

Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits (EERA)

Auxiliar: Miguel Sáez Arias.

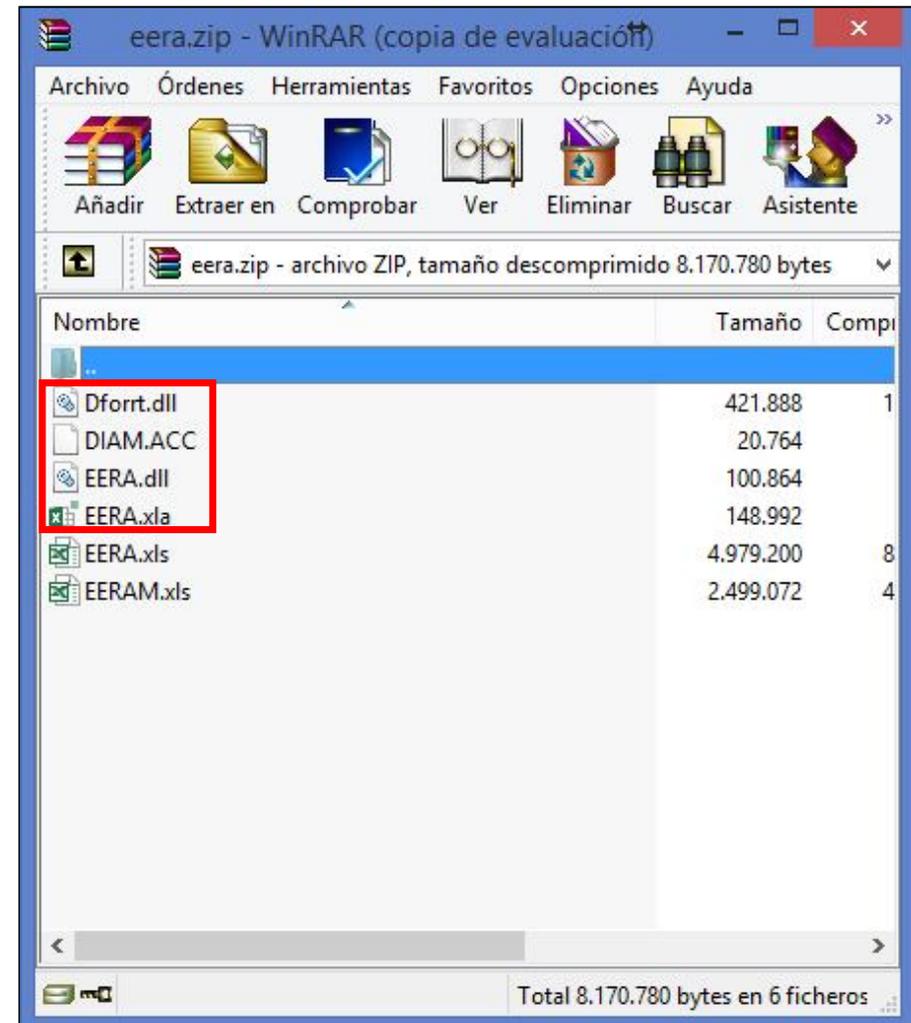
Profesor: Cesar Pasten Puchi

Fecha: 06-11-2014

Curso: CI7411-Dinamica de Suelos

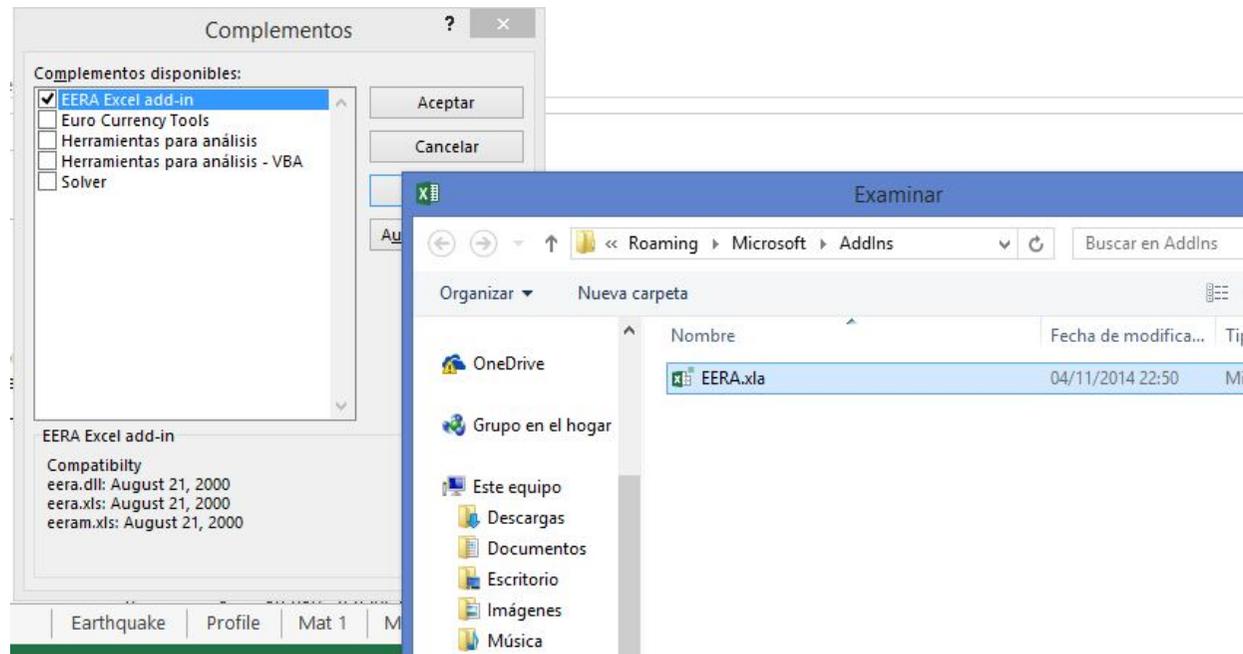
1. Como instalar

- Descargar “eera.zip” de Material Docente
- En Excel, *Opciones* → *Complementos* → *Examinar*, se abrirá una carpeta, copiar la dirección de la carpeta y luego abrirla
- En el caso de Excel 2013 la carpeta tiene por nombre “AddIns” en ella pegar los archivos que se muestran con un cuadro rojo en la imagen



