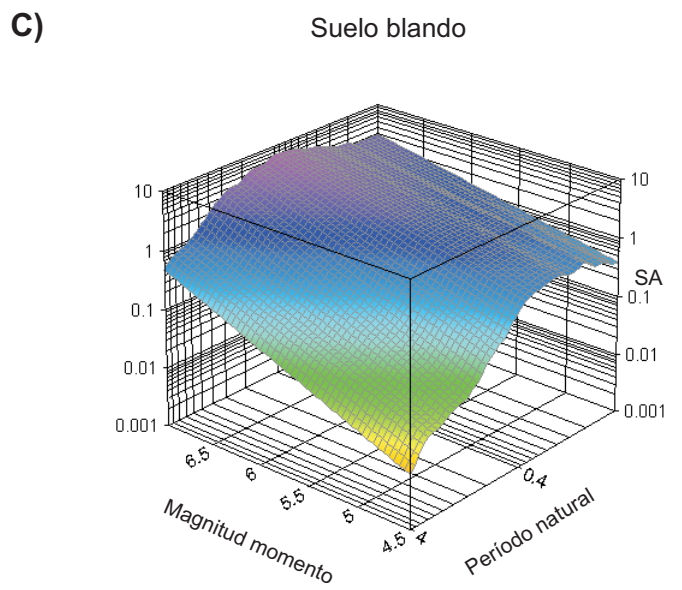
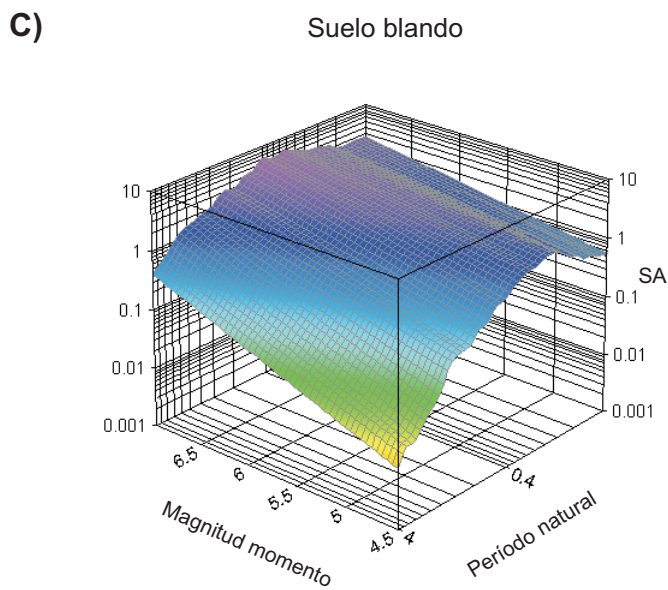
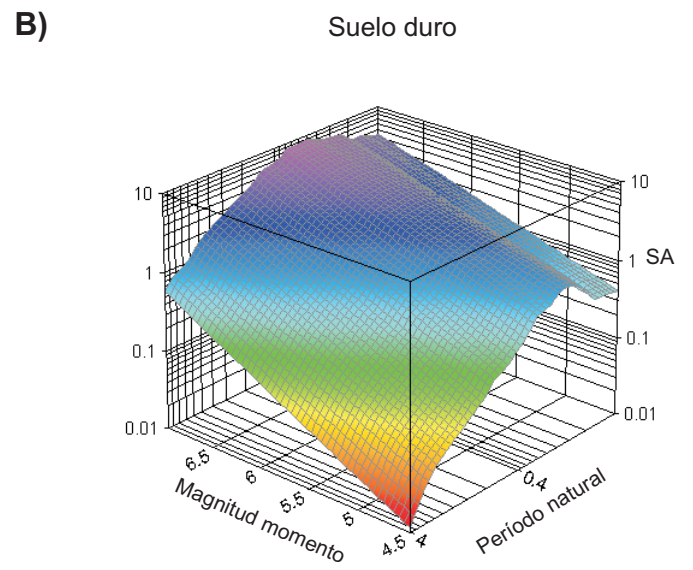
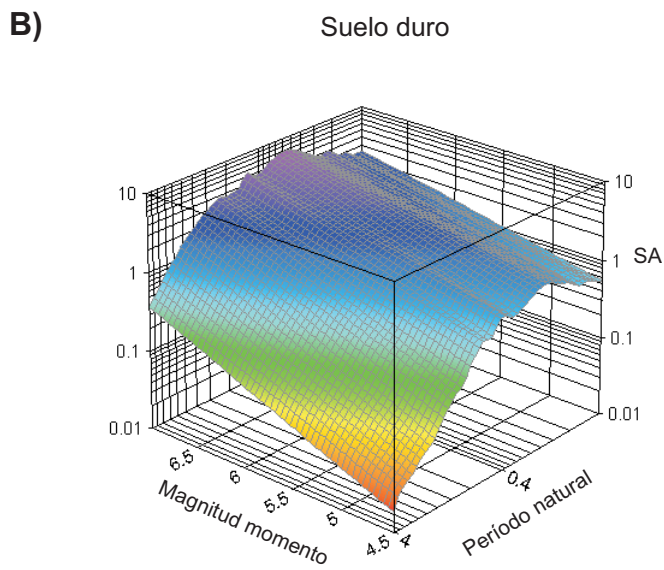
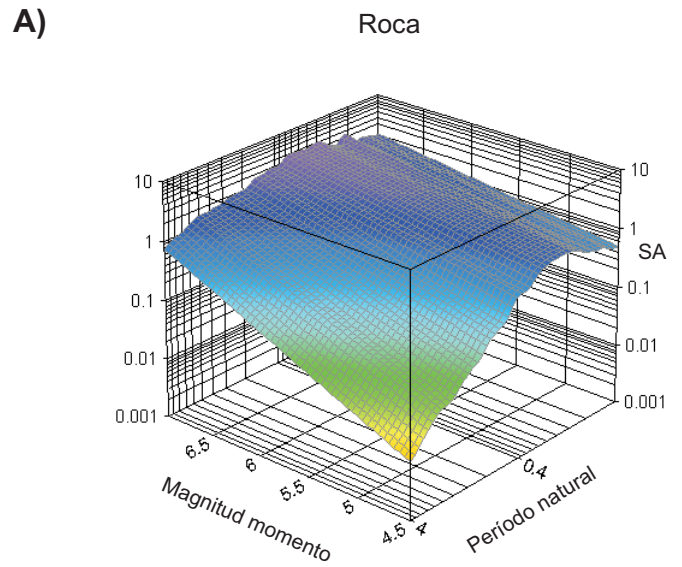
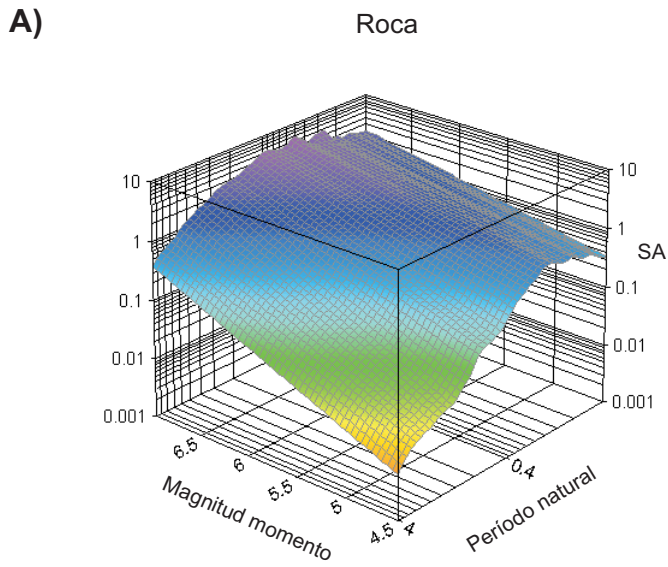
T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.31
0.04	-4.983	0.532	-0.266	0.318	0.133	0.036	99.94%	100.00%	-0.0031
0.05	-4.864	0.555	-0.278	0.328	0.138	0.037	99.95%	100.00%	-0.0033
0.06	-4.591	0.549	-0.287	0.328	0.137	0.037	99.94%	100.00%	-0.0033
0.07	-4.591	0.549	-0.287	0.328	0.137	0.037	99.94%	100.00%	-0.0033
0.08	-4.404	0.563	-0.291	0.317	0.133	0.036	99.96%	100.00%	-0.0031
0.09	-4.171	0.537	-0.283	0.307	0.129	0.035	99.96%	100.00%	-0.0029
0.10	-3.929	0.504	-0.274	0.303	0.127	0.035	99.94%	100.00%	-0.0028
0.15	-3.177	0.431	-0.260	0.273	0.114	0.031	99.91%	100.00%	-0.0023
0.20	-2.886	0.407	-0.249	0.262	0.110	0.030	99.89%	100.00%	-0.0021
0.25	-2.681	0.385	-0.236	0.295	0.124	0.034	99.64%	100.00%	-0.0027
0.30	-2.516	0.375	-0.239	0.331	0.139	0.038	99.19%	100.00%	-0.0034
0.35	-2.514	0.376	-0.229	0.357	0.150	0.041	98.80%	100.00%	-0.0039
0.40	-2.695	0.416	-0.231	0.368	0.154	0.042	99.17%	100.00%	-0.0042
0.46	-2.818	0.448	-0.241	0.359	0.150	0.041	99.54%	100.00%	-0.0040
0.50	-2.883	0.465	-0.248	0.347	0.146	0.040	99.70%	100.00%	-0.0037
0.59	-3.045	0.499	-0.253	0.334	0.140	0.038	99.86%	100.00%	-0.0034
0.71	-3.222	0.534	-0.257	0.313	0.131	0.036	99.95%	100.00%	-0.0030
0.83	-3.627	0.609	-0.267	0.302	0.127	0.034	99.99%	100.00%	-0.0028
0.91	-3.692	0.618	-0.264	0.301	0.126	0.034	99.99%	100.00%	-0.0028
1.00	-3.841	0.642	-0.265	0.296	0.124	0.034	99.99%	100.00%	-0.0027
1.54	-4.136	0.678	-0.256	0.330	0.138	0.038	99.99%	100.00%	-0.0033
2.00	-4.261	0.699	-0.268	0.337	0.141	0.038	99.99%	100.00%	-0.0035
2.50	-4.261	0.698	-0.272	0.333	0.140	0.038	99.99%	100.00%	-0.0034
3.33	-4.188	0.682	-0.272	0.331	0.139	0.038	99.99%	100.00%	-0.0034
4.00	-2.797	0.479	-0.334	0.305	0.151	0.051	99.69%	100.00%	-0.0025
Componente vertical									D ₀ = 0.37
0.04	-3.973	0.440	-0.386	0.423	0.209	0.063	97.34%	100.00%	-0.0044
0.05	-3.631	0.419	-0.382	0.429	0.212	0.064	96.63%	100.00%	-0.0045
0.06	-3.632	0.427	-0.358	0.432	0.214	0.064	96.78%	100.00%	-0.0046
0.07	-3.632	0.427	-0.358	0.432	0.214	0.064	96.78%	100.00%	-0.0046
0.08	-3.689	0.466	-0.352	0.421	0.209	0.062	97.94%	100.00%	-0.0043
0.09	-3.618	0.463	-0.340	0.401	0.198	0.059	98.30%	100.00%	-0.0039
0.10	-3.604	0.465	-0.334	0.386	0.191	0.057	98.61%	100.00%	-0.0036
0.15	-3.354	0.425	-0.282	0.347	0.172	0.051	98.71%	100.00%	-0.0029
0.20	-3.733	0.502	-0.287	0.343	0.170	0.051	99.51%	100.00%	-0.0029
0.25	-3.167	0.422	-0.289	0.349	0.173	0.052	98.62%	100.00%	-0.0030
0.30	-3.457	0.459	-0.259	0.326	0.161	0.048	99.39%	100.00%	-0.0026
0.35	-3.462	0.479	-0.274	0.276	0.137	0.041	99.84%	100.00%	-0.0019
0.40	-3.356	0.471	-0.277	0.285	0.141	0.042	99.78%	100.00%	-0.0020
0.46	-3.071	0.431	-0.278	0.291	0.144	0.043	99.54%	100.00%	-0.0021
0.50	-2.857	0.397	-0.275	0.279	0.138	0.041	99.42%	100.00%	-0.0019
0.59	-3.117	0.450	-0.276	0.308	0.153	0.046	99.50%	100.00%	-0.0023
0.71	-3.472	0.517	-0.272	0.302	0.149	0.045	99.83%	100.00%	-0.0022
0.83	-3.435	0.515	-0.272	0.299	0.148	0.044	99.83%	100.00%	-0.0022
0.91	-3.510	0.523	-0.259	0.300	0.149	0.044	99.84%	100.00%	-0.0022
1.00	-3.620	0.536	-0.251	0.288	0.143	0.043	99.91%	100.00%	-0.0020
1.54	-3.266	0.491	-0.282	0.251	0.124	0.037	99.94%	100.00%	-0.0015
2.00	-2.900	0.418	-0.269	0.257	0.127	0.038	99.75%	100.00%	-0.0016
2.50	-3.060	0.446	-0.271	0.251	0.124	0.037	99.87%	100.00%	-0.0015
3.33	-3.197	0.471	-0.281	0.252	0.125	0.037	99.91%	100.00%	-0.0015
4.00	-3.430	0.504	-0.280	0.257	0.127	0.038	99.94%	100.00%	-0.0016

