

TAREA I

Alexis Contreras R. – Martina Sanguinetti S.

201611547-1 – 201504522-4

Selección de Registros Sísmicos para Análisis no lineales en el tiempo

Para la fase de diseño de un nuevo edificio en San Francisco, California se pide seleccionar registros para realizar una serie de análisis no lineales en el tiempo. Se compararán diferentes espectros objetivos y se seleccionarán registros sísmicos consistentes con la amenaza sísmica en el sitio de interés (Spectral Matching, Ajuste al espectro condicionado (CS), ajuste utilizando el IM alternativo Sa_{avg}).

El edificio está en coordenadas $(lat^{\circ}, lon^{\circ}) = (37.3793^{\circ}, -122.401^{\circ})$ sobre un suelo con $V_{s30} = 537m/s$ lo que corresponde a suelo tipo C según clasificación NEHRP (Very dense soil and soft rock), el periodo fundamental del edificio es $T = 1$

Parte 1

1. Espectro de Diseño en el sitio de interés

Utilizando el siguiente sitio web, se obtuvieron los parámetros S_{DS} , S_{D1} y T_L para poder construir el espectro de diseño en el sitio de interés.

<http://hazards.atcouncil.org/#/seismic>

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Reference Document | ASCE7-16 |
| Risk Category | II |
| Site Class | C – Very Dense Soil and Soft Rock |

Tabla 1: Configuración ingresada a herramienta web (junto con coordenadas)

Se obtuvieron los siguientes resultados (no se visualizan todos)

| | | |
|-----|------|---|
| SDS | 1.2 | Numeric seismic design value at 0.2s SA |
| SD1 | 0.56 | Numeric seismic design value at 0.1s SA |
| TL | 12 | Long -period transition period (s) |

Tabla 2: Valores de Parámetros obtenidos con herramienta web

Con los parámetros se obtiene el espectro de diseño utilizando las especificaciones del código ASCE7-16 en Capítulo 11 desde 0 a 5 segundos con paso temporal de 0.1 segundos

| | |
|----|----------|
| TS | 0.466667 |
| T0 | 0.093333 |

Tabla 3: Factores del código ASCE7-16 que se obtienen con parámetros SDS y SD1

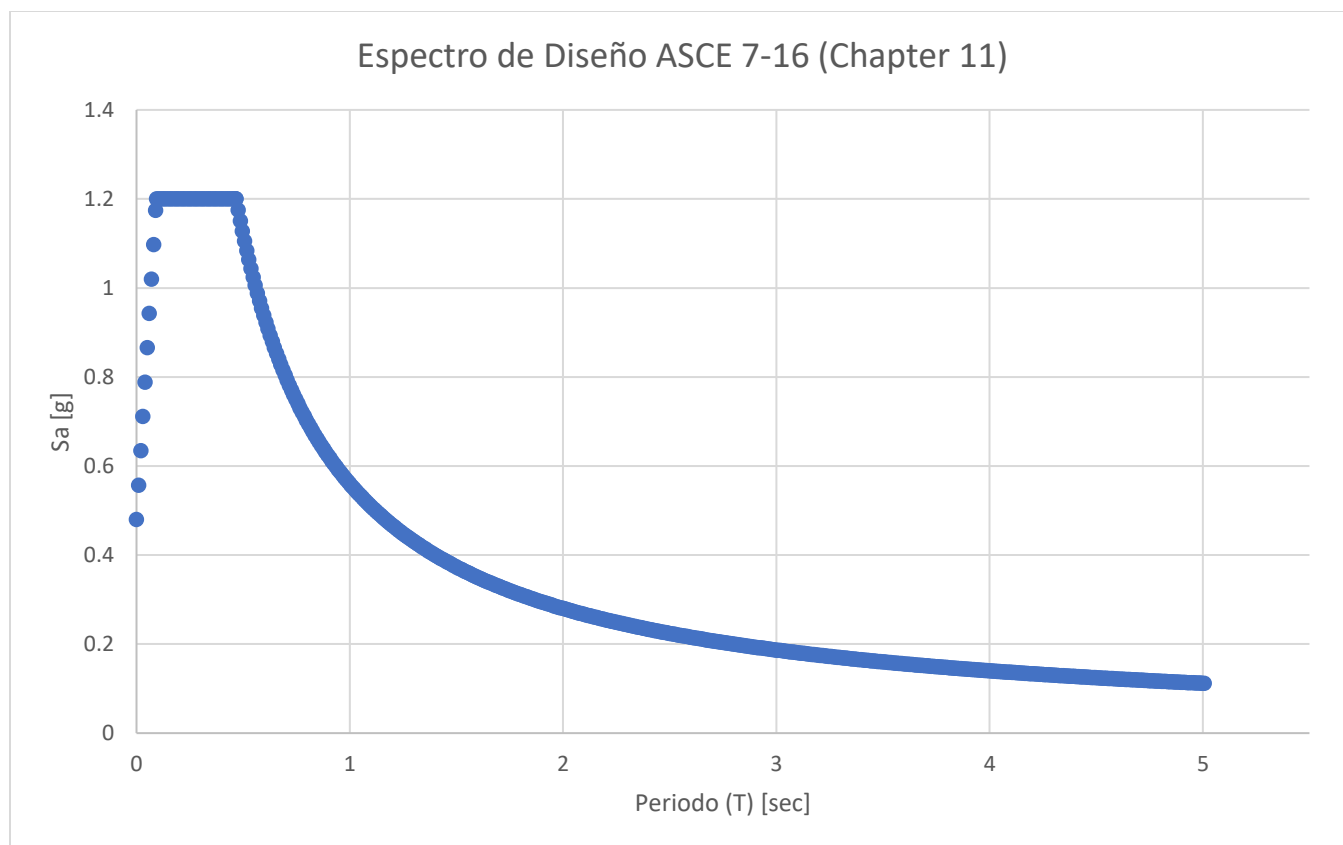


Gráfico 1: Espectro de Diseño utilizando ASCE7-16 y Parámetros de diseño obtenidos desde <http://hazards.atcouncil.org/#/seismic>

Se observa una gran aceleración espectral máxima de $1.2[g]$, un $PGA = 0.48[g]$ y $S_a(T = 1s) = 0.54[g]$

2. Espectro de amenaza uniforme (UHS) para una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años

Para obtener el UHS en el sitio de interés se utiliza la siguiente página web

<https://earthquake.usgs.gov/hazards/interactive/>

| | |
|-----------------|---|
| Edition | Dynamic: Conterminous U.S. 2014 (update) (v4.2.0) |
| Time Horizon | 475 años |
| Site Class | 537 m/s (Site class C) |
| Spectral Period | Peak Ground Acceleration |

Tabla 4: Consideraciones para utilizar la herramienta.

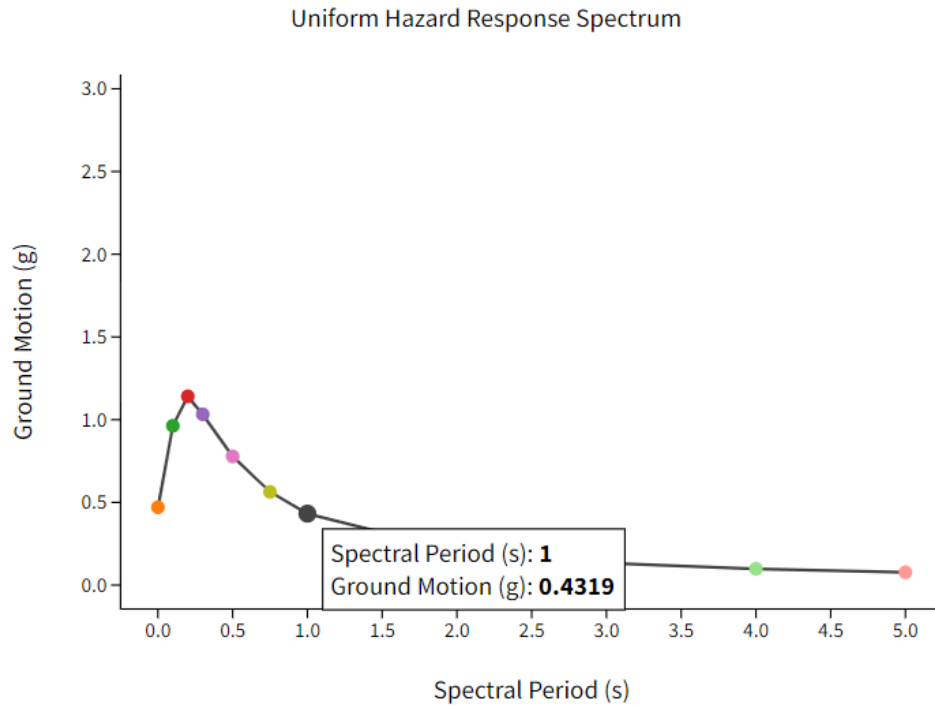


Gráfico 2: Espectro de amenaza uniforme obtenido con herramientas USGS.