1. Como instalar

- Luego de pegar los archivos, abrir el archivo "EERAM.xls" (unidades métricas) y dirigirse a *Opciones* → *Complementos* → *Examinar* y abrir el archivo "EERA.xla", con esto logramos instalar el complemento "EERA" en nuestro Excel.



1. Como instalar

- Al instalar el complemento, debería aparecer la pestaña que se muestra en la imagen
- Para verificar el correcto funcionamiento, hacer click en *“Process Earthquake Data”* y chequear que el software no arroje error



2. Hoja de Trabajo

- Cualquier archivo "EERA.xls" se compone de 9 hoja de trabajo, las cuales se muestran a continuación:

Worksheet	Contents	Duplication	Number of input
<i>Earthquake</i>	Earthquake input time history	No	7
<i>Mat I</i>	Material curves (G/G_{max} and Damping versus strain for material type i	Yes	Dependent on number of soil layers
<i>Profile</i>	Vertical profile of layers	No	Dependent on number of data points per material curve
<i>Iteration</i>	Results of main calculation	No	3
<i>Acceleration</i>	Time history of acceleration/velocity/displacement	Yes	2
<i>Strain</i>	Time history of stress and strain	Yes	1
<i>Ampli</i>	Amplification between two sub-layers	Yes	4
<i>Fourier</i>	Fourier amplitude spectrum of acceleration	Yes	3
<i>Spectra</i>	Response spectra	Yes	3

2.1 Hoja de Trabajo: Earthquake

Loma Prieta Earthquake: Diamond Height

Time step ΔT (sec) = 0,02
 Desired maximum acceleration (g) = 0,1
 Maximum frequency cut-off (Hz) = 25
 Use frequency cut-off in calculation? Yes
 Number of points for FFT = 4096
 Import input motion from external file? No
 Name of input file = DIAM.ACC
 Total number of values read = 2048
 Peak Acceleration in input file (g) = -0,1129
 Time of peak acceleration (sec) = 10,940
 Mean Square Frequency (Hz) = 2,517
 Peak acceleration after filtering (g) = 0,100

Time (sec)	Input Acceleration (g)	Scaled Acceleration (g)	Filtered Acceleration (g)
0,000	-0,001694	0,00	0,00
0,020	-0,001668	0,00	0,00
0,040	-8,6E-05	0,00	0,00
0,060	-0,001356	0,00	0,00
0,080	-0,000678	0,00	0,00
0,100	0,0007	0,00	0,00
0,120	-0,001209	0,00	0,00
0,140	-0,000604	0,00	0,00
0,160	0,00073	0,00	0,00
0,180	0,000737	0,00	0,00
0,200	0,002196	0,00	0,00

Acceleration (g)

Time (sec)

Scaled Acceleration

Acceleration (g)

Time (sec)

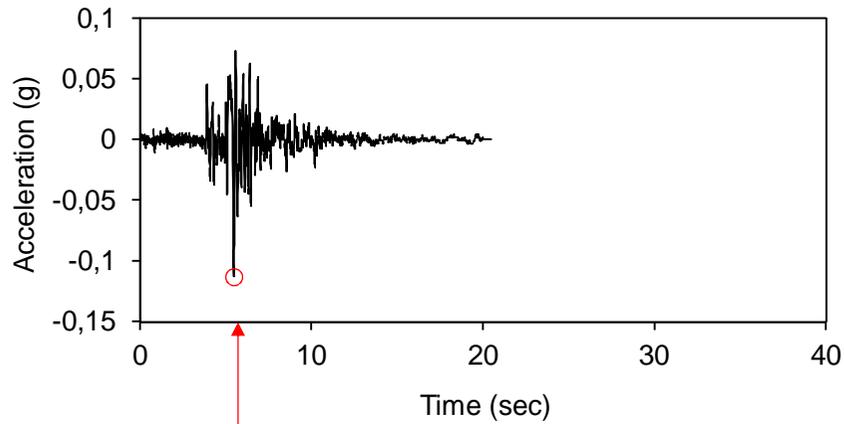
Earthquake | Profile | Mat 1 | Mat 2 | Mat 3 | Iteration | Acceleration | Strain | Ampli | Fourier | Spectra