Coeficientes y parámetros estadísticos del análisis de regresión del espectro de respuesta de velocidad relativa. Suelo blando y muy blando. Falla de empuje. Amortiguamiento 20%.

T (sec)	b ₀	b ₁	b ₂	s ²	S.E.(b ₁)	S.E.(b ₂)	Signif. b ₁	Signif. b ₂	cov (b ₁ ,b ₂)
Resultante horizontal									D ₀ = 0.89
0.04	-5.169	0.529	-0.034	0.322	0.136	0.005	99.93%	100.00%	-0.0004
0.05	-5.019	0.543	-0.035	0.323	0.136	0.005	99.94%	100.00%	-0.0004
0.06	-4.814	0.544	-0.037	0.317	0.134	0.005	99.95%	100.00%	-0.0004
0.07	-4.814	0.544	-0.037	0.317	0.134	0.005	99.95%	100.00%	-0.0004
0.08	-4.529	0.538	-0.037	0.309	0.130	0.005	99.95%	100.00%	-0.0004
0.09	-4.326	0.516	-0.036	0.301	0.127	0.004	99.95%	100.00%	-0.0004
0.10	-4.151	0.494	-0.035	0.299	0.126	0.004	99.93%	100.00%	-0.0004
0.15	-3.597	0.454	-0.034	0.275	0.116	0.004	99.93%	100.00%	-0.0003
0.20	-3.184	0.409	-0.032	0.272	0.115	0.004	99.86%	100.00%	-0.0003
0.25	-2.972	0.391	-0.031	0.301	0.127	0.004	99.61%	100.00%	-0.0004
0.30	-2.938	0.398	-0.031	0.327	0.138	0.005	99.43%	100.00%	-0.0004
0.35	-2.906	0.399	-0.030	0.345	0.146	0.005	99.24%	100.00%	-0.0005
0.40	-2.945	0.416	-0.030	0.356	0.150	0.005	99.28%	100.00%	-0.0005
0.46	-3.011	0.436	-0.031	0.356	0.150	0.005	99.45%	100.00%	-0.0005
0.50	-3.074	0.451	-0.031	0.349	0.147	0.005	99.60%	100.00%	-0.0005
0.59	-3.182	0.474	-0.032	0.343	0.145	0.005	99.74%	100.00%	-0.0005
0.71	-3.434	0.525	-0.033	0.331	0.140	0.005	99.90%	100.00%	-0.0004
0.83	-3.701	0.575	-0.034	0.324	0.137	0.005	99.96%	100.00%	-0.0004
0.91	-3.821	0.595	-0.034	0.321	0.136	0.005	99.97%	100.00%	-0.0004
1.00	-3.947	0.615	-0.033	0.323	0.137	0.005	99.98%	100.00%	-0.0004
1.54	-4.192	0.652	-0.033	0.339	0.143	0.005	99.98%	100.00%	-0.0005
2.00	-4.293	0.670	-0.034	0.346	0.146	0.005	99.98%	100.00%	-0.0005
2.50	-4.372	0.683	-0.035	0.346	0.146	0.005	99.98%	100.00%	-0.0005
3.33	-4.355	0.678	-0.035	0.341	0.144	0.005	99.99%	100.00%	-0.0005
4.00	-2.878	0.461	-0.044	0.317	0.158	0.007	99.48%	100.00%	-0.0004
Componente vertical									D ₀ = 0.24
0.04	-3.923	0.417	-0.486	0.410	0.203	0.078	97.12%	100.00%	-0.0052
0.05	-3.676	0.402	-0.472	0.416	0.206	0.080	96.54%	100.00%	-0.0054
0.06	-3.583	0.397	-0.445	0.413	0.204	0.079	96.47%	100.00%	-0.0053
0.07	-3.583	0.397	-0.445	0.413	0.204	0.079	96.47%	100.00%	-0.0053
0.08	-3.654	0.440	-0.440	0.408	0.201	0.078	97.74%	100.00%	-0.0051
0.09	-3.522	0.423	-0.421	0.391	0.193	0.075	97.75%	100.00%	-0.0047
0.10	-3.515	0.427	-0.414	0.379	0.187	0.072	98.11%	100.00%	-0.0045
0.15	-3.349	0.414	-0.379	0.355	0.176	0.068	98.37%	100.00%	-0.0039
0.20	-3.529	0.455	-0.373	0.329	0.163	0.063	99.32%	100.00%	-0.0033
0.25	-3.343	0.432	-0.366	0.332	0.164	0.064	99.06%	100.00%	-0.0034
0.30	-3.398	0.444	-0.351	0.316	0.156	0.060	99.39%	100.00%	-0.0031
0.35	-3.430	0.460	-0.354	0.288	0.142	0.055	99.72%	100.00%	-0.0026
0.40	-3.288	0.446	-0.357	0.288	0.142	0.055	99.66%	100.00%	-0.0026
0.46	-3.122	0.425	-0.356	0.295	0.146	0.056	99.47%	100.00%	-0.0027
0.50	-3.028	0.411	-0.351	0.296	0.146	0.056	99.34%	100.00%	-0.0027
0.59	-3.080	0.432	-0.357	0.309	0.153	0.059	99.37%	100.00%	-0.0030
0.71	-3.361	0.492	-0.361	0.305	0.151	0.058	99.74%	100.00%	-0.0029
0.83	-3.352	0.495	-0.362	0.304	0.150	0.058	99.75%	100.00%	-0.0029
0.91	-3.297	0.484	-0.353	0.293	0.145	0.056	99.77%	100.00%	-0.0027
1.00	-3.285	0.479	-0.345	0.283	0.140	0.054	99.81%	100.00%	-0.0025
1.54	-3.148	0.467	-0.363	0.252	0.125	0.048	99.90%	100.00%	-0.0020
2.00	-3.073	0.447	-0.354	0.264	0.130	0.050	99.81%	100.00%	-0.0021
2.50	-3.022	0.440	-0.357	0.255	0.126	0.049	99.84%	100.00%	-0.0020
3.33	-3.126	0.459	-0.362	0.256	0.127	0.049	99.88%	100.00%	-0.0020
4.00	-3.146	0.458	-0.361	0.259	0.128	0.049	99.86%	100.00%	-0.0021

Anejo 5

Gráficos tridimensionales de los espectros de respuesta de aceleración horizontal

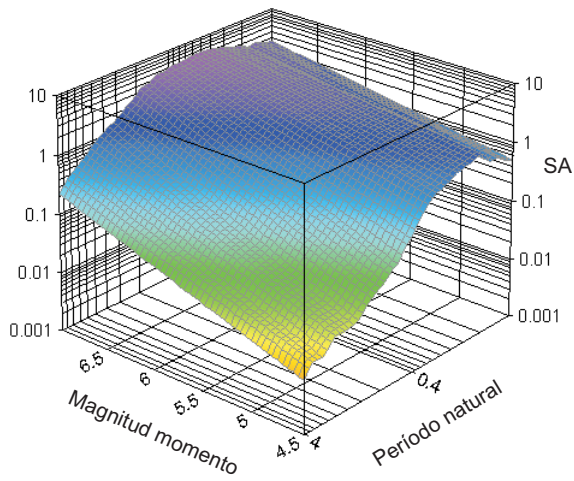


Anejo 5.1. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla normal. Distancia Joyner-Boore 20 km.

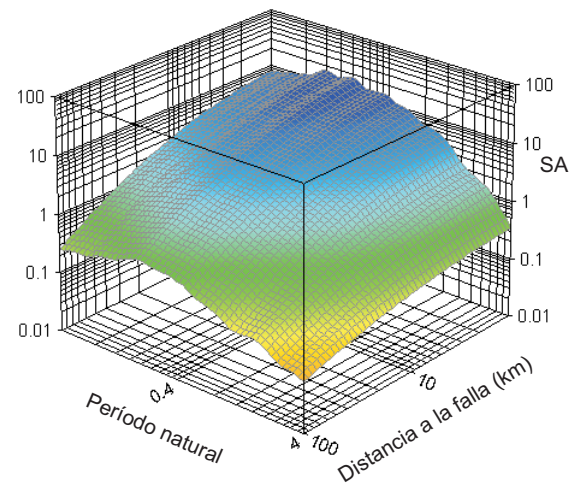
Anejo 5.2. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de rumbo. Distancia Joyner-Boore 20 km.

A)