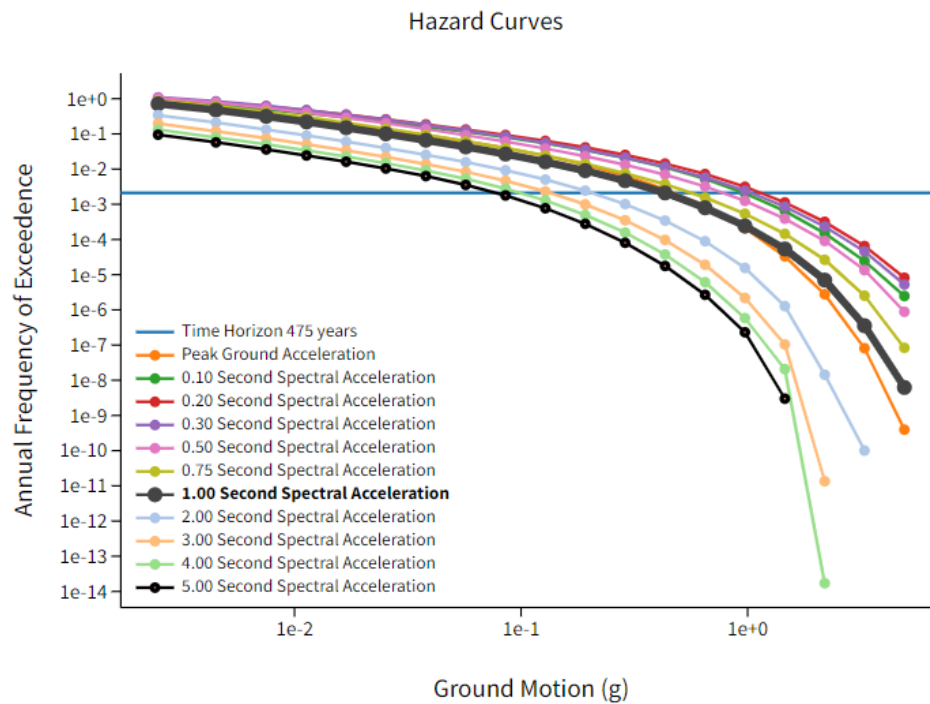


Gráfico 3: Curvas de Hazard obtenido con herramientas USGS.

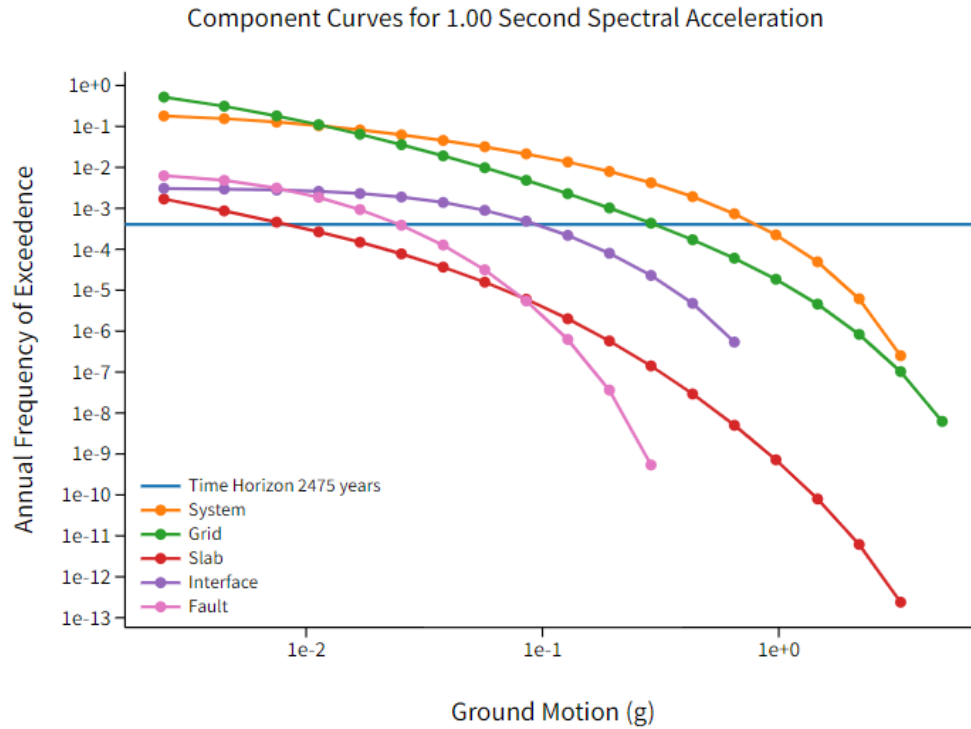
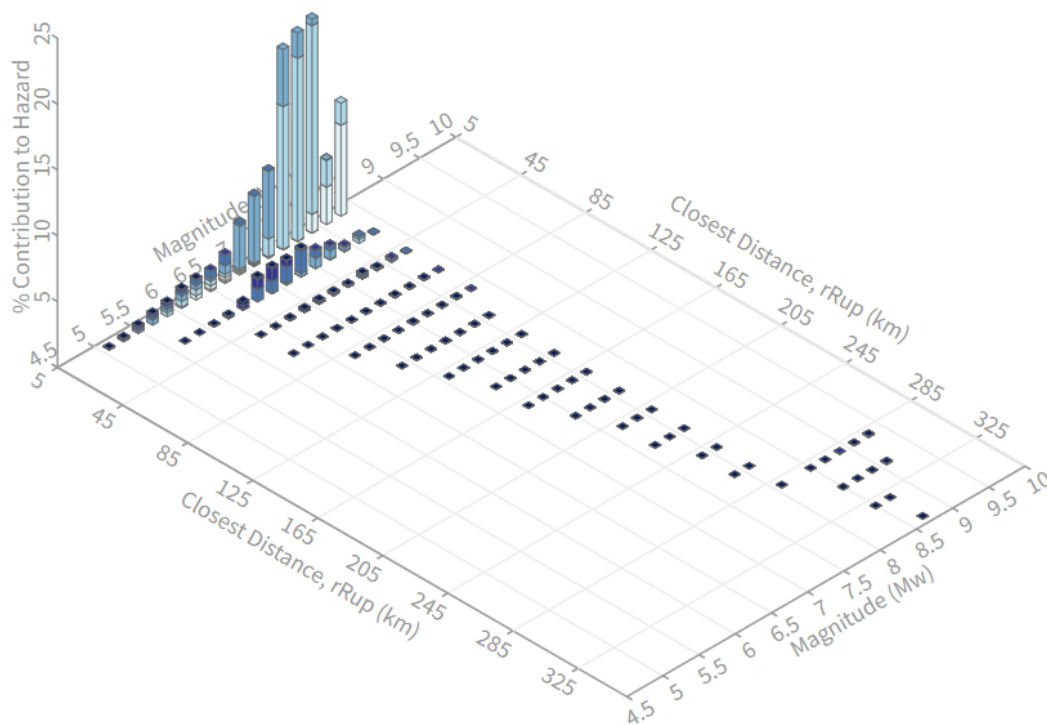


Gráfico 4: Curvas de componentes para aceleración espectral para 1 segundo.