2.1 Hoja de Trabajo: Earthquake

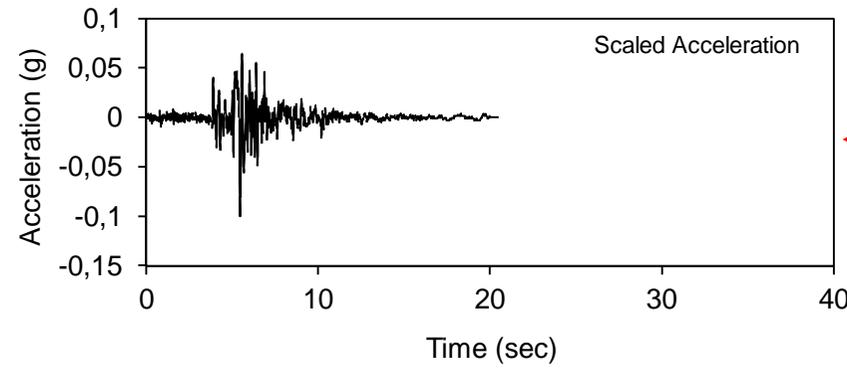
Loma Prieta Earthquake: Diamond Height

Nombre del Registro	→	<i>Loma Prieta Earthquake: Diamond Height</i>
Frecuencia de muestreo del Registro	→	Time step ΔT (sec) = 0,02
Aceleración máxima para escalar el registro	→	Desired maximum acceleration (g) = 0,1
Frecuencia de Filtraje	→	Maximum frequency cut-off (Hz) = 25
"Yes" si se desea Filtrar, "No" en otro caso	→	Use frequency cut-off in calculation ? Yes
Numero de puntos utilizados para la FFT, múltiplos de 2^n (1024, 2048, 4096, 8192...)	→	Number of points for FFT = 4096
		Import input motion from external file ? No
		Name of input file = DIAM.ACC
		Total number of values read = 2048
		Peak Acceleration in input file (g) = -0,1129
		Time of peak acceleration (sec) = 10,940
		Mean Square Frequency (Hz) = 2,517
		Peak acceleration after filtering (g) = 0,100

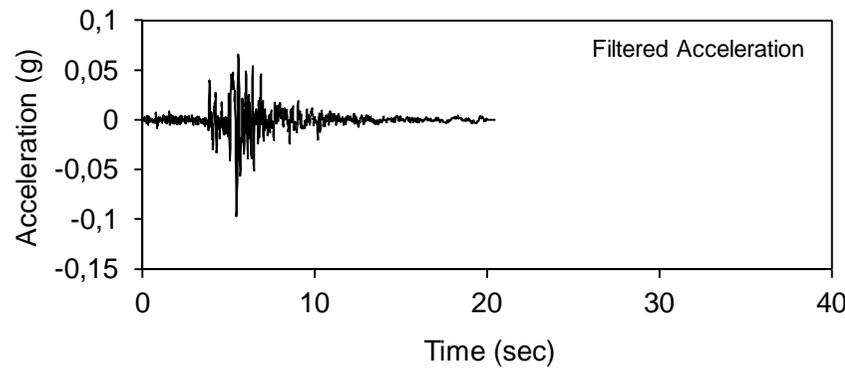
2.1 Hoja de Trabajo: Earthquake



"Raw Data"