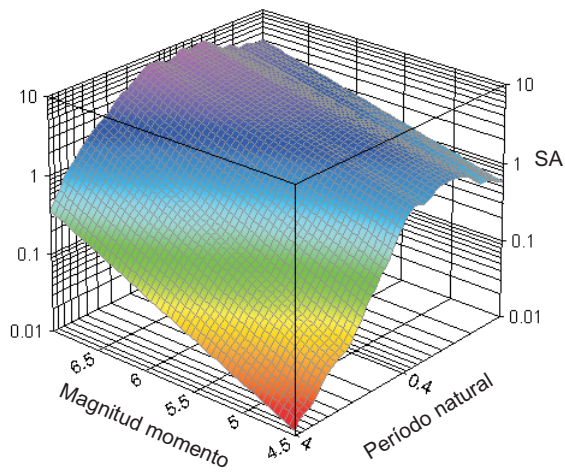
Roca

**A)**

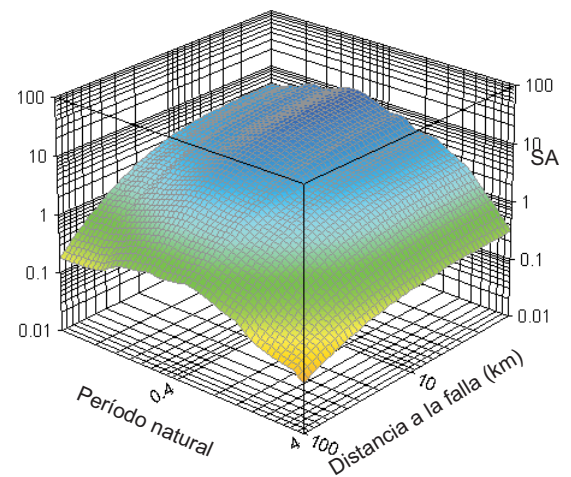
Roca

**B)**

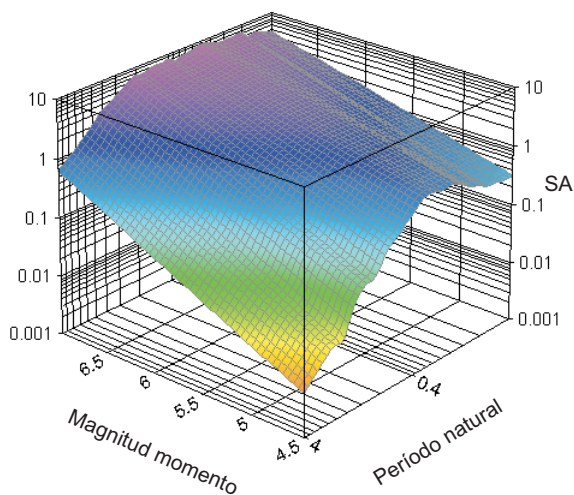
Suelo duro

**B)**

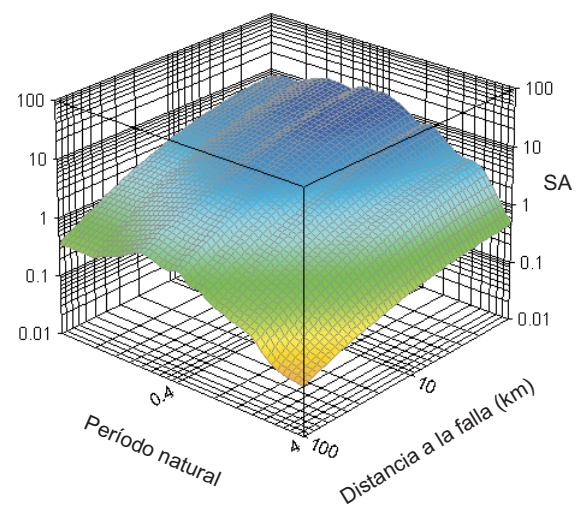
Suelo duro

**C)**

Suelo blando

**C)**

Suelo blando

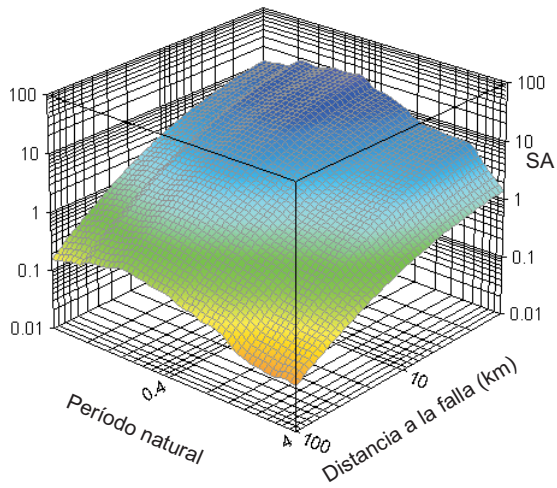


Anejo 5.3. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de empuje. Distancia Joyner-Boore 20 km.

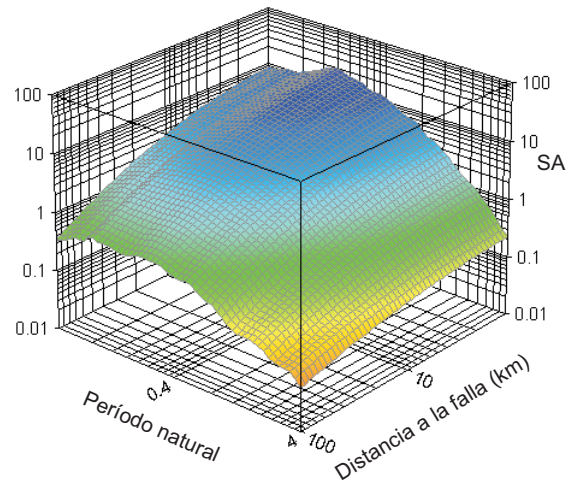
Anejo 5.4. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla normal. Magnitud momento 6,5.

A)

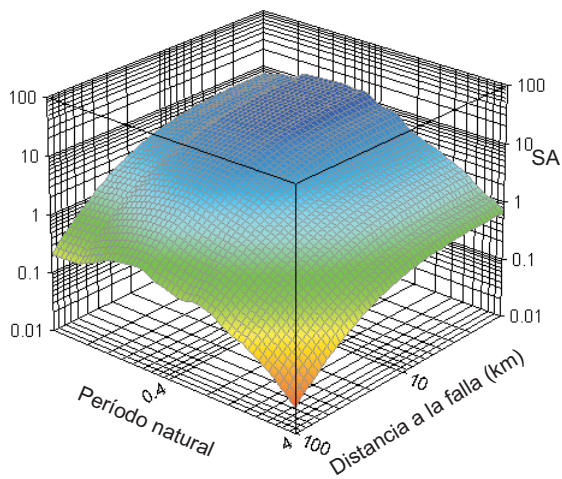
Roca

**A)**

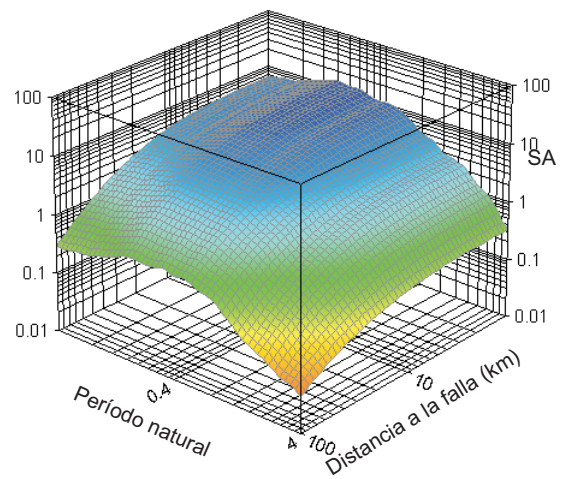
Roca

**B)**

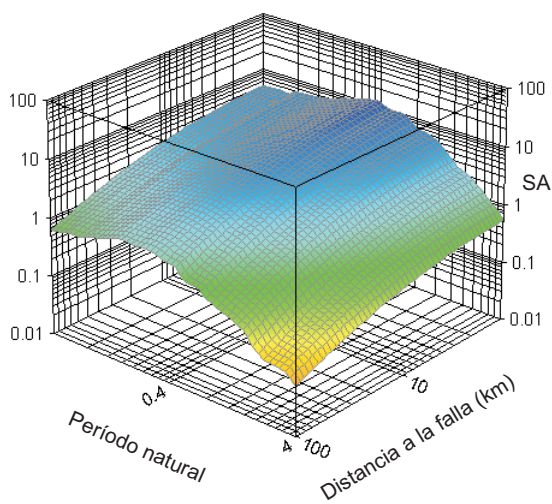
Suelo duro

**B)**

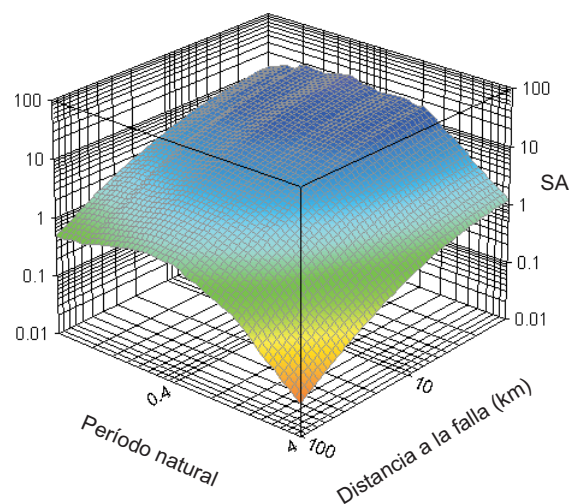
Suelo duro

**C)**

Suelo blando

**C)**

Suelo blando

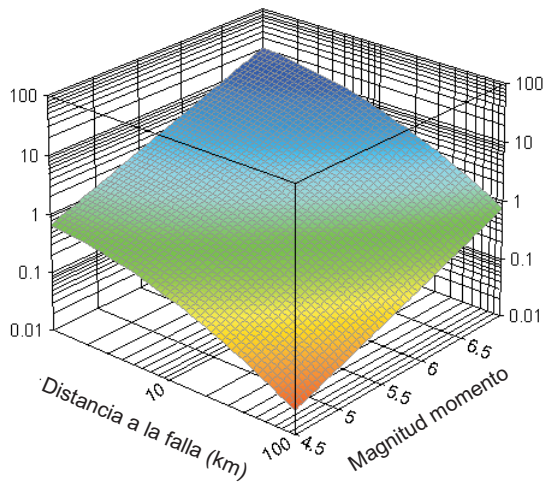


Anejo 5.5. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de rumbo. Magnitud momento 6,5.

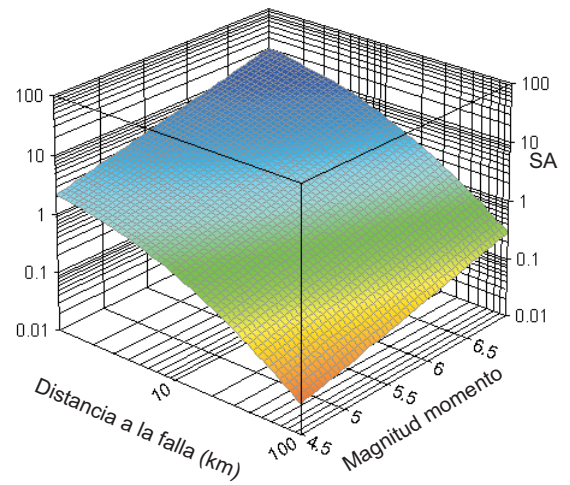
Anejo 5.6. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de empuje. Magnitud momento 6,5.

A)