3. Espectro Condicionado (CS)

3.1) A través del mismo sitio web, se obtiene la desagregación de la amenaza sísmica para $Sa(T = 1sec)$ en el sitio de interés para una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años



Summary statistics for, Deaggregation: Total

Deaggregation targets

Return period: 475 yrs
Exceedance rate: $0.0021052632 \text{ yr}^{-1}$
1.0 s SA ground motion: 0.43191908 g

Recovered targets

Return period: 508.96389 yrs
Exceedance rate: $0.0019647759 \text{ yr}^{-1}$

Totals

Binned: 100 %
Residual: 0 %
Trace: 0.2 %

Mean (over all sources)

m: 7.48
r: 18.23 km
 ϵ_0 : 1σ

Mode (largest m-r bin)

m: 7.86
r: 15.51 km
 ϵ_0 : 0.67σ
Contribution: 16.22 %

Mode (largest m-r- ϵ_0 bin)

m: 7.86
r: 15.47 km
 ϵ_0 : 0.67σ
Contribution: 14.33 %

Deaggregation Contributors

| Source Set | Source | Type | r | m | ϵ_0 | lon | lat | az | % |
|----------------------|------------------------------|--------|-------|------|--------------|-----------|----------|--------|-------|
| UC33brAvg_FM32 | | System | | | | | | | 46.04 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.87 | 0.63 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 20.66 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.27 | 1.11 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 10.60 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.70 | 0.99 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 4.26 |
| UC33brAvg_FM31 | | System | | | | | | | 45.70 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.87 | 0.63 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 20.52 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.27 | 1.11 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 10.53 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.69 | 1.00 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 4.34 |
| UC33brAvg_FM31 (opt) | | Grid | | | | | | | 4.02 |
| UC33brAvg_FM32 (opt) | | Grid | | | | | | | 3.99 |

Figura 1: Desagregación sísmica para $T=1$ [s] para probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

Comparando con <https://maps.conservation.ca.gov/cgs/fam/>

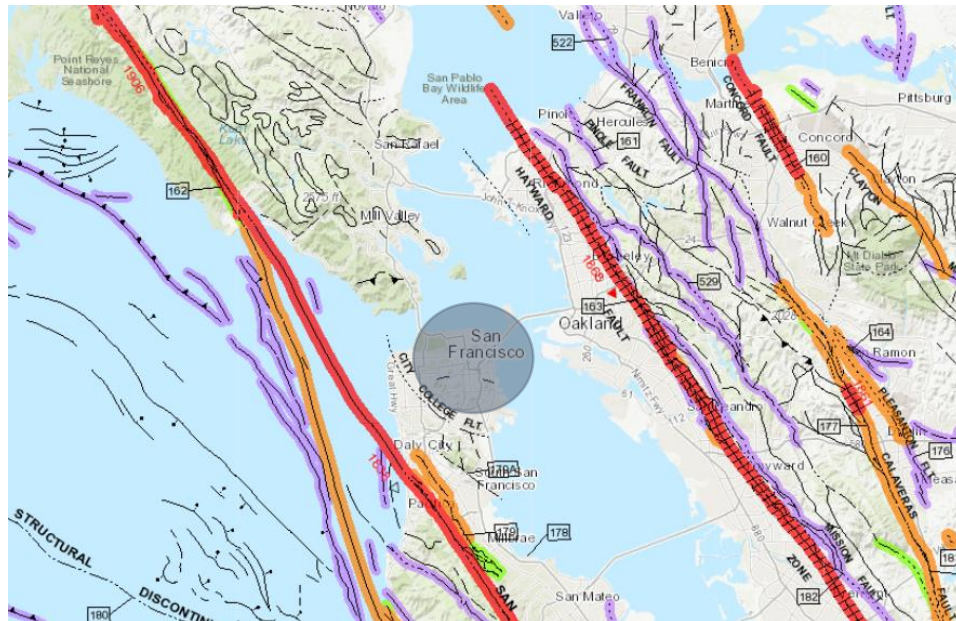


Figura 2: Mapa de la situación en cuestión, indicando el sitio de estudio y las fallas aledañas.

Se observa que, para el sitio, que está en San Francisco, la falla más cercana es la de San Andreas, que además es la que puede generar sismos de mayor magnitud, por ello, es la que más contribuye en la desagregación mostrada anteriormente.

P1.3.2

Repetir procedimiento anterior cambiando parámetros

I) $T = 1\text{sec}$, probabilidad de excedencia de 2% en 50 años

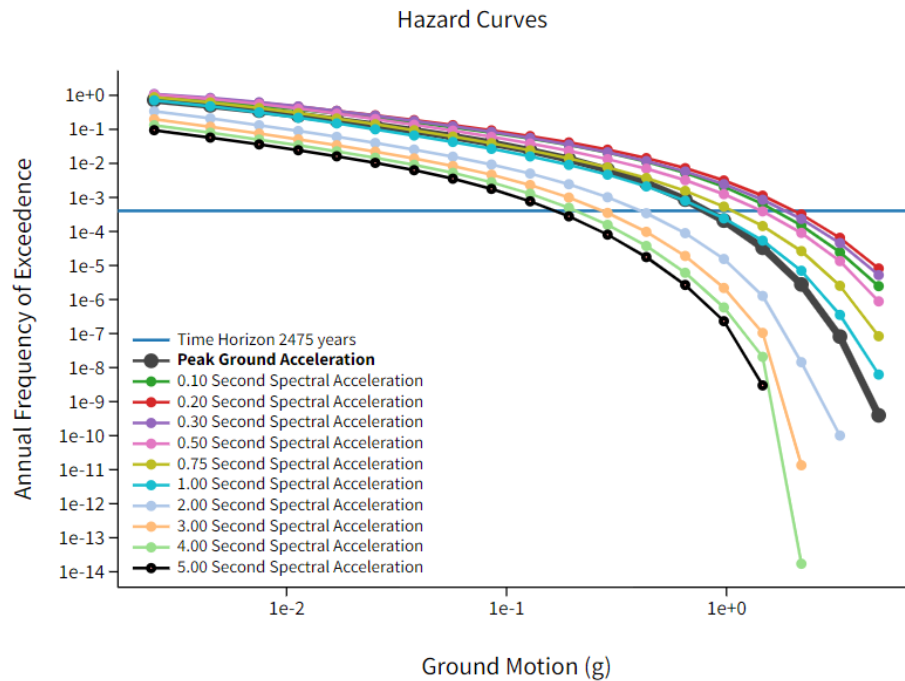


Gráfico 5: Curvas de Hazard obtenido con herramientas USGS.

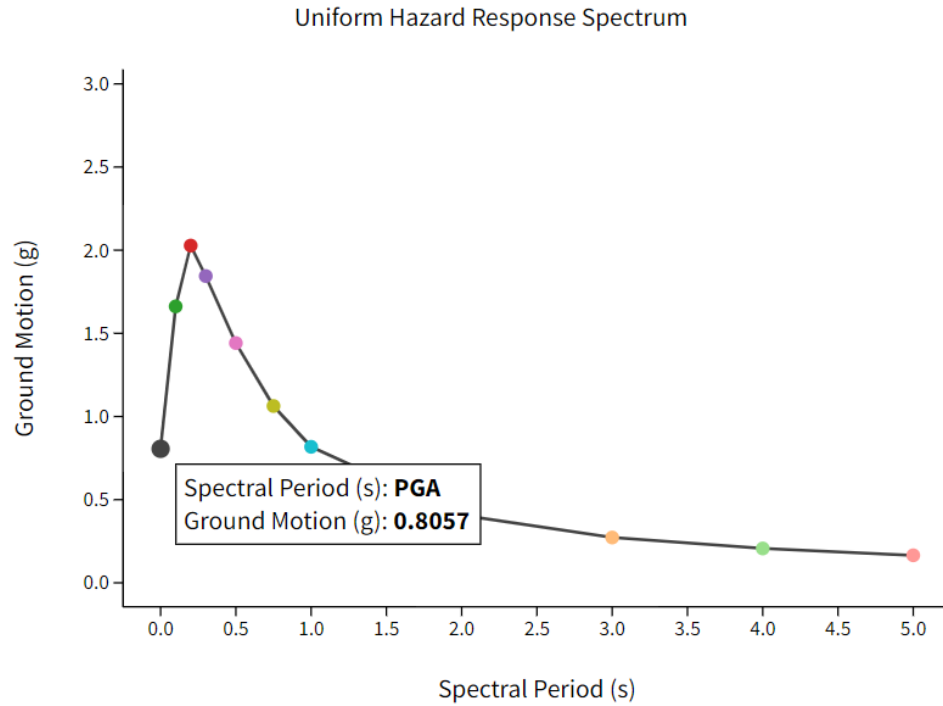


Gráfico 6: Espectro de amenaza uniforme obtenido con herramientas USGS.