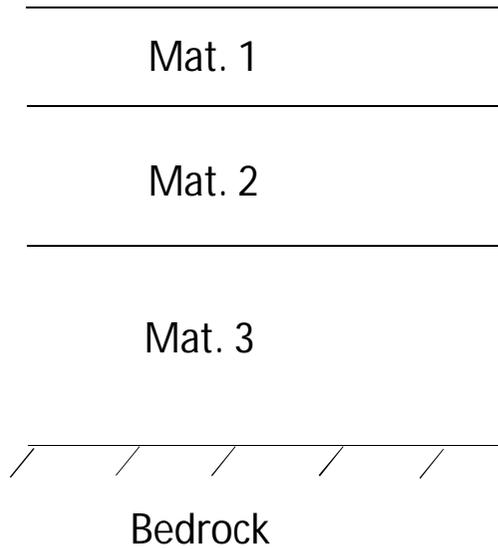
Registro Escalado



Registro Escalado y filtrado

2.2 Hoja de Trabajo: Soil Profile

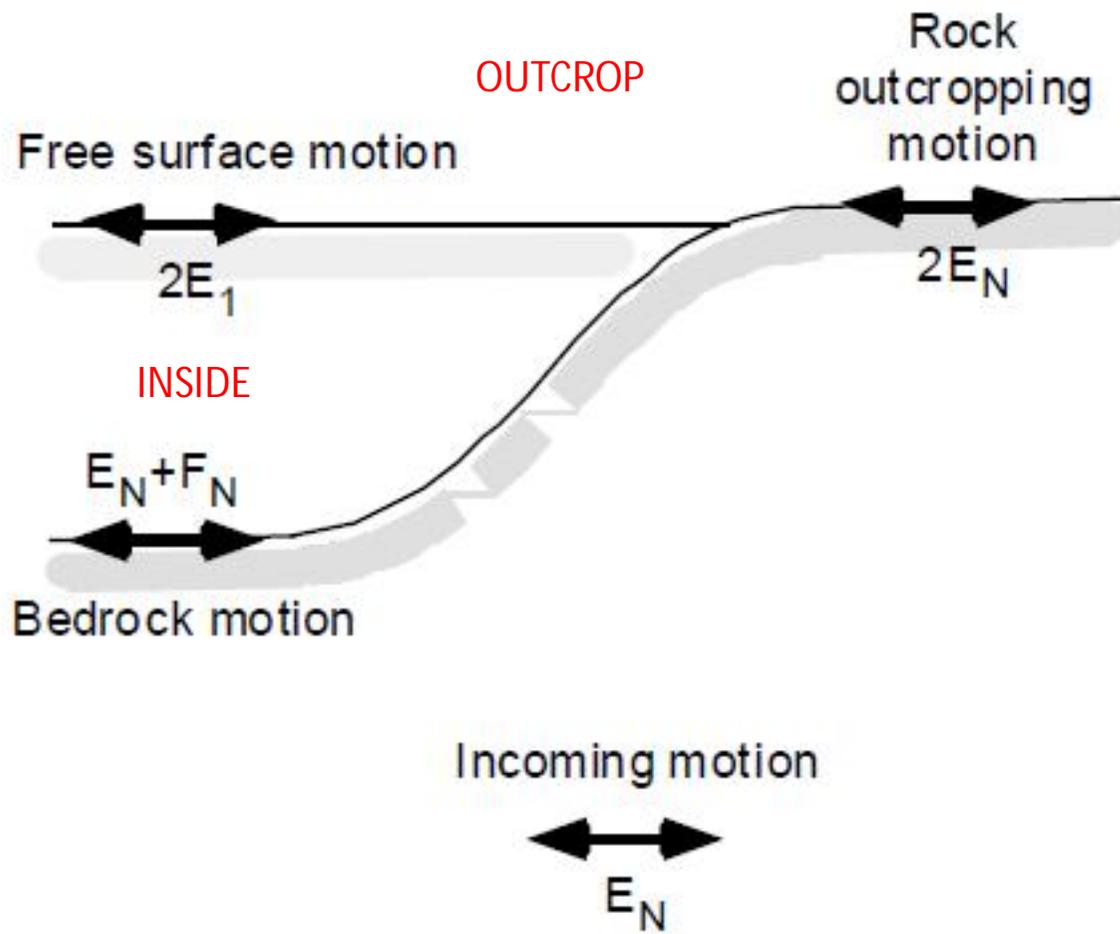
Surface



Example -- 150-ft layer; input:Diam @ .1g

Fundamental period (s) = 0,48
 Average shear wave velocity (m/sec) = 382,02
 Total number of sublayers = 17

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	2		1,5	186,19		19,66	304,8			0,8	14,98
Mat. 2	2	2		1,5	150,81		19,66	274,32			2,3	44,94
	3	2		3,0	150,81		19,66	274,32			4,6	89,89
	4	2		3,0	168,03		19,66	289,56			7,6	149,81
	5	1		3,0	186,19		19,66	304,8			10,7	209,74
Mat. 3	6	1		3,0	186,19		19,66	304,8			13,7	269,66
	7	1		3,0	225,29		19,66	335,28			16,8	329,59
	8	1		3,0	225,29		19,66	335,28			19,8	389,51
	9	2		3,0	327,24		20,45	396,24			22,9	450,63
	10	2		3,0	327,24		20,45	396,24			25,9	512,95
	11	2		3,0	379,52		20,45	426,72			29,0	575,28
	12	2		3,0	379,52		20,45	426,72			32,0	637,60
	13	2		3,0	435,68		20,45	457,2			35,1	699,92
Bedrock	14	2		3,0	435,68		20,45	457,2			38,1	762,24
	15	2		3,0	495,71		20,45	487,68			41,1	824,56
	16	2		3,0	627,38		20,45	548,64			44,2	886,88
	Bedrock	17	0		3336,48	1	22,02	1219,2	Outcrop		45,7	918,04



EN ESTA HOJA SE DEFINEN LA GEOMETRIA Y PROPIEDADES DEL SUELO.

Tipo de Material, definido en pestañas "Mat", depende de la relación $G - \gamma$ y $\beta - \gamma$ de cada suelo

Porcentaje inicial de amortiguamiento, necesario cuando el material no está definido

Example -- 150-ft layer; input:Diam @ .1g
 Fundamental period (s) = 0,48
 Average shear wave velocity (m/sec) = 382,02
 Total number of sublayers = 17

Espesor del estrato considerado

Peso específico del suelo

Velocidad de onda de corte del estrato

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	2	1,5	186,19		19,66	304,8			0,8	14,98
	2	2	1,5	150,81		19,66	274,32			2,3	44,94
	3	2	3,0	150,81		19,66	274,32			4,6	89,89
	4	2	3,0	168,03		19,66	289,56			7,6	149,81
	5	1	3,0	186,19		19,66	304,8			10,7	209,74
	6	1	3,0	186,19		19,66	304,8			13,7	269,66
	7	1	3,0	225,29		19,66	335,28			16,8	329,59
	8	1	3,0	225,29		19,66	335,28			19,8	389,51
	9	2	3,0	327,24		20,45	396,24			22,9	450,63
	10	2	3,0	327,24		20,45	396,24			25,9	512,95
	11	2	3,0	379,52		20,45	426,72			29,0	575,28
	12	2	3,0	379,52		20,45	426,72			32,0	637,60
	13	2	3,0	435,68		20,45	457,2			35,1	699,92
	14	2	3,0	435,68		20,45	457,2			38,1	762,24
	15	2	3,0	495,71		20,45	487,68			41,1	824,56
	16	2	3,0	627,38		20,45	548,64			44,2	886,88
Bedrock	17	0		3336,48	1	22,02	1219,2	Outcrop		45,7	918,04