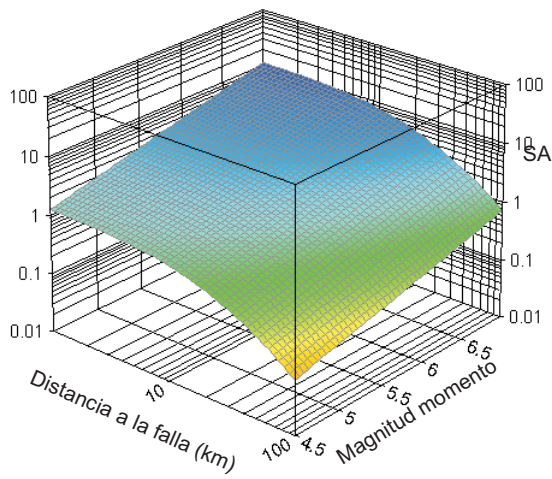
Roca

**A)**

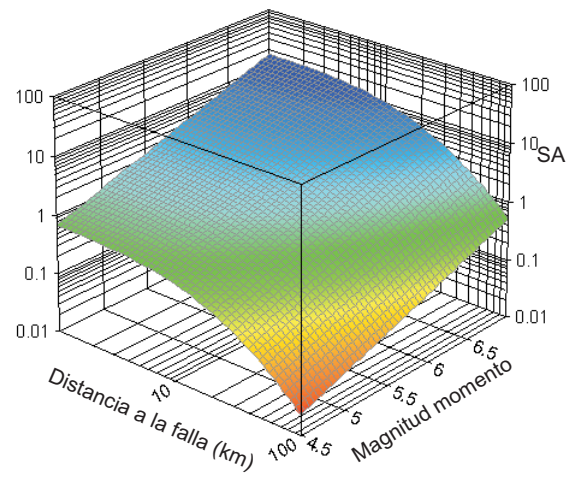
Roca

**B)**

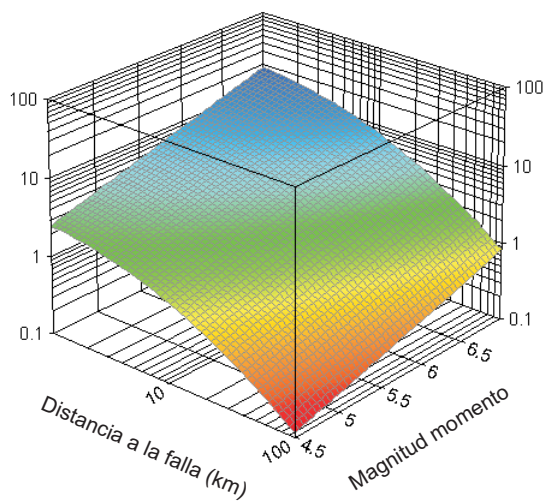
Suelo duro

**B)**

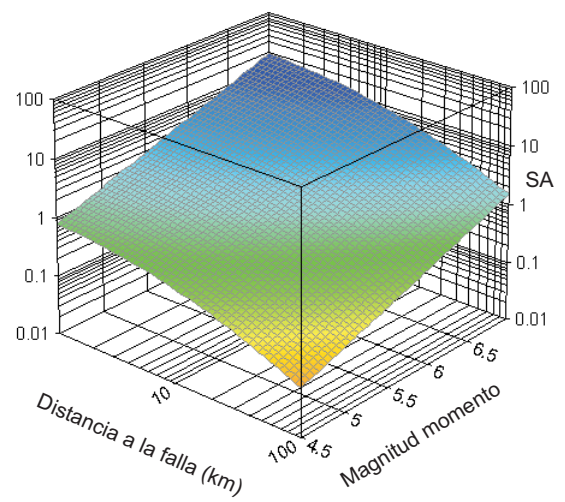
Suelo duro

**C)**

Suelo blando

**C)**

Suelo blando

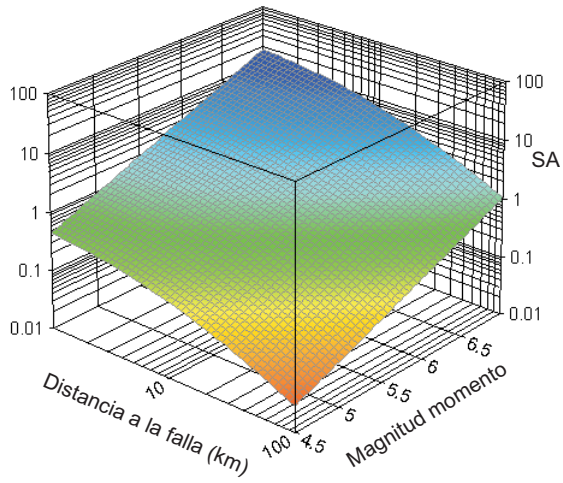


Anejo 5.7. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla normal. Periodo natural 0,50 seg.

Anejo 5.8. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de rumbo. Periodo natural 0,50 seg.

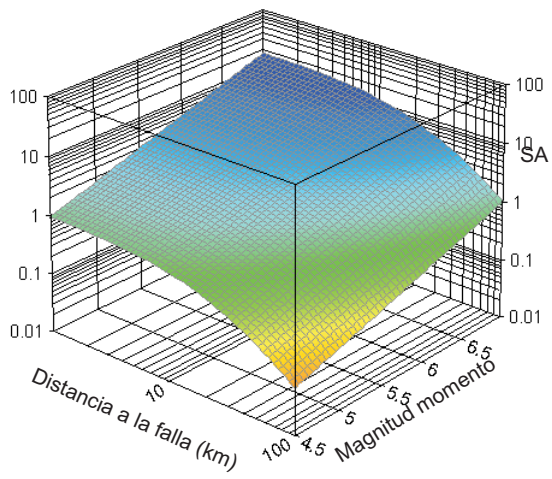
A)

Roca



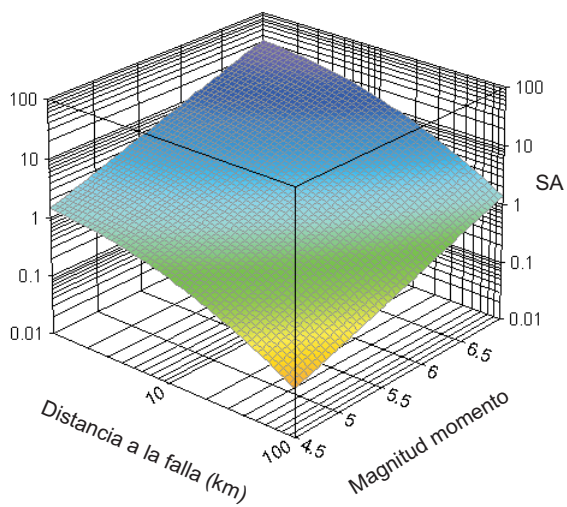
B)

Suelo duro



C)

Suelo blando

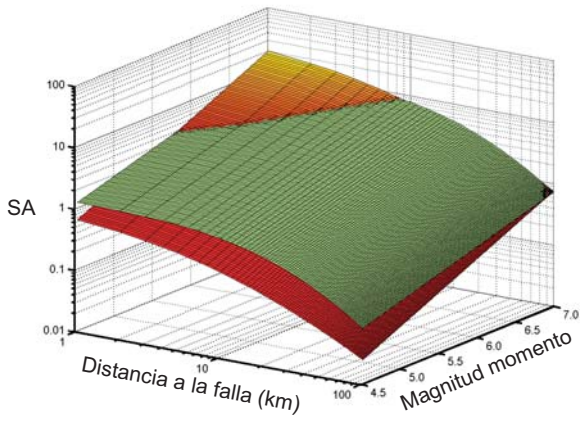


Anejo 5.9. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio para un amortiguamiento del 5 por ciento. Falla de empuje. Periodo natural 0,50 seg.

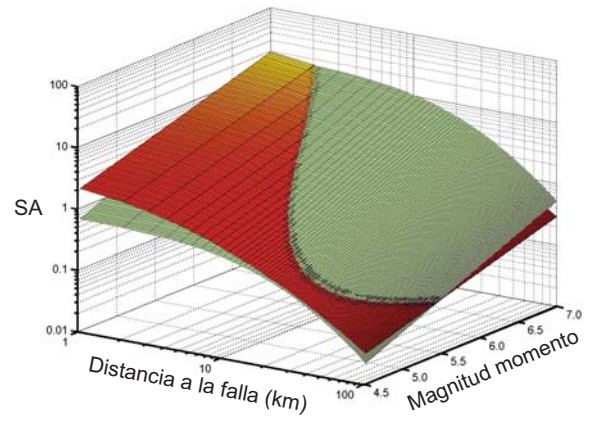
Anejo 6

Comparación de los gráficos tridimensionales de los espectros de respuesta de aceleración horizontal

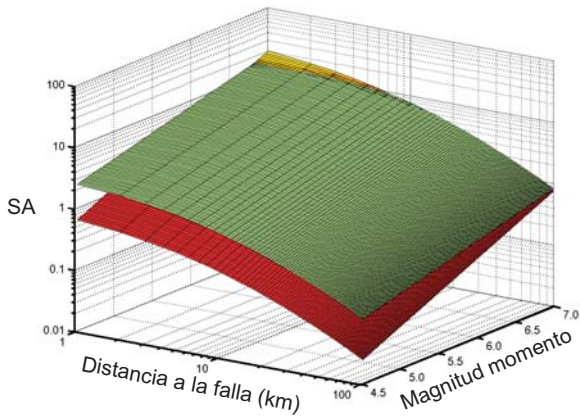
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



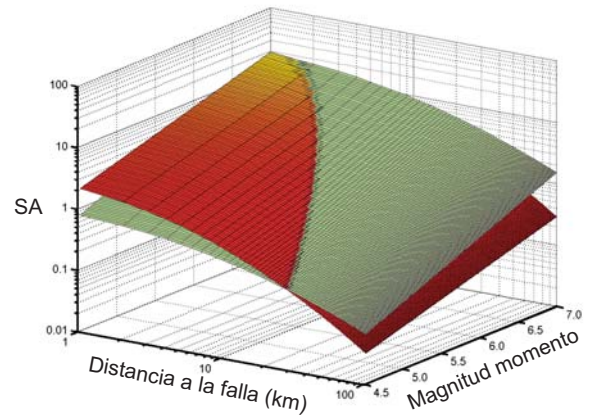
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



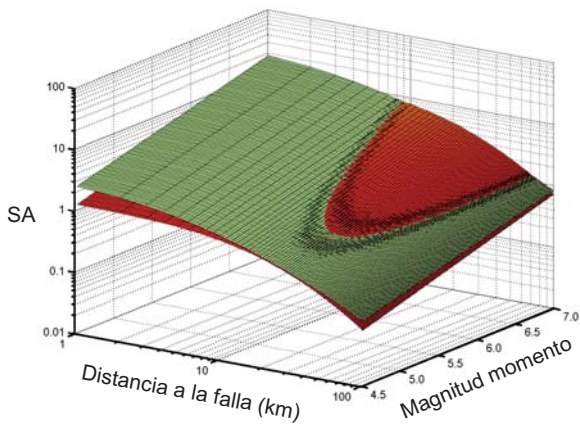
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



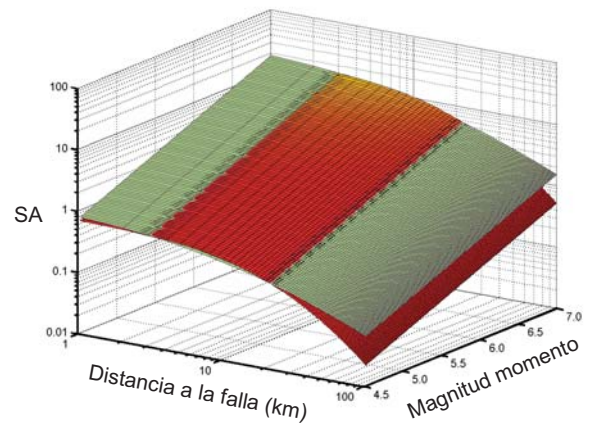
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



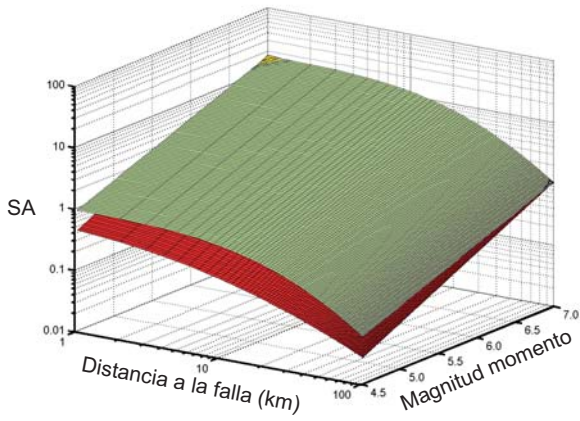
C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



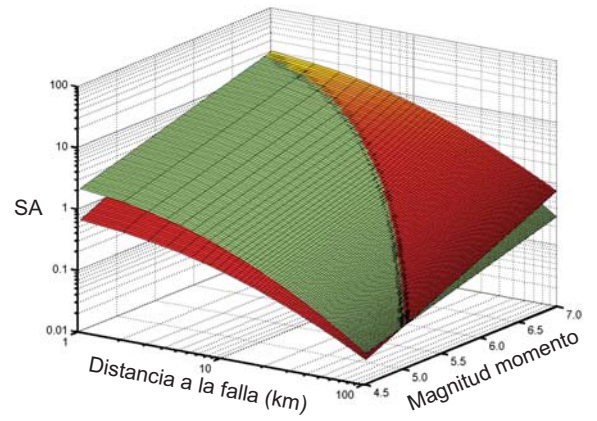
Anejo 6.1. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla normal. Periodo natural 0,50 seg.