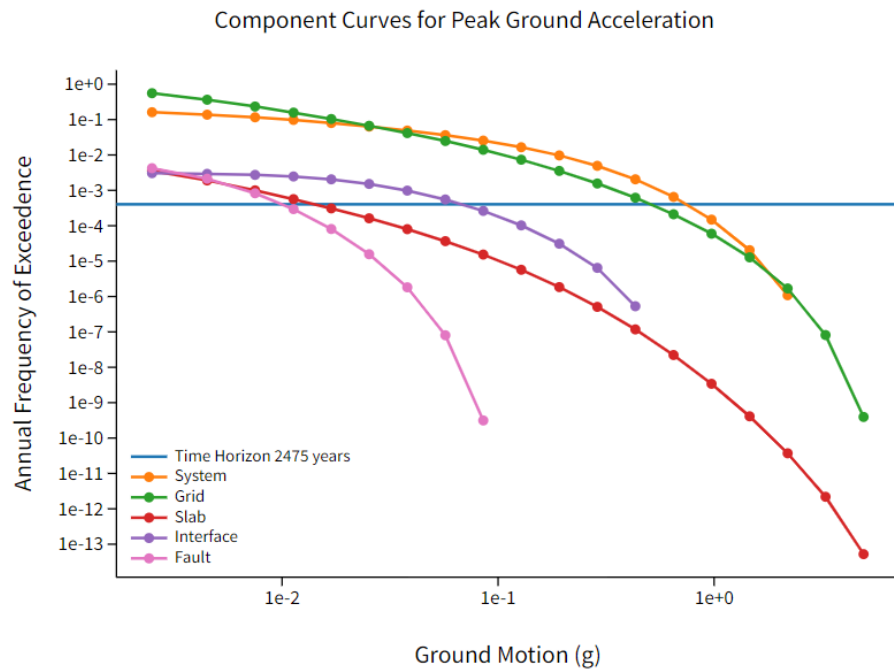
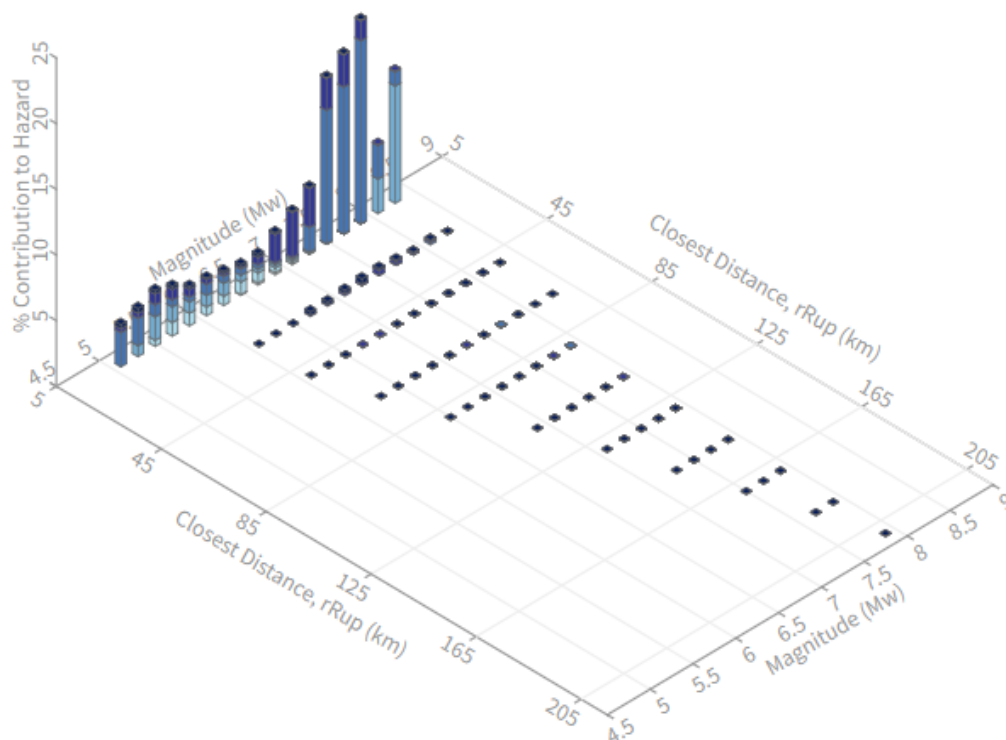


Gráfico 7: Curvas de componentes para aceleración espectral para 1 segundo.



Summary statistics for, Deaggregation: Total

Deaggregation targets

Return period: 2475 yrs
Exceedance rate: 0.0004040404 yr⁻¹
PGA ground motion: 0.80569462 g

Recovered targets

Return period: 3023.696 yrs
Exceedance rate: 0.00033072108 yr⁻¹

Totals

Binned: 100 %
Residual: 0 %
Trace: 0.04 %

Mean (over all sources)

m: 7.18
r: 13.34 km
ε_o: 1.73 σ

Mode (largest m-r bin)

m: 7.87
r: 15.39 km
ε_o: 1.7 σ
Contribution: 15.46 %

Mode (largest m-r-ε_o bin)

m: 7.87
r: 15.39 km
ε_o: 1.66 σ
Contribution: 13.92 %

Discretization

r: min = 0.0, max = 1000.0, Δ = 20.0 km
m: min = 4.4, max = 9.4, Δ = 0.2
 ϵ : min = -3.0, max = 3.0, Δ = 0.5 σ

Epsilon keys

$\epsilon 0$: $[-\infty \dots -2.5]$
 $\epsilon 1$: $[-2.5 \dots -2.0]$
 $\epsilon 2$: $[-2.0 \dots -1.5]$
 $\epsilon 3$: $[-1.5 \dots -1.0]$
 $\epsilon 4$: $[-1.0 \dots -0.5]$
 $\epsilon 5$: $[-0.5 \dots 0.0]$
 $\epsilon 6$: $[0.0 \dots 0.5]$
 $\epsilon 7$: $[0.5 \dots 1.0]$
 $\epsilon 8$: $[1.0 \dots 1.5]$
 $\epsilon 9$: $[1.5 \dots 2.0]$
 $\epsilon 10$: $[2.0 \dots 2.5]$
 $\epsilon 11$: $[2.5 \dots +\infty]$

Deaggregation Contributors

| Source Set | Source | Type | r | m | ϵ_0 | lon | lat | az | % |
|----------------------|-------------------------------------|--------|-------|------|--------------|-----------|----------|--------|-------|
| UC33brAvg_FM32 | | System | | | | | | | 35.97 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.90 | 1.65 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 20.55 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.31 | 2.04 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 8.16 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.74 | 2.00 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 2.99 |
| UC33brAvg_FM31 | | System | | | | | | | 35.75 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.90 | 1.65 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 20.42 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.31 | 2.04 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 8.12 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.73 | 2.00 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 3.03 |
| UC33brAvg_FM31 (opt) | | Grid | | | | | | | 14.17 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.81 | 5.77 | 1.27 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 5.03 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.81 | 5.77 | 1.27 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 5.03 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.13 | 5.87 | 1.99 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.16 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.13 | 5.87 | 1.99 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.16 |
| UC33brAvg_FM32 (opt) | | Grid | | | | | | | 14.10 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.81 | 5.77 | 1.27 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 5.02 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.81 | 5.77 | 1.27 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 5.02 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.12 | 5.87 | 1.99 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.14 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.12 | 5.87 | 1.99 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.14 |

Figura 3: Desagregación sísmica para $T=1$ [s] para probabilidad de excedencia de 2% en 50 años.