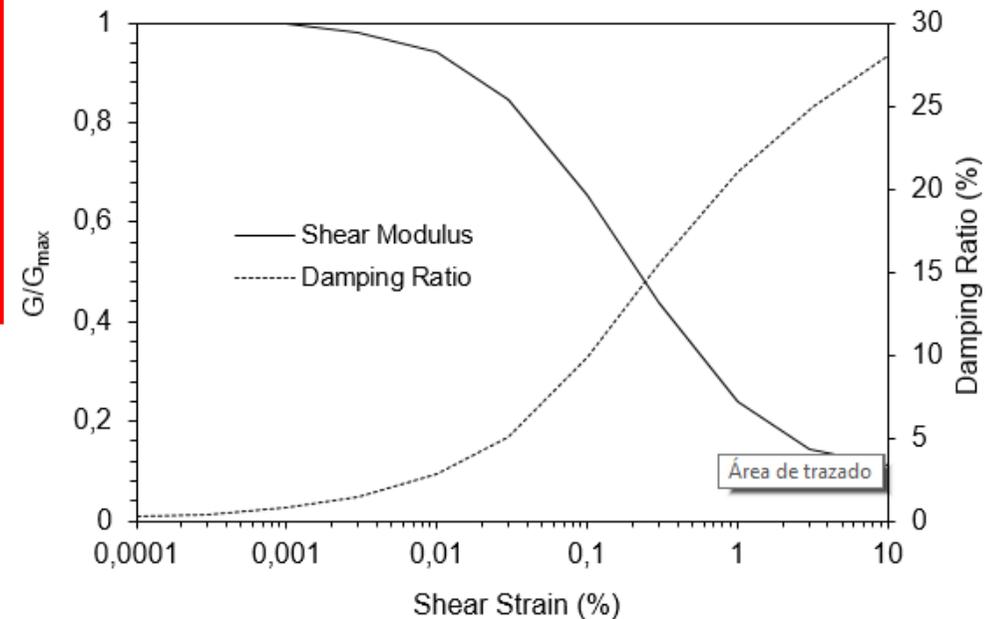
Localización y tipo de terremoto

2.3 Hoja de Trabajo: Materiales

Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990)

Strain (%)	G/G_{max}	Strain (%)	Damping (%)
0,0001	1	0,0001	0,24
0,0003	1	0,0003	0,42
0,001	1	0,001	0,8
0,003	0,981	0,003	1,4
0,01	0,941	0,01	2,8
0,03	0,847	0,03	5,1
0,1	0,656	0,1	9,8
0,3	0,438	0,3	15,5
1	0,238	1	21
3	0,144	3,16	25
10	0,11	10	28

Definir curvas G vs γ y β vs γ



2.4 Hoja de Trabajo: Iteración

$$|G^*| = G\sqrt{1+4\xi^2} \quad G^* = G\left\{1-2\xi^2\right\} + 2\xi\sqrt{1-\xi^2}$$

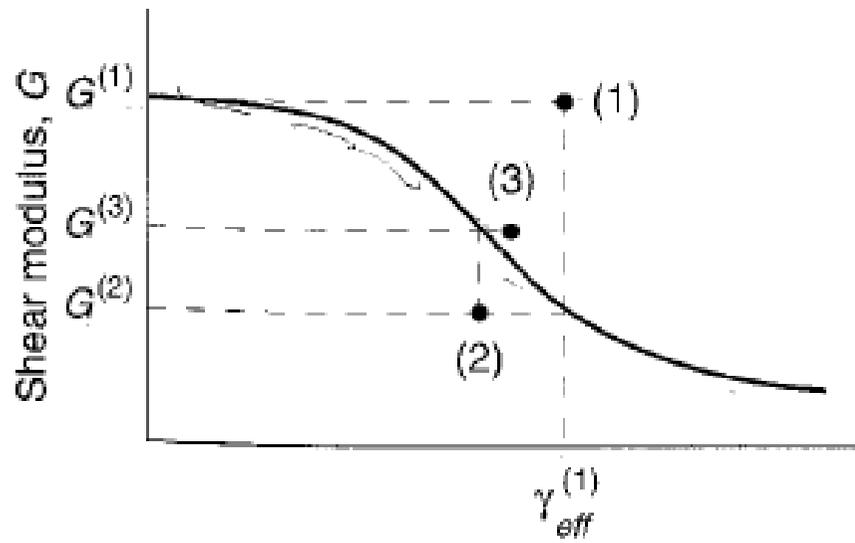
$$\gamma_{eff,j}^{(i)} = R_\gamma \gamma_{max,j}^{(i)}$$

$$R_\gamma = \frac{M-1}{10}$$

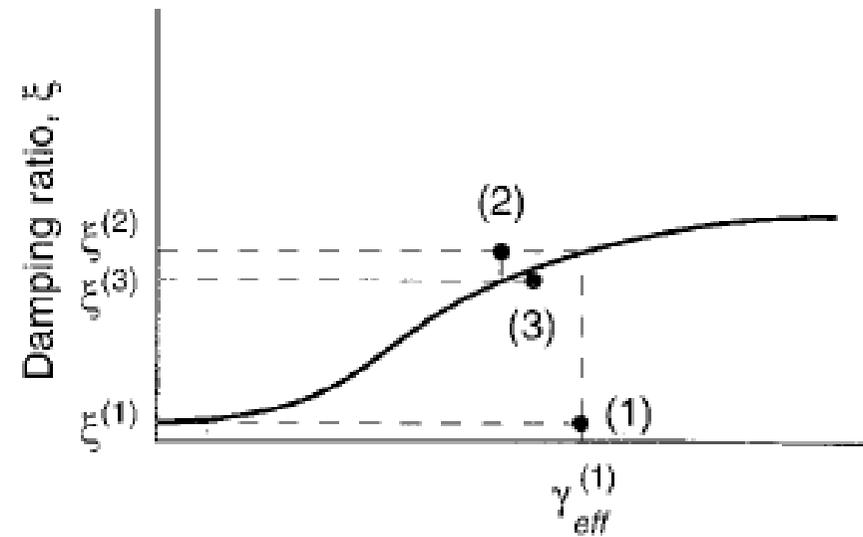
Magnitud del sismo

Number of iterations : 8
 Ratio of effective and maximum shear strain : 0,5
 Type of shear modulus = Shake91
 Convergence achieved (%) = 0,066745