Anejo 6.2. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de rumbo. Periodo natural 0,50 seg.

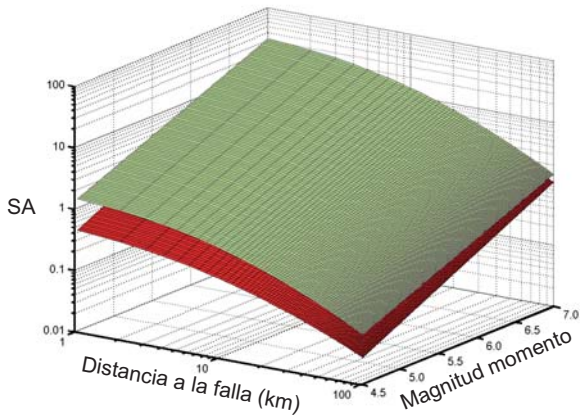
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



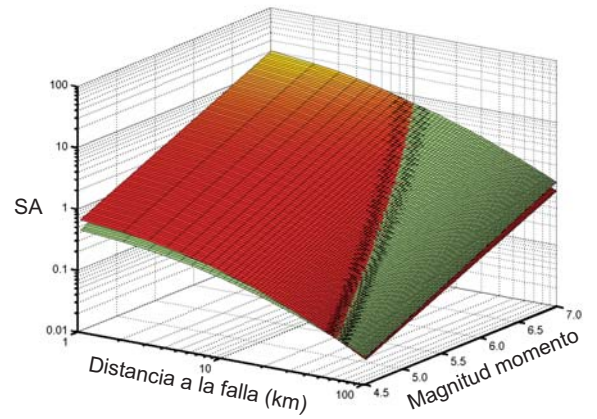
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



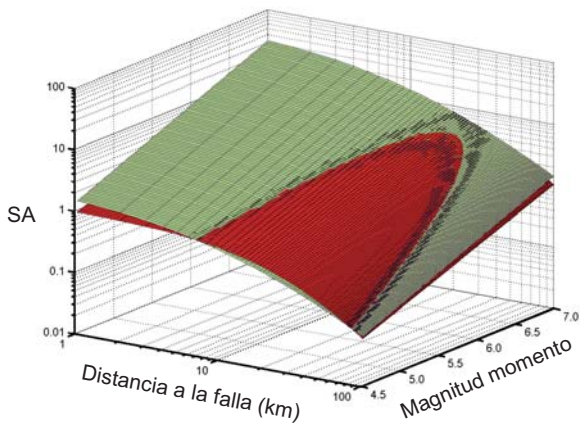
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



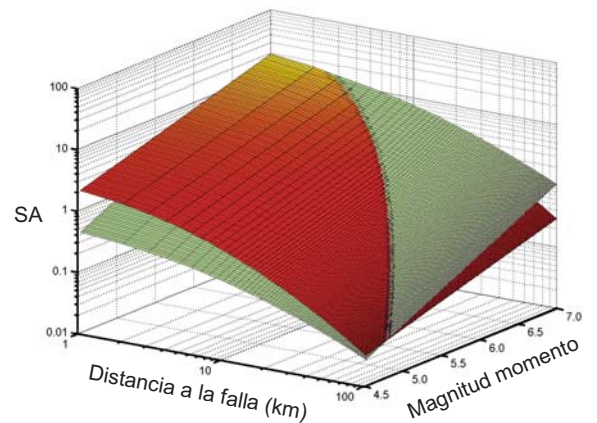
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



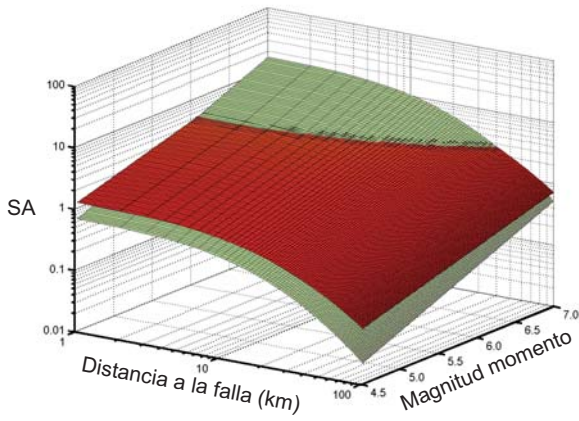
C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



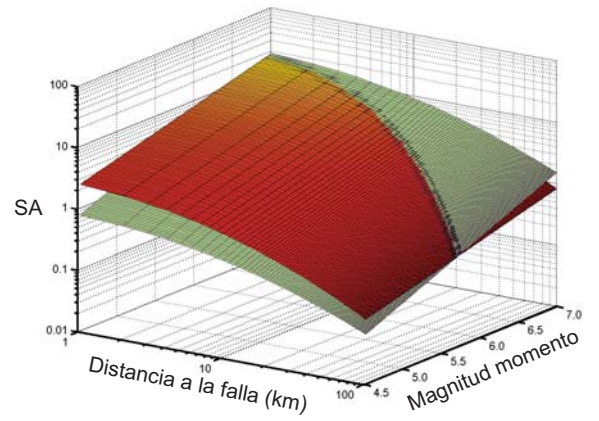
Anejo 6.3. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de empuje. Periodo natural 0,50 seg.

Anejo 6.4. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Roca. Periodo natural 0,50 seg.

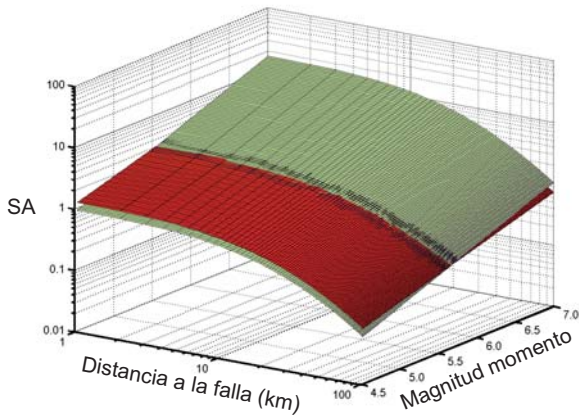
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



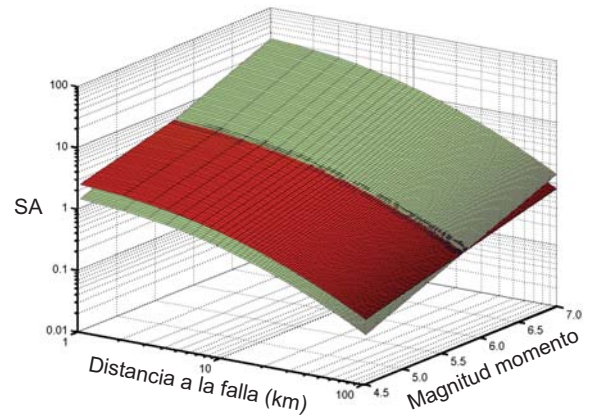
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



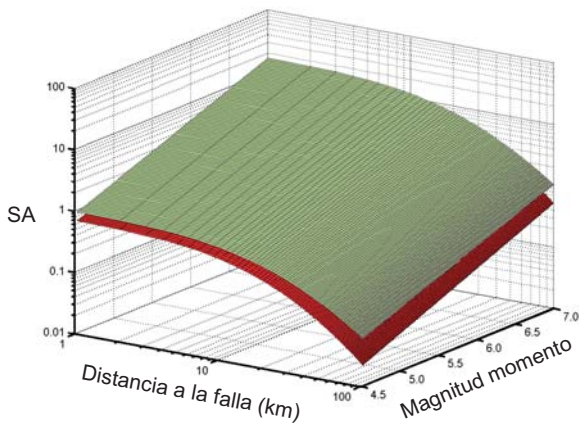
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



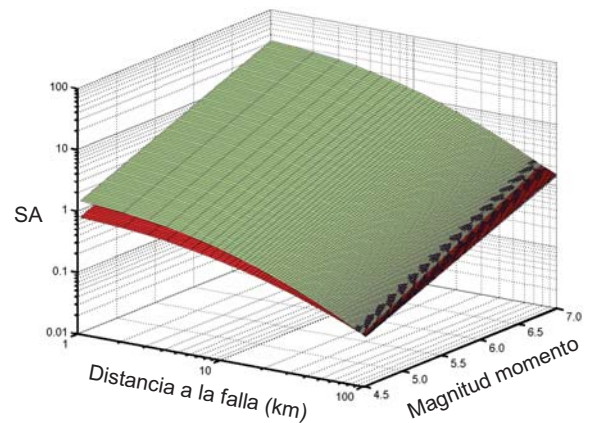
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



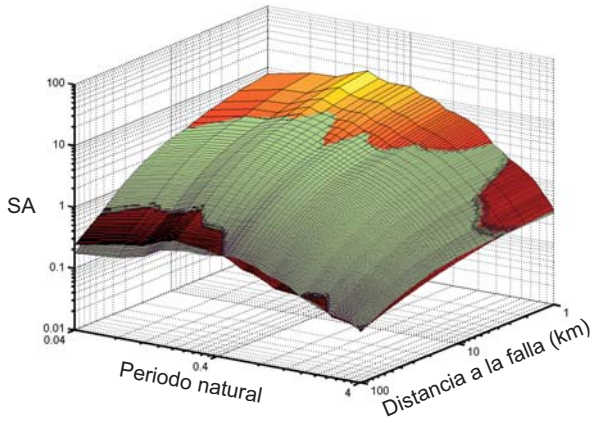
C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



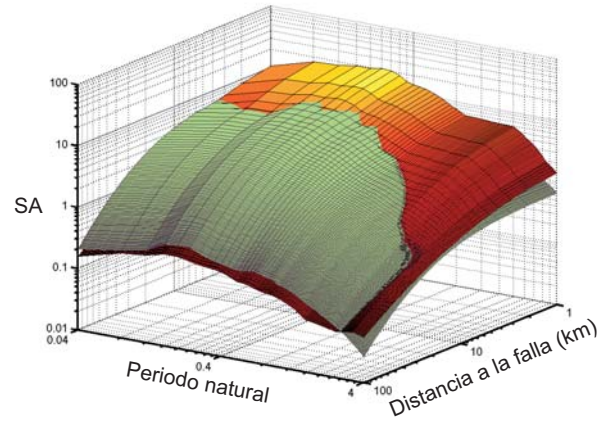
Anejo 6.5. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo duro. Periodo natural 0,50 seg.

Anejo 6.6. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo blando. Periodo natural 0,50 seg.