II) PGA, probabilidad de excedencia de 10% en 50 años

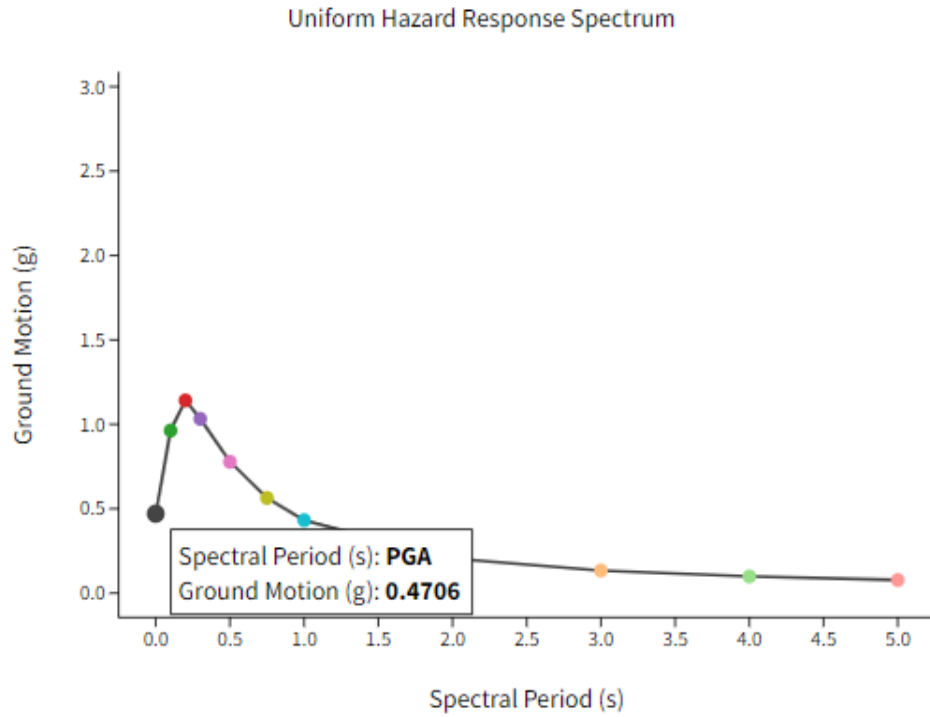


Gráfico 8: Espectro de amenaza uniforme obtenido con herramientas USGS.

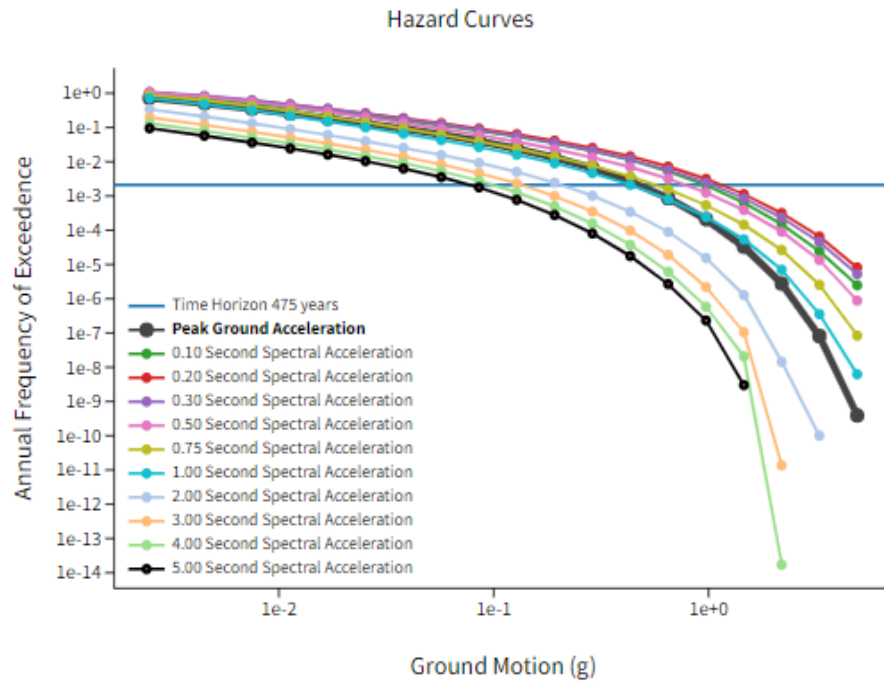


Gráfico 9: Curvas de Hazard obtenido con herramientas USGS.

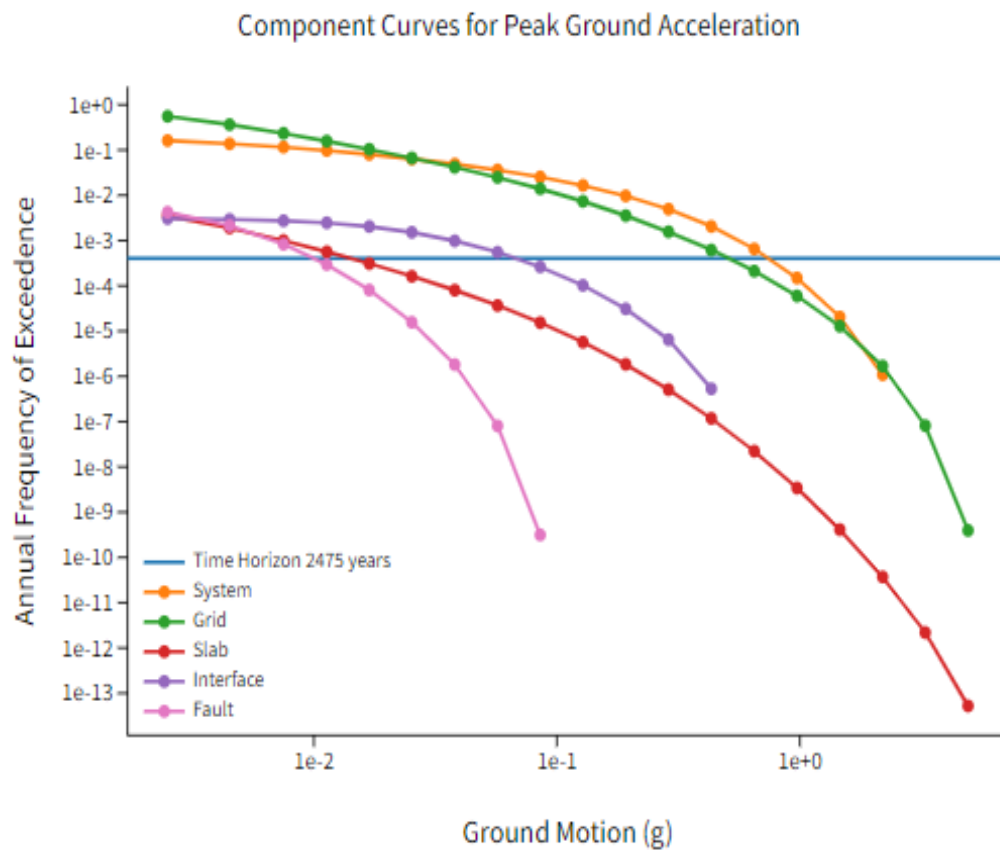
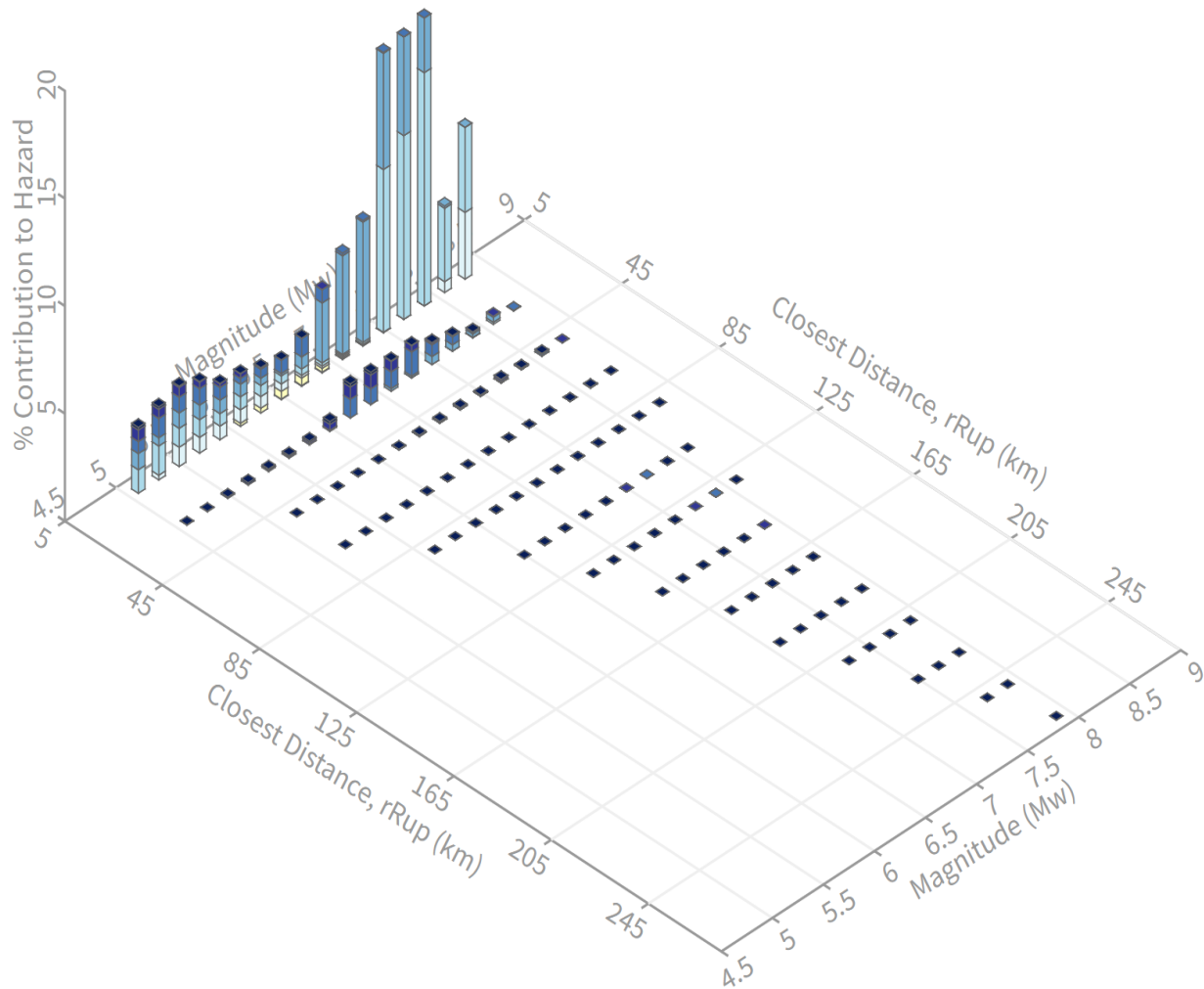