Iteration Number	Sublayer Number	Type	Depth (m)	Maximum Strain (%)	Time of Maximum Strain (sec)	Shear Modulus	G/G _{max}	Damping (%)	Convergence on Shear Modulus (%)	Convergence on Damping (%)	Maximum stress (kPa)	Depth at top of sublayer (m)	Maximum acceleration (g)
1	1	2	0,762	0,001768	11,26	186,1876	1	0,24	0	0	3,291667		
	2	2	2,286	0,006533	11,26	150,812	1	0,24	0	0	9,852327		
	3	2	4,572	0,01295	11,26	150,812	1	0,24	0	0	19,53085		
	4	2	7,62	0,018963	11,26	168,0343	1	0,24	0	0	31,86499		
	5	1	10,668	0,023542	11,48	186,1876	1	0,24	0	0	43,83256		
	6	1	13,716	0,029548	11,48	186,1876	1	0,24	0	0	55,01551		
	7	1	16,764	0,028847	11,48	225,287	1	0,24	0	0	64,98752		
	8	1	19,812	0,032662	11,48	225,287	1	0,24	0	0	73,58319		
	9	2	22,86	0,024696	11,48	327,2434	1	0,24	0	0	80,81731		
	10	2	25,908	0,026571	11,48	327,2434	1	0,24	0	0	86,95145		
	11	2	28,956	0,024219	11,48	379,5249	1	0,24	0	0	91,91604		
	12	2	32,004	0,025258	11,48	379,5249	1	0,24	0	0	95,85983		
	13	2	35,052	0,022692	11,48	435,6791	1	0,24	0	0	98,86291		
	14	2	38,1	0,023321	11,5	435,6791	1	0,24	0	0	101,6054		
	15	2	41,148	0,020976	11,5	495,706	1	0,24	0	0	103,977		
	16	2	44,196	0,016845	11,5	627,3779	1	0,24	0	0	105,6848		
	17	0	45,72	0,003224	11,5	3336,482	1	0	0	0	107,582		



Shear strain (log scale)



Shear strain (log scale)

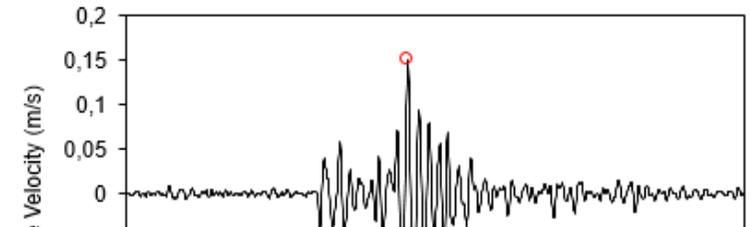
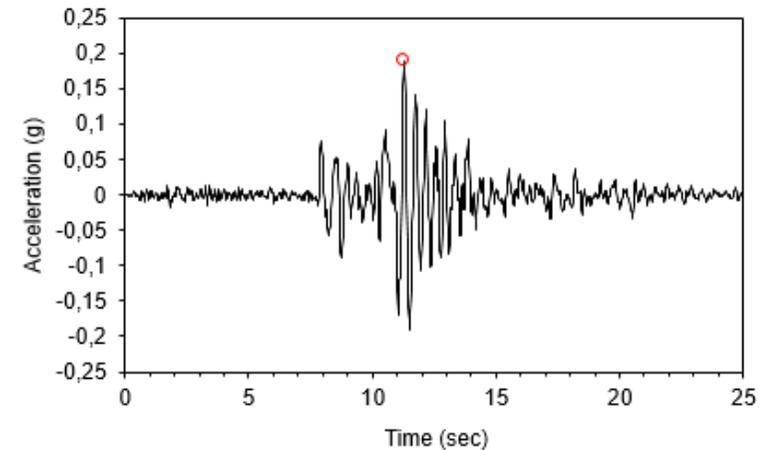
2.5 Hoja de Trabajo: Acceleration

Numero del estrato donde se desea conocer el time history de la aceleración, velocidad relativa y desplazamiento relativo

Number of sublayer = 1
Type of sublayer = Outcrop

Depth at top of sublayer (m) = 0
Maximum acceleration (g) = 0,190
Time of maximum acceleration (sec) = 11,28
Mean Square frequency (Hz) = 2,42
Maximum relative velocity (m/s) = 0,15006
Time of maximum relative velocity (sec) = 11,40
Maximum relative displacement (m) = -0,01045
Time of maximum relative displacement (sec) = 11,30

Time (sec)	Absolute Acceleration (g)	Relative Velocity (m/s)	Relative Displacement (m)
0	-1,98602E-05	8,30893E-05	-3,466E-07
0,02	9,69408E-06	0,000336415	3,8197E-06
0,04	-3,32638E-05	0,000442984	1,1993E-05
0,06	9,71137E-06	0,000516062	2,1278E-05
0,08	-8,07242E-05	0,000699579	3,3599E-05
0,1	4,44381E-06	0,000658111	4,747E-05
0,12	-0,000705259	0,000660664	6,0444E-05
0,14	-0,002805972	0,000467225	7,257E-05
0,16	-0,001840994	-5,83817E-05	7,6624E-05
0,18	-0,00058529	-0,000326965	7,2323E-05
0,2	-0,001870623	-0,000737005	6,2533E-05
0,22	-6,04454E-05	-0,001466789	4,0358E-05
0,24	0,000472214	-0,001784535	7,0264E-06
0,26	-0,001344749	-0,002031151	-3,062E-05
0,28	0,000133778	-0,002419202	-7,546E-05
0,3	0,001557456	-0,00232116	-0,0001239
0,32	0,002227252	-0,001839773	-0,0001658
0,34	0,00534419	-0,00102524	-0,0001954
0,36	0,006333954	0,000281889	-0,0002031
0,38	0,002493757	0,001134026	-0,0001874
0,4	0,003382187	0,001523226	-0,0001611
0,42	0,002996386	0,002330139	-0,0001231