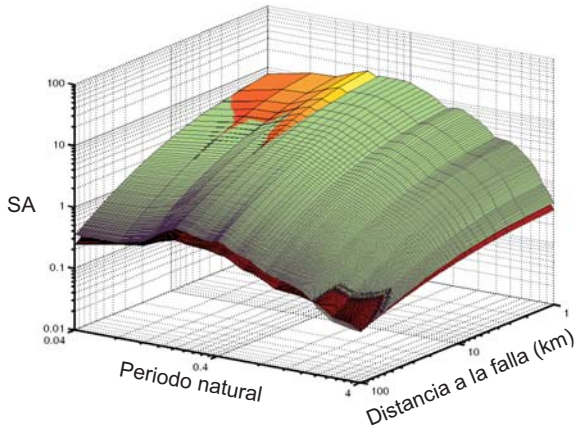
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



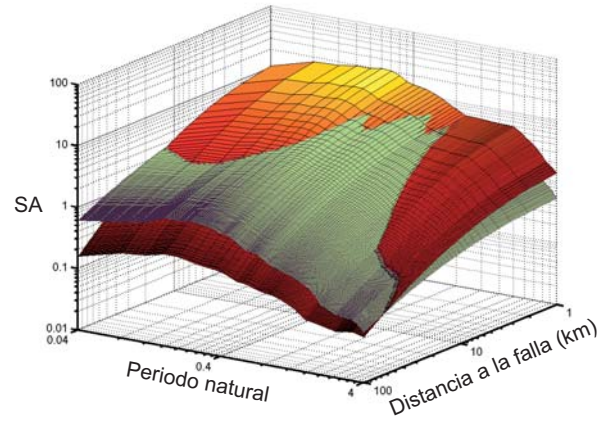
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



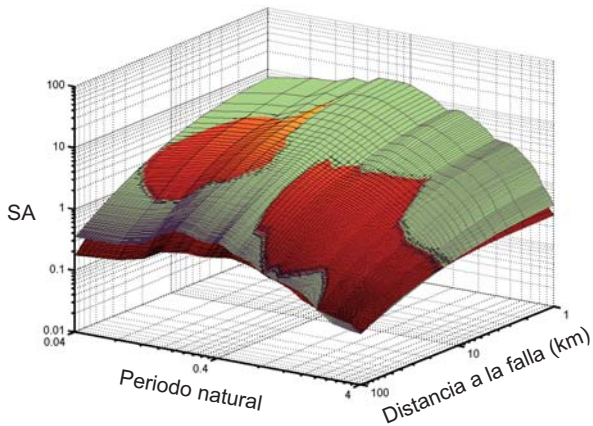
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



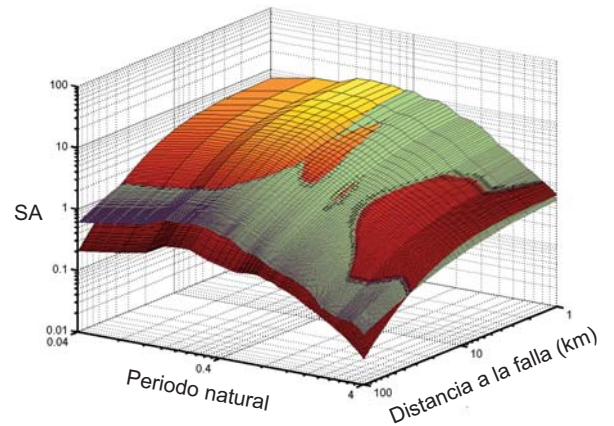
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



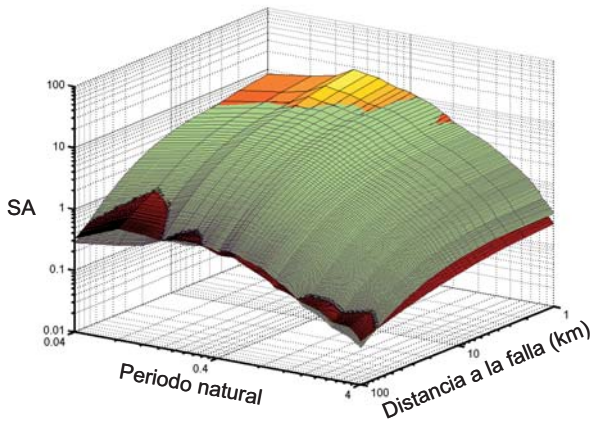
C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



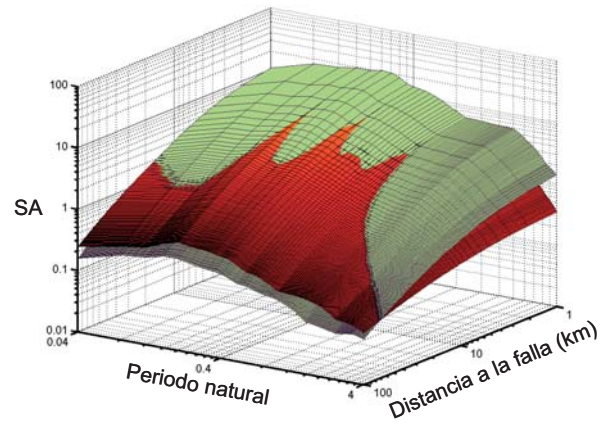
Anejo 6.7. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla normal. Magnitud momento 6,5.

Anejo 6.8. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de rumbo. Magnitud momento 6,5.

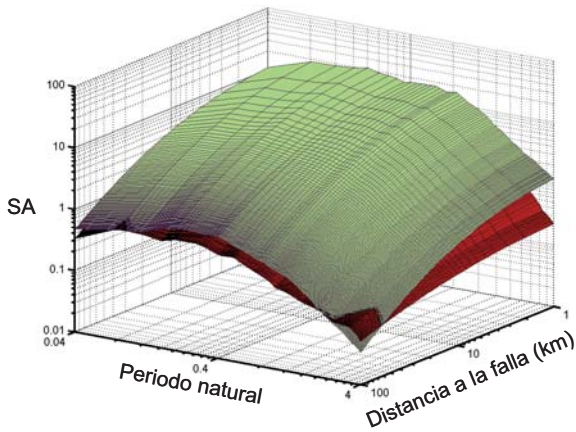
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



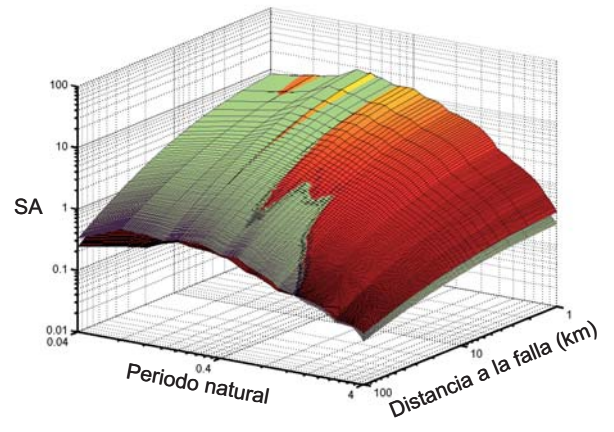
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



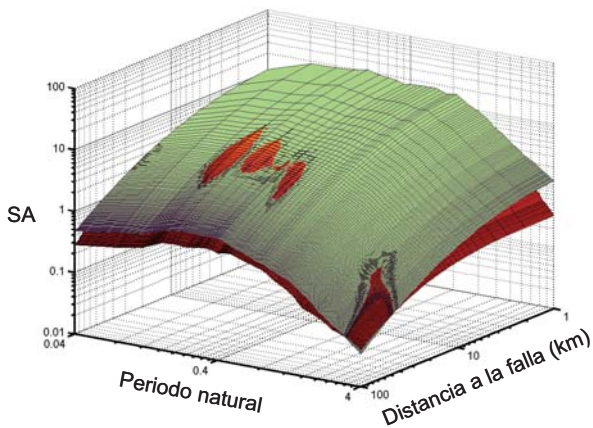
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



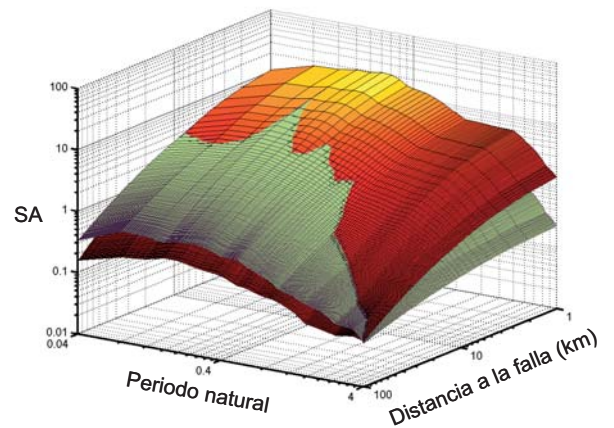
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



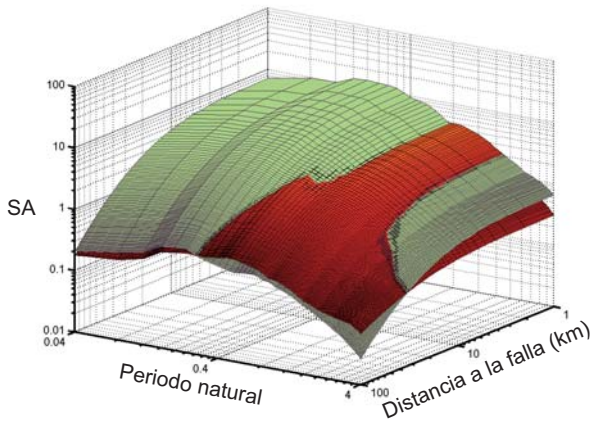
C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



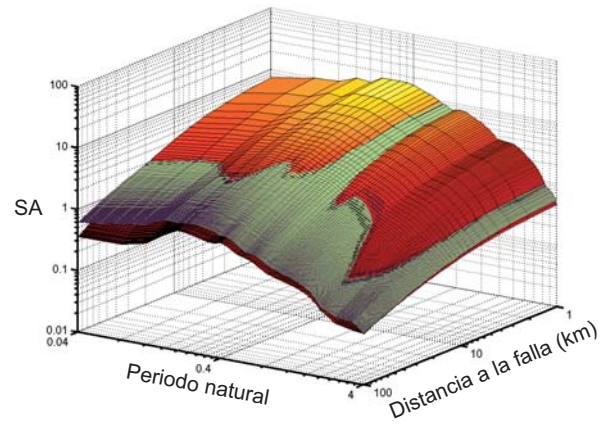
Anejo 6.9. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de empuje. Magnitud momento 6,5.

Anejo 6.10. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Roca. Magnitud momento 6,5.

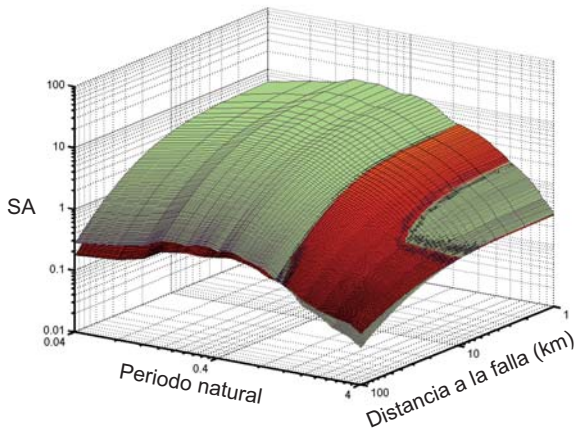
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



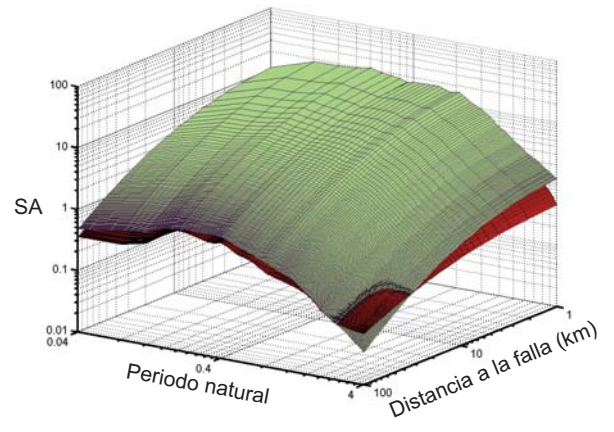
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



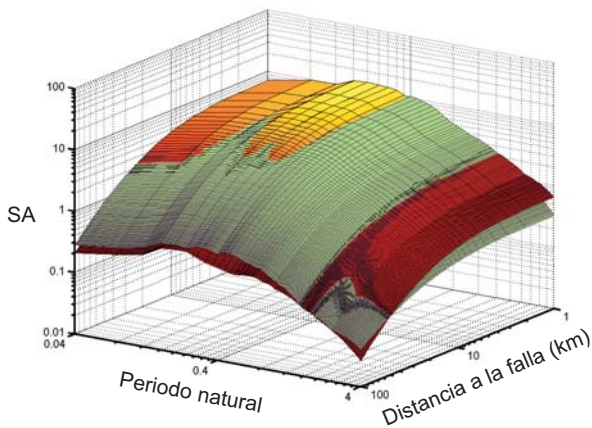
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