Gráfico 10: Curvas de componentes para aceleración espectral para 1 segundo.



| Deaggregation targets | Recovered targets | Totals | Mean (over all sources) |
|--|---|---|--|
| Return period: 475 yrs Exceedance rate: 0.0021052632 yr ⁻¹ PGA ground motion: 0.47057966 g | Return period: 515.01504 yrs Exceedance rate: 0.0019416909 yr ⁻¹ | Binned: 100 % Residual: 0 % Trace: 0.17 % | m: 7.14 r: 15.36 km ε₀: 1.07 σ |
| Mode (largest m-r bin) | Mode (largest m-r-ε ₀ bin) | Discretization | Epsilon keys |
| m: 7.86 r: 15.49 km ε₀: 0.81 σ Contribution: 13.38 % | m: 7.87 r: 15.4 km ε₀: 0.75 σ Contribution: 10.84 % | r: min = 0.0, max = 1000.0, Δ = 20.0 km m: min = 4.4, max = 9.4, Δ = 0.2 ε: min = -3.0, max = 3.0, Δ = 0.5 σ | ε₀: [-∞ .. -2.5) ε₁: [-2.5 .. -2.0) ε₂: [-2.0 .. -1.5) ε₃: [-1.5 .. -1.0) ε₄: [-1.0 .. -0.5) |

Deaggregation Contributors

| Source Set | Source | Type | r | m | ϵ_0 | lon | lat | az | % |
|----------------------|-------------------------------------|--------|-------|------|--------------|-----------|----------|--------|-------|
| UC33brAvg_FM32 | | System | | | | | | | 38.36 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.87 | 0.77 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 17.23 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.25 | 1.18 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 9.69 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.69 | 1.14 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 3.41 |
| UC33brAvg_FM31 | | System | | | | | | | 38.05 |
| | San Andreas (Peninsula) [12] | | 14.81 | 7.87 | 0.77 | 122.537°W | 37.715°N | 234.04 | 17.12 |
| | Hayward (No) [2] | | 16.41 | 7.25 | 1.18 | 122.245°W | 37.872°N | 57.41 | 9.63 |
| | San Gregorio (North) [4] | | 18.98 | 7.69 | 1.14 | 122.604°W | 37.735°N | 250.17 | 3.47 |
| UC33brAvg_FM31 (opt) | | Grid | | | | | | | 11.84 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.89 | 5.69 | 0.55 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 2.95 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.89 | 5.69 | 0.55 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 2.95 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.54 | 5.71 | 1.36 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.31 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.54 | 5.71 | 1.36 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.31 |
| UC33brAvg_FM32 (opt) | | Grid | | | | | | | 11.74 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.89 | 5.69 | 0.55 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 2.95 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.797 | | 4.89 | 5.69 | 0.55 | 122.401°W | 37.797°N | 0.00 | 2.95 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.53 | 5.72 | 1.36 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.28 |
| | PointSourceFinite: -122.401, 37.869 | | 9.53 | 5.72 | 1.36 | 122.401°W | 37.869°N | 0.00 | 1.28 |

Figura 4: Desagregación sísmica con PGA para probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

Comparando las desagregaciones, I) está más concentrada y tiene valores de porcentaje de contribución mayores en distancias pequeñas, mientras que II) está (un poco) más dispersa y tiene valores peak de porcentaje de contribución menores. Para ambas desagregaciones (I) y II)), se consideran las mismas fuentes sismogénicas para estimar el porcentaje de contribución según las tablas

P1.3.3

Leer procedimiento descrito por Baker (2011) para calcular un espectro condicionado

P1.3.4

Se genera una función *CMS_Baker_2011.m* que implementa el método propuesto por Baker (2011) para calcular el espectro condicionado (mediana y desviación estándar) para un solo periodo condicionante T^* , esta función considera las GMPE de Boore (2014) (*BSSA_2014_nga.m*) y la correlación entre ϵ de Baker & Jayaram (2008) (*rho_Baker_Jayaram_2008.m*).

La función generada se encuentra disponible en el siguiente enlace: https://github.com/aleaicr/Sismica-Avanzada/tree/main/Tareas/Tarea%201/C%C3%B3digos/PI_3_4y5

P1.3.5

Se emplea la función del punto anterior para calcular el espectro condicionado en el sitio de interés para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años para el periodo condicionante $T^* = 1[s]$, el valor de UHS a utilizar es el calculado en *Parte I.2*.

A pesar de que se indica ir desde 0 a 5 segundos con pasos de 0.01, Baker 2011 estipula que el límite inferior para su función es de 0.05 segundos por lo que se ejecutará la función con este periodo inicial

Los parámetros ingresados son las siguientes:

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Ti | 0.05:0.01:5 |
| T^* | 1 [s] |
| $Sa(T^*)$ | 0.4319 [g] |
| M | 7.48 |
| R | 18.23 [km] |
| Mecanismo Focal (Fault type) | 1 (Strike-Slip) |
| Región | 1 (California) |
| z1 | 999 (Unspecified) |
| Vs30 | 537 (m/s) (Clasificación C – NEHRP) |

Tabla 5: Valores de parámetros iniciales (input) de la función.