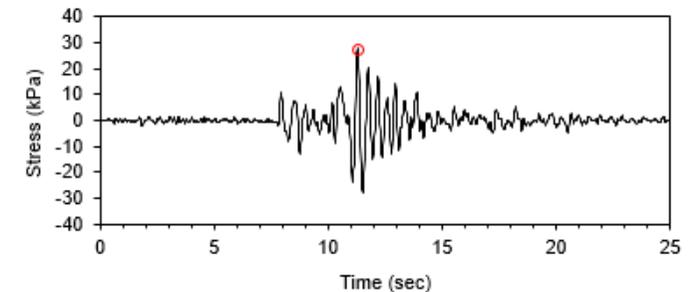
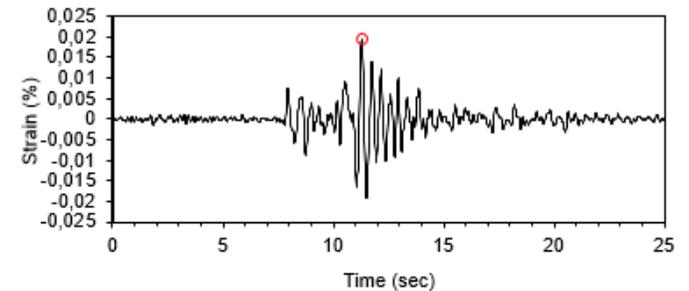
Tipo de estrato, si es superficie o un afloramiento poner "Outcrop" caso contrario "Inside"

2.6 Hoja de Trabajo: Strain

Numero del estrato donde se desea conocer el time history del strain y stress

Number of sublayer = 4
 Depth (m) = 7,62
 Maximum strain (%) = 0,0195
 Effective strain (%) = 0,0098
 Number of soil material type = 2
 Shear modulus compatible to strain (MPa) = 143,2100
 Maximum stress (kPa) = 27,6512
 Time of maximum strain and stress (sec) = 11,300

Time (sec)	Strain (%)	Stress (kPa)	Energy (kPa)
0	8,909E-07	-0,00038126	0
0,02	3E-08	-0,002011442	1,73157E-11
0,04	9,412E-07	-0,001090346	7,38036E-12
0,06	-1,022E-06	-0,004778412	1,01173E-10
0,08	3,692E-07	-0,004010624	4,53936E-11
0,1	-2,187E-05	-0,039657004	8,86471E-09
0,12	-0,0001155	-0,174634814	1,72435E-07
0,14	-0,0001884	-0,272397697	3,7083E-07
0,16	-0,000183	-0,257616222	3,5693E-07
0,18	-0,000153	-0,210020125	2,94054E-07
0,2	-0,0001017	-0,133184984	2,25625E-07
0,22	-5,598E-05	-0,06760788	1,94743E-07
0,24	-4,079E-05	-0,045723457	1,87798E-07
0,26	-4,151E-05	-0,044199027	1,88118E-07
0,28	9,351E-07	0,022914901	1,97845E-07
0,3	0,0001204	0,198355466	4,34901E-07
0,32	0,000299	0,453240305	1,24417E-06
0,34	0,000479	0,698258519	2,50124E-06
0,36	0,0005001	0,710250616	2,65092E-06
0,38	0,0004291	0,595938146	2,22751E-06
0,4	0,0003334	0,449985892	1,79701E-06
0,42	0,0002109	0,267588139	1,46936E-06
0,44	3,049E-05	0,007195253	1,45638E-06
0,46	-0,0001109	-0,187593058	1,72169E-06
0,48	-0,0001346	-0,212577954	1,772E-06
0,5	-8,192E-05	-0,134048045	1,70137E-06
0,52	-6,048E-05	-0,110260196	1,67773E-06



2.7 Hoja de Trabajo: Amplificación

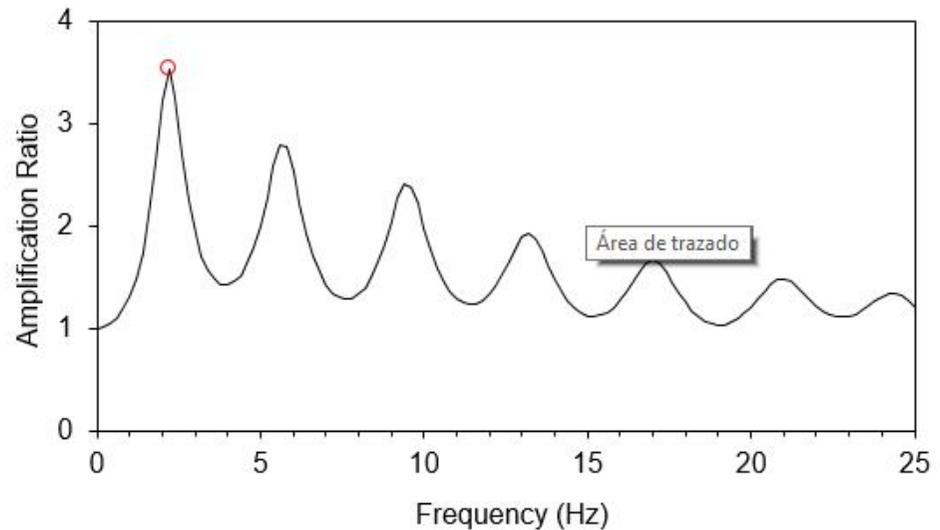
Estratos entre los cuales se calculará la amplificación