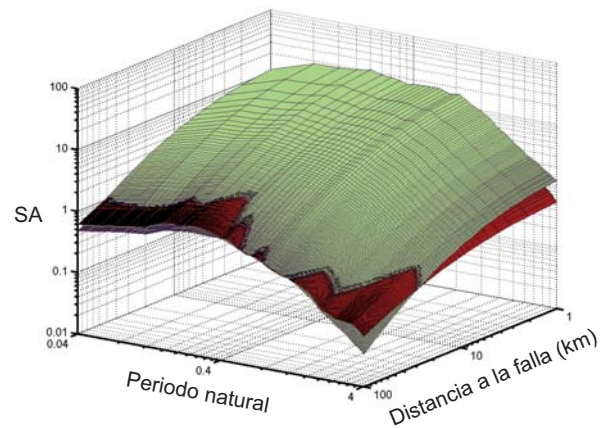
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



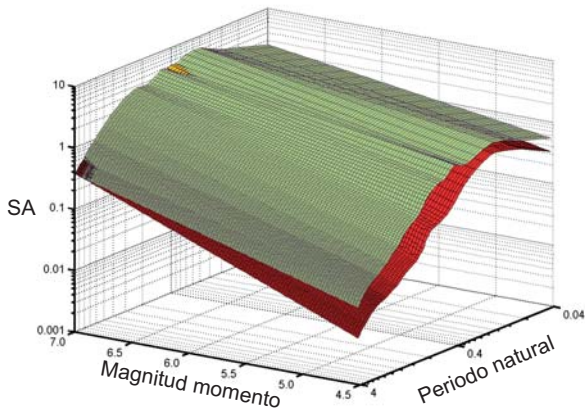
C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



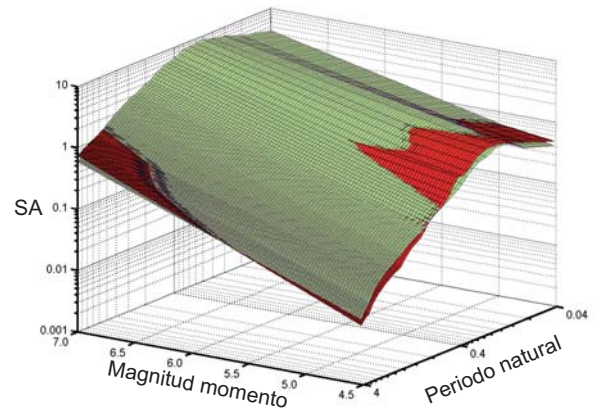
Anejo 6.11. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo duro. Magnitud momento 6,5.

Anejo 6.12. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo blando. Magnitud momento 6,5.

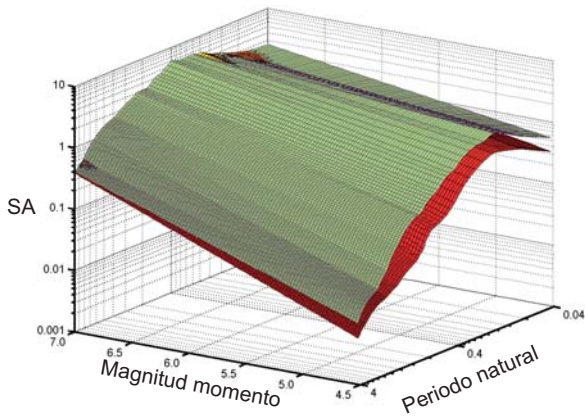
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



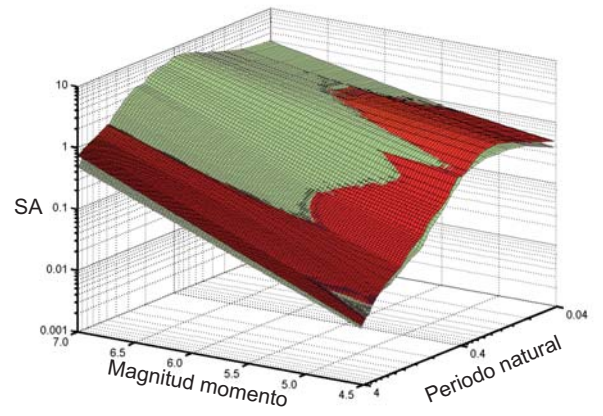
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



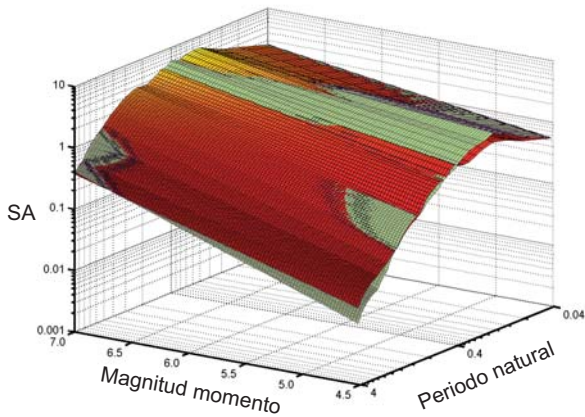
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



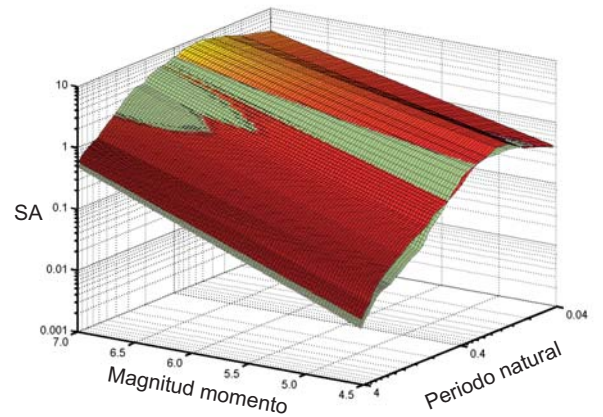
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



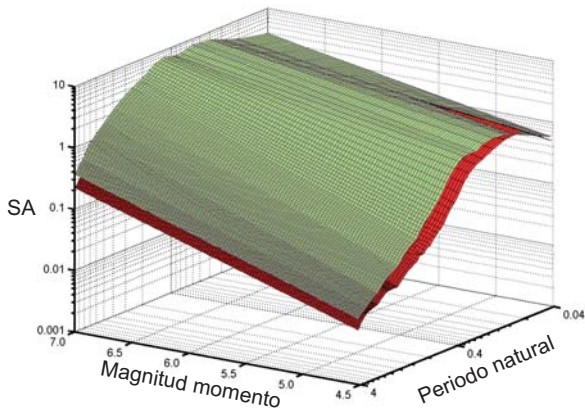
C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



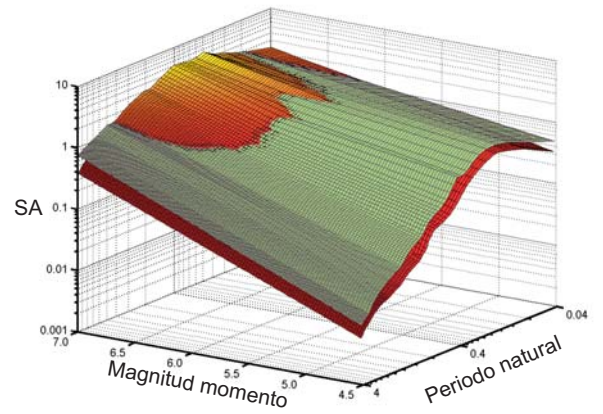
Anejo 6.13. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla normal. Distancia a la falla 20 km.

Anejo 6.14. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de rumbo. Distancia a la falla 20 km.

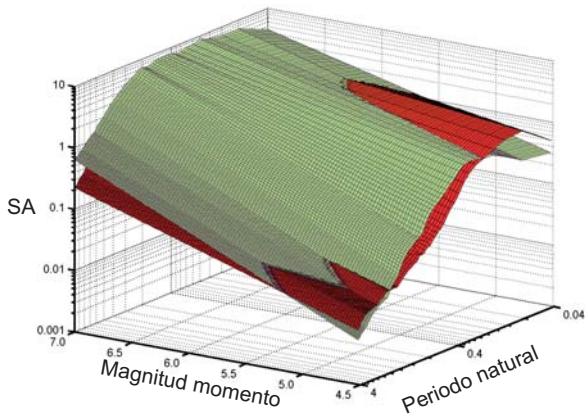
A) Roca (rojo) - Suelo duro (verde)



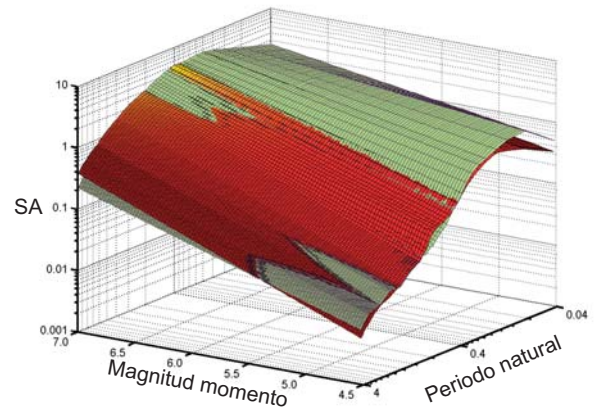
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



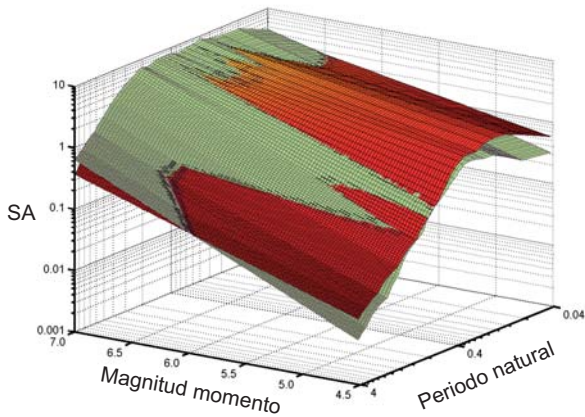
B) Roca (rojo) - Suelo blando (verde)



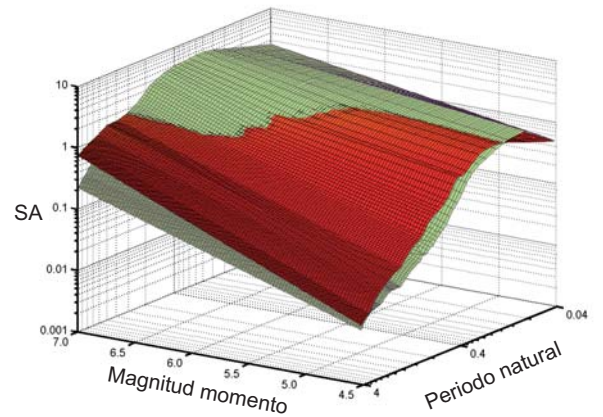
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Suelo duro (rojo) - Suelo blando (verde)



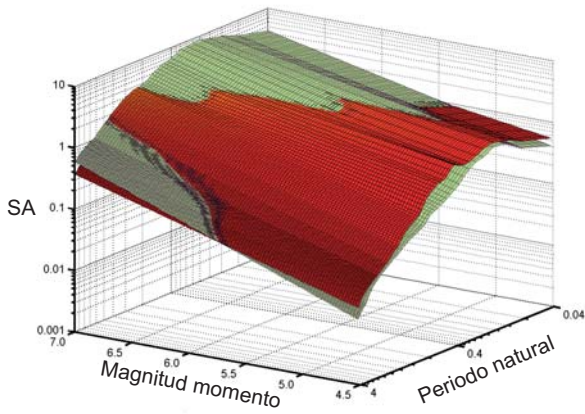
C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



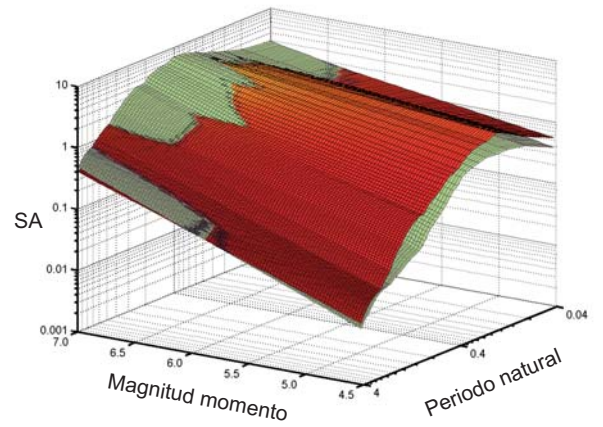
Anejo 6.15. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Falla de empuje. Distancia a la falla 20 km.