Se obtienen los siguientes resultados: (siguiente página)

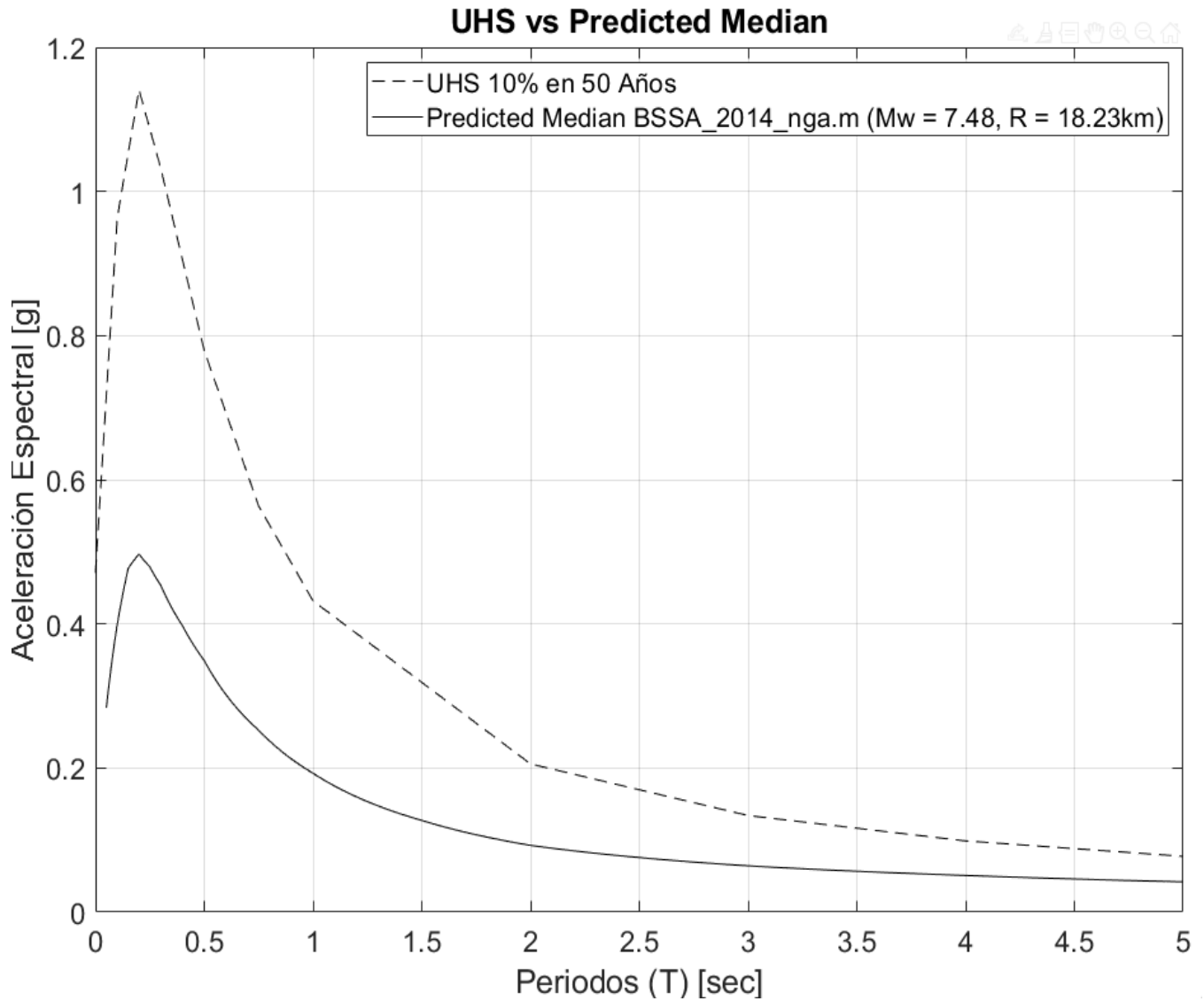


Gráfico 11: Comparación entre Aceleraciones Espectrales para el UHS y el Predicted Median ($M_w = 7.48$, $R = 18.23\text{km}$)

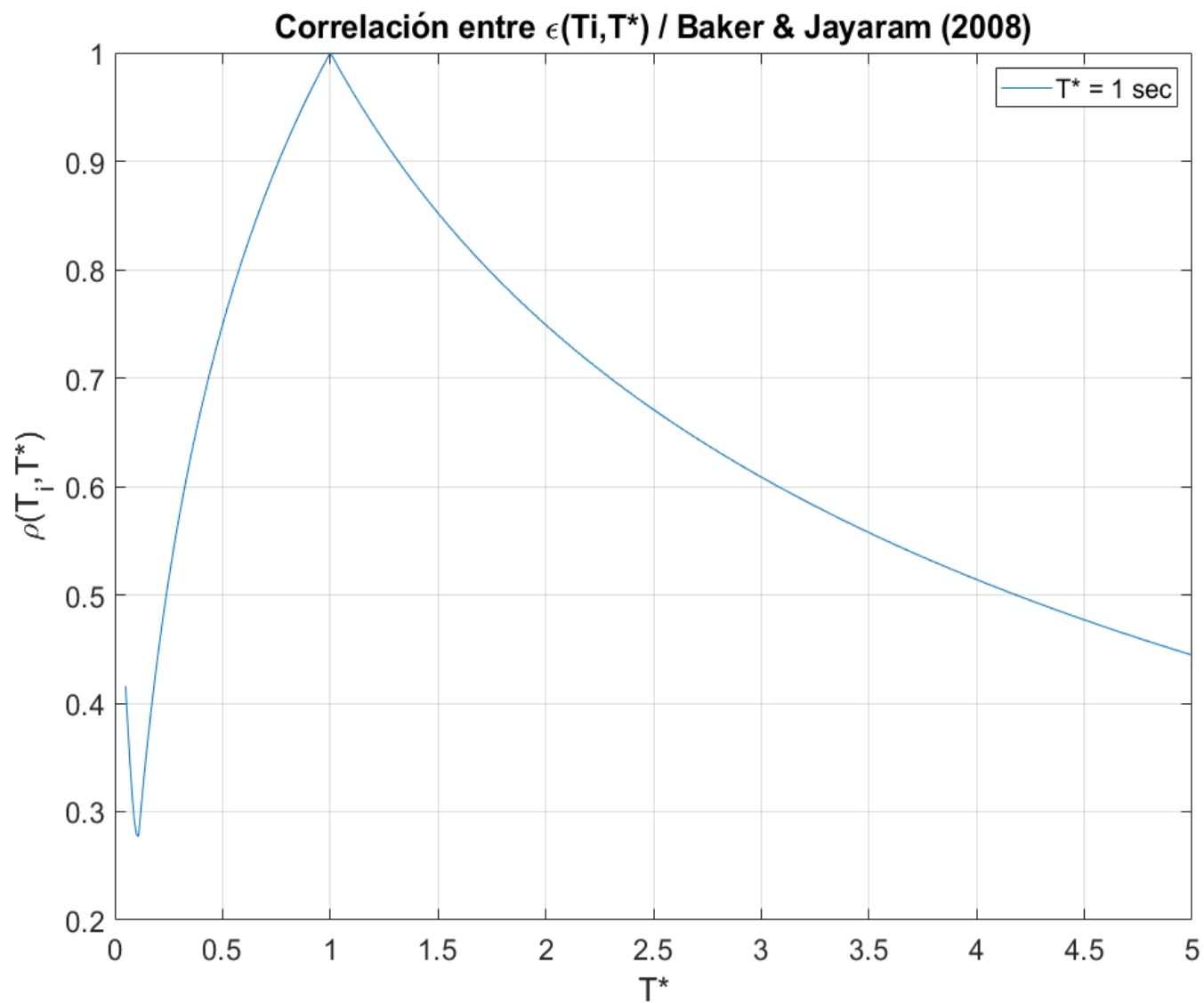


Gráfico 12: Correlación entre $\epsilon(T_i, T^*)$ para el rango de periodos T_i con función descrita por Baker & Jayaram (2008)