Number of first sublayer = 17
 Type of first sublayer = Outcrop
 Number of second sublayer = 1
 Type of second sublayer = Outcrop
 Maximum amplification = 3,529
 Frequency of maximum amplification (Hz) = 2,200

Tipo de estrato, si es superficie o la base poner "Outcrop" caso contrario "Inside"

En este caso el paso considerado para calcular la amplitud es de 0,2 [Hz], pero se puede modificar para obtener resultados mas precisos

Frequency (Hz)	Amplitude
0,00	1,00
0,20	1,01
0,40	1,04
0,60	1,10
0,80	1,18
1,00	1,30
1,20	1,48
1,40	1,73
1,60	2,10
1,80	2,61
2,00	3,21
2,20	3,53
2,40	3,24
2,60	2,71
2,80	2,25
3,00	1,93
3,20	1,71



2.8 Hoja de Trabajo: Fourier

Numero del estrato donde se desea conocer el Fourier

Number of sublayer = 1

Type of sublayer = Outcrop

Number of moving average(s) = 1

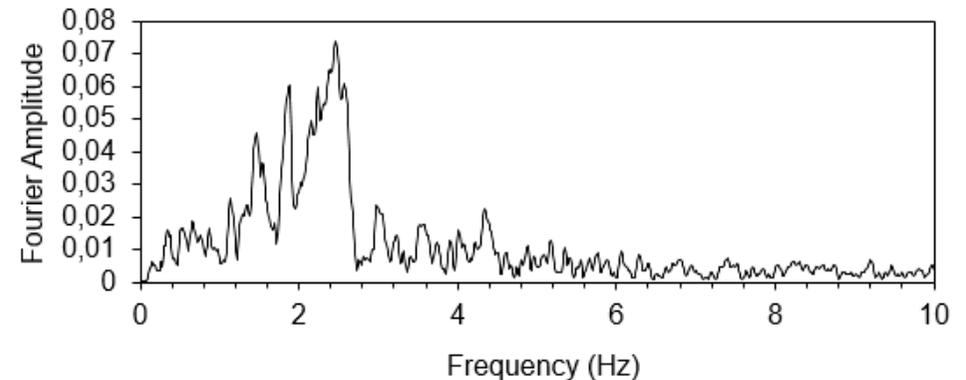
Depth at top of sublayer (m) = 0

Fundamental frequency (Hz) = 2,46582

Tipo de estrato, si es superficie o la base poner "Outcrop" caso contrario "Inside"

Numero de puntos considerados para calcular el promedio, esto se realiza para filtrar el espectro

Frequency (Hz)	Amplitude
0,00	3,8958E-05
0,01	4,9086E-05
0,02	5,1463E-05
0,04	6,9067E-05
0,05	0,0001075
0,06	0,00012508
0,07	0,00022329
0,09	0,00053111
0,10	0,00138588
0,11	0,00251085
0,12	0,0038117
0,13	0,00537908
0,15	0,00639788
0,16	0,00586774
0,17	0,00486924
0,18	0,00514687
0,20	0,00502764
0,21	0,00375931



2.9 Hoja de Trabajo: Espectro de Respuesta

El espectro de respuesta es calculado en el estrato que usted desee, y es distinto entre estratos ya que la excitación (aceleraciones) en cada estrato es distinta.

Number of sublayer = 1 Type of sublayer = Outcrop Ratio of critical Damping (%) = 5 Depth at top of sublayer (m) = 0 Maximum Spectral Acceleration (g) = 0,8483 Maximum Spectral Velocity (cm/s) = 57,5374									
Period (sec)	Pseudo Relative Velocity (cm/s)	Pseudo Absolute Acceleration (g)	Relative Displacement (cm)	Absolute Acceleration (g)	Relative Velocity (cm/s)	Time for Maximum Absolute Acceleration (sec)	Time for Maximum Relative Velocity (sec)	Time for Maximum Relative Displacement (sec)	
0,01	0,30	0,19	0,00	0,19	0,30	0,00	0,00	0,00	
0,02	0,59	0,19	0,00	0,19	0,02	11,28	11,44	11,28	
0,03	0,89	0,19	0,00	0,19	0,08	11,50	11,18	11,50	
0,04	1,19	0,19	0,01	0,19	0,14	11,28	11,18	11,28	
0,05	1,49	0,19	0,01	0,19	0,23	11,28	11,18	11,30	
0,06	1,83	0,20	0,02	0,20	0,31	11,28	11,42	11,28	
0,07	2,13	0,20	0,02	0,19	0,53	11,52	11,18	11,52	
0,08	2,64	0,21	0,03	0,21	0,94	11,28	12,72	11,28	
0,09	3,05	0,22	0,04	0,22	1,43	11,30	12,72	11,30	
0,10	3,67	0,24	0,06	0,23	2,12	11,32	12,74	11,32	
0,11	4,60	0,27	0,08	0,27	2,88	11,24	11,20	11,24	
0,12	5,18	0,28	0,10	0,27	2,82	11,26	11,22	11,26	
0,13	5,31	0,26	0,11	0,26	2,51	11,26	13,96	11,26	
0,14	5,95	0,27	0,13	0,27	2,82	11,28	13,78	11,28	

El ΔT se puede definir a gusto del usuario