Anejo 6.16. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Roca. Distancia a la falla 20 km.

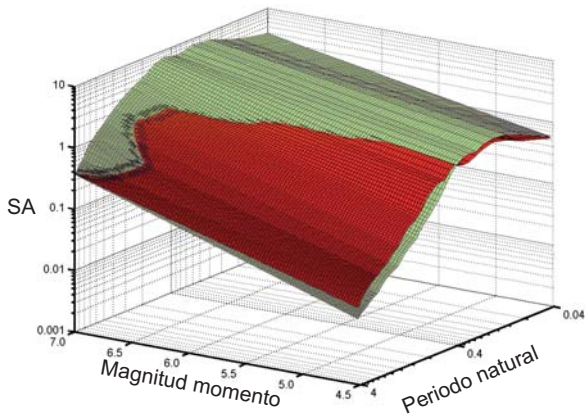
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



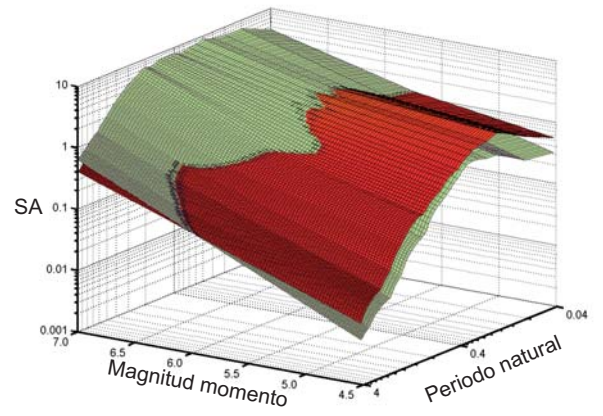
A) Falla normal (rojo) - Falla de rumbo (verde)



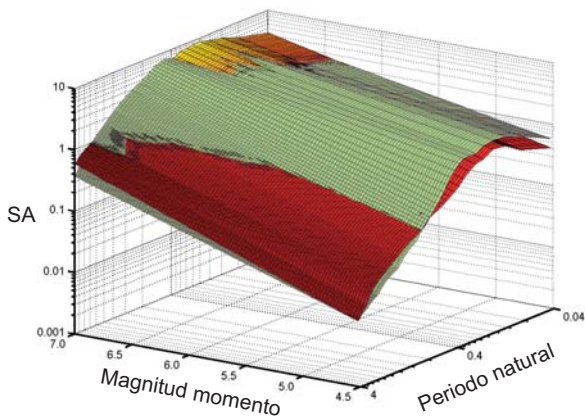
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



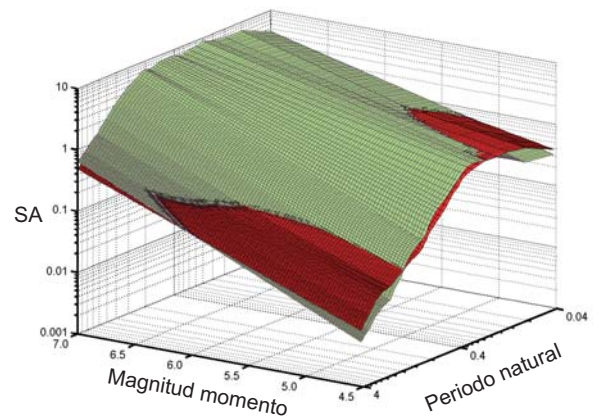
B) Falla normal (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



C) Falla de rumbo (rojo) - Falla de empuje (verde)



Anejo 6.17. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo duro. Distancia a la falla 20 km.

Anejo 6.18. Gráfico tridimensional del espectro de respuesta de aceleración horizontal. Comparación del espectro de respuesta medio de aceleración para el 5 por ciento de amortiguamiento relativo. Suelo blando. Distancia a la falla 20 km.

Producción científica

PUBLICACIONES EN REVISTAS DE DIFUSIÓN INTERNACIONAL							
Autores:	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS		JUAN SAURA MARTÍNEZ				
	ANTONIO MORALES ESTEBAN		ENRIQUE DE JUSTO MOSCARDÓ				
	JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ		A. AZOR				
	MIGUEL VILLALOBOS		PERCY DURAND NEYRA				
Título:	NEOTECTONICS AND SLOPE STABILIZATION AT THE ALHAMBRA, GRANADA, SPAIN						
Ref. revista:	ENGINEERING GEOLOGY						
Año:	2008	Volumen:	100	Pág. inicial:	101	Pág. final:	119
Lugar de publicación:	HOLANDA						
Palabras clave:	ALHAMBRA; ENVIRONMENTAL IMPACT; NORMAL FAULTS; STABILITY OF SLOPES; WIRE MESH; WORLD HERITAGE PRESERVATION						

PUBLICACIONES EN REVISTAS DE DIFUSIÓN NACIONAL							
Autores:	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS		JUAN SAURA MARTÍNEZ				
	PERCY DURAND NEYRA		ANTONIO MORALES ESTEBAN				
	JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ						
Título:	LA REHABILITACIÓN DEL TAJO DE SAN PEDRO DE LA ALHAMBRA. ASPECTOS GENERALES						
Ref. revista:	INGENIERÍA CIVIL						
Año:	2006	Volumen:	142	Pág. inicial:	141	Pág. final:	145
Lugar de publicación:	MADRID, ESPAÑA						
Palabras clave:	ALHAMBRA, ESTABILIDAD DE TALUDES						

Autores:	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS		JUAN SAURA MARTÍNEZ				
	PERCY DURAND NEYRA		ANTONIO MORALES ESTEBAN				
	JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ DANIEL CASTRO						
Título:	THE RESTORATION OF SAN PEDRO CLIFF AT THE ALHAMBRA, AN EXAMPLE OF THE PRESERVATION OF HISTORIC SITES						
Ref. revista:	SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MECÁNICA DE ROCAS						
Año:	2008	Volumen:	1	Pág. inicial:	9	Pág. final:	9
Lugar de publicación:	MADRID, ESPAÑA						
Palabras clave:							

APORTACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES							
Autores:	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS		ANTONIO JARAMILLO MORILLA				
	PERCY DURAND NEYRA		ENRIQUE DE JUSTO MOSCARDÓ				
	ANTONIO MORALES ESTEBAN						
Título:	STABILIZATION OF A MOUND OF SPILL-WATER ATTRACTION BY JET GRUOTING						
Tipo de participación:	COMUNICACIÓN						
Congreso:	PROCEEDINGS OF THE 14TH EUROPEAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING						
Publicación:	GEOTECHNICAL ENGINEERING IN URBAN ENVIRONMENTS. VOL. 3						
Año del acta:	2007	Lugar de celebración:	Madrid	I.S.B.N.:	978-90-5966-0		

APORTACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

Autores: JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS JUAN SAURA MARTÍNEZ
PERCY DURAND NEYRA ANTONIO MORALES ESTEBAN
JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ DANIEL CASTRO

Título: THE RESTORATION OF SAN PEDRO CLIFF AT THE ALHAMBRA, AN EXPAMPLE OF THE PRESERVATION OF HISTORIC SITES

Tipo de participación: COMUNICACIÓN

Congreso: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON PRESERVATION OF NATURAL STONE AND ROCK WEATHERING

Publicación: PRESERVATION OF NATURAL STONE AND ROCK WEATHERING

Año del acta: 2007 **Lugar de celebración:** Madrid **I.S.B.N.:** 978-0-415-450

Autores: JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS RAÚL CARRASCO ROMERO
ANTONIO MORALES ESTEBAN

Título: A SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF CANALES DAM

Tipo de participación: COMUNICACIÓN

Congreso: 23rd CONGRESS ON LARGE DAMS

Publicación: INTERNATIONAL COMISSION ON LARGE DAMS

Año del acta: 2009 **Lugar de celebración:** Brasilia **I.S.B.N.:**

APORTACIONES A CONGRESOS NACIONALES

Autores: ANTONIO MORALES ESTEBAN JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS
RAÚL CARRASCO ROMERO

Título: LEY DE ATENUACIÓN DE LOS ESPECTROS DE RESPUESTA

Tipo de participación: COMUNICACIÓN

Congreso: V ASAMBLEA HISPANO-PORTUGUESA DE GEOFÍSICA Y GEODESIA

Publicación: QUINTA ASAMBLEA HISPANO PORTUGUESA DE GEODESIA Y GEOFÍSICA

Año del acta: 2006 **Lugar de celebración:** Sevilla **I.S.B.N.:** 84-8320-373-1

Autores: ANTONIO MORALES ESTEBAN JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS
RAÚL CARRASCO ROMERO ANTONIO JESÚS MARTÍN MARTÍN

Título: RELACIONES MAGNITUD-FRECUENCIA EN LAS ZONAS SISMOGENÉTICAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Tipo de participación: COMUNICACIÓN

Congreso: V ASAMBLEA HISPANO-PORTUGUESA DE GEOFÍSICA Y GEODESIA

Publicación: PRESERVATION OF NATURAL STONE AND ROCK WEATHERING

Año del acta: 2006 **Lugar de celebración:** Madrid **I.S.B.N.:** 84-8320-373-1

APORTACIONES A CONGRESOS NACIONALES				
Autores:	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS	JUAN SAURA MARTÍNEZ		
	PERCY DURAND NEYRA	ENRIQUE DE JUSTO MOSCARDÓ		
	ANTONIO MORALES ESTEBAN	MIGUEL VILLALOBOS		
	JOSÉ MIGUEL AZAÑÓN HERNÁNDEZ			
Título:	ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES Y ESTÉTICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES POR MEDIO DE MALLAS DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO			
Tipo de participación:	COMUNICACIÓN			
Congreso:	V CONGRESO NACIONAL DE LA INGENIERÍA CIVIL			
Publicación:	DESARROLLO Y SOSTENIBILIDAD EN EL MARCO DE LA INGENIERÍA			
Año del acta:	2007	Lugar de celebración:	Sevilla	I.S.B.N.: 978-84-380-03
Autores:	ANTONIO MORALES ESTEBAN	JOSÉ LUIS DE JUSTO ALPAÑÉS		
	RAÚL CARRASCO ROMERO	ANTONIO JESÚS MARTÍN MARTÍN		
Título:	ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LAS RELACIONES MAGNITUD-FRECUENCIA EN LAS ZONAS SISMOGENÉTICAS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA			
Tipo de participación:	COMUNICACIÓN			
Congreso:	TERCER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA			
Publicación:	TERCER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA			
Año del acta:	2007	Lugar de celebración:	Gerona	I.S.B.N.: -