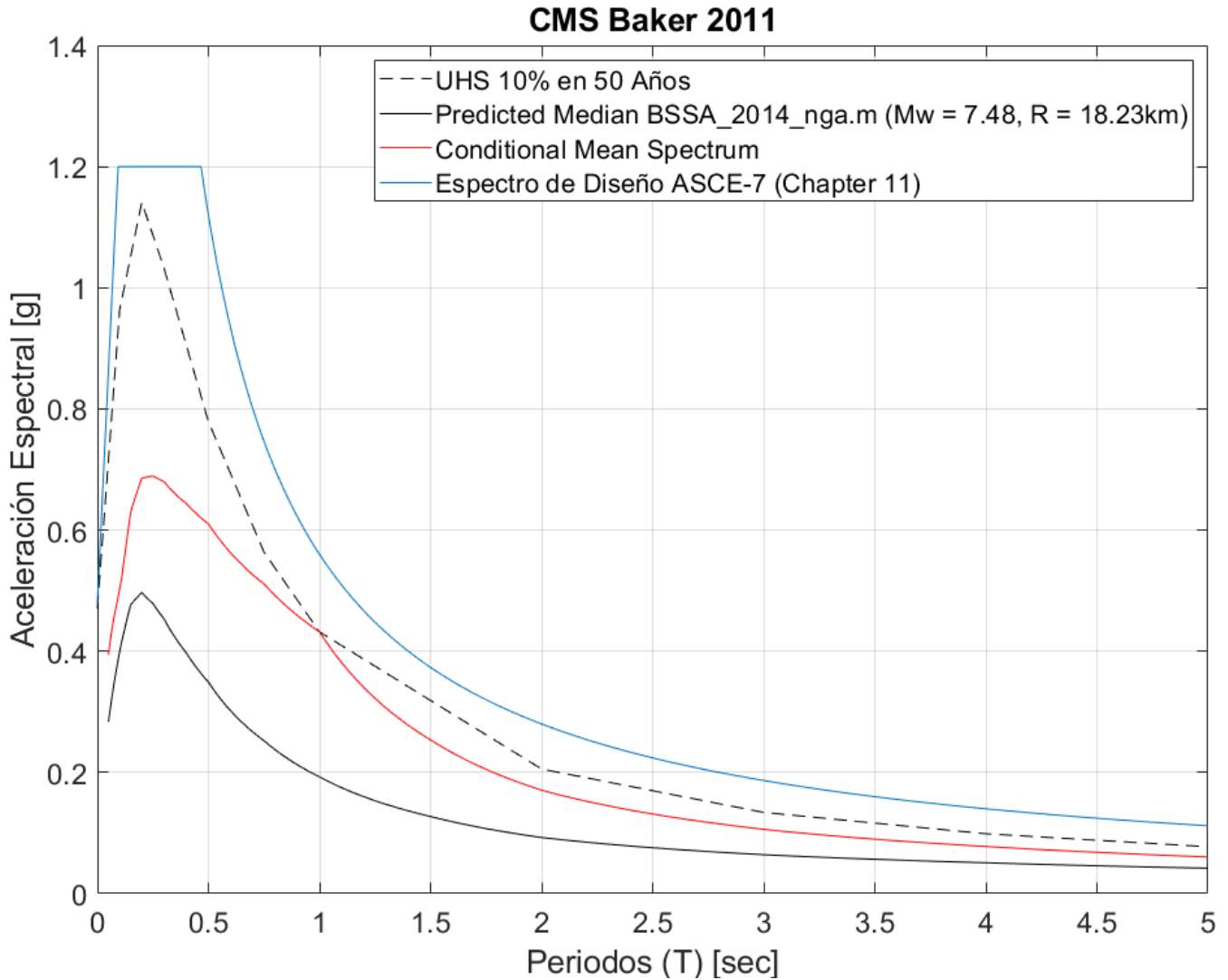
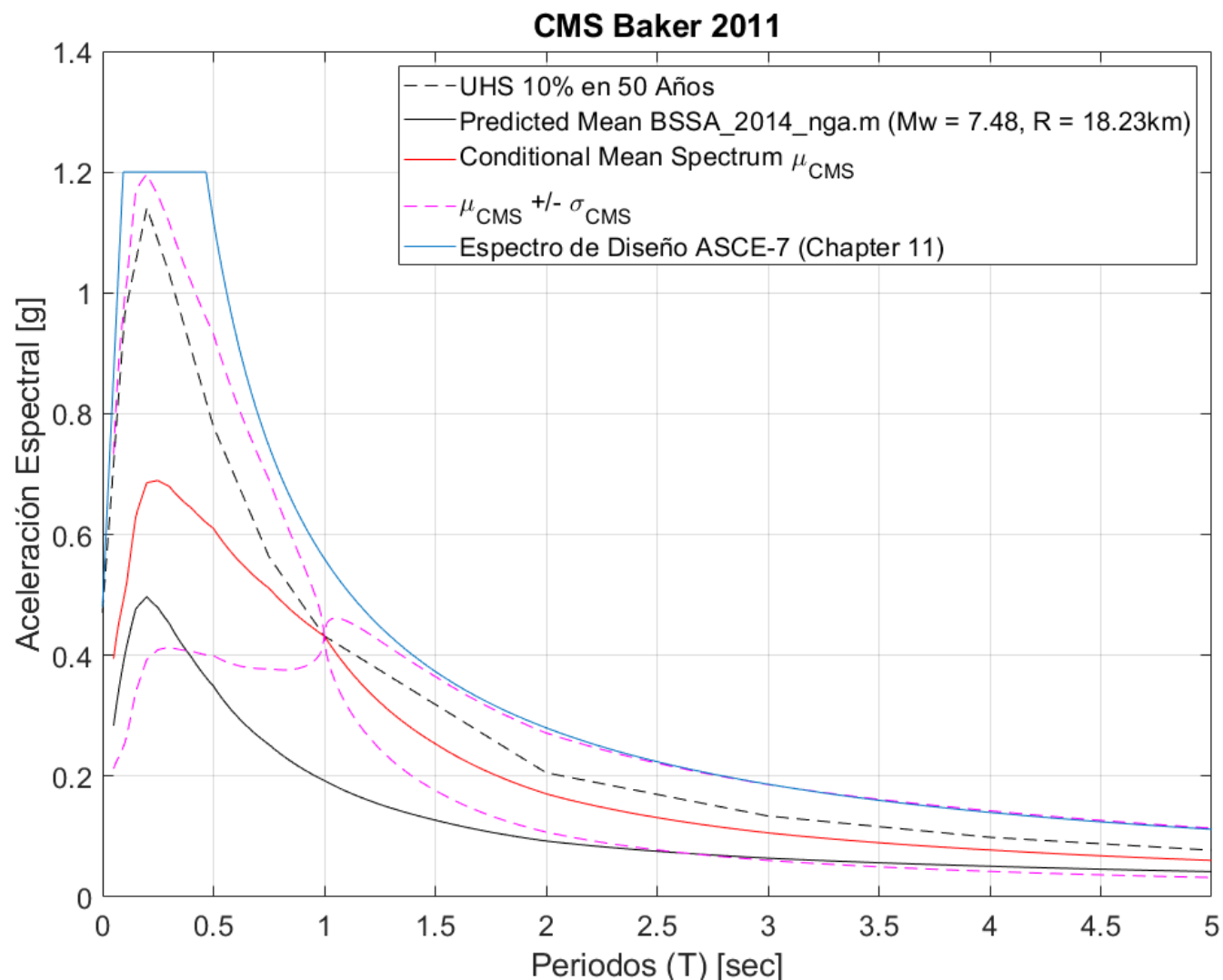


Gráfico 13: CMS (Conditional Mean Spectrum) obtenido empleando la función CMS_Baker_2011.m con los parámetros de la tabla

La curva del CMS, se acerca en el periodo de condicionamiento a la curva UHS, sin embargo, para los demás periodos se ajusta, pero no hasta el nivel de la UHS.



Sobre los tres espectros (UHS 10% en 50 Años, CMS y Diseño), el mayor en casi todo el rango de periodos, este es el mayor incluso considerando la desviación estándar de CMS (curva rosada). El CMS, se ajusta al UHS en un periodo ($T^* = 1s$) desde el 'predicted mean' de la GMPE de Boore (2014). Cabe destacar que el peak de cada espectro está siempre en el mismo periodo, alrededor de 0.25 [s].

Parte 2

Método 1: Spectral Matching

Se implementará la metodología propuesta por Al Atik & Abrahamson (2010) para 'Spectral Matching' para ajustar un registro al espectro de media condicionada (CMS) de la pregunta anterior entre los periodos 0.5 y 3.0 [s].

Todas las funciones descritas a continuación están disponibles en:

https://github.com/aleaicr/Sismica-Avanzada/tree/main/Tareas/Tarea%201/C%C3%B3digos/P2_M1

P2.M1.1

Leer Al Atik & Abrahamson (2010)

P2.M1.2

Se modifica función de *Newmark_Lineal.m* generada para la asignatura Ingeniería Sísmica del semestre anterior para obtener la función solicitada **PSaPeak.m** que calcula el espectro de pseudo-aceleraciones de un registro de aceleraciones, calcula el tiempo al peak del desplazamiento y el signo del desplazamiento en el peak.

P2.M1.3

Se desarrolla la función **SM_AlAtik_Abrahamson_2010.m** que implementa la metodología por Al Atik & Abrahamson (2010) para calcular ondas que modifique el registro original de aceleraciones. Y utiliza la función descrita en el punto anterior.

P2.M1.4

Se emplea la función para modificar el registro RSN1227_CHICHI_CHY074-N para que se ajuste al espectro de media condicionada del sitio de interés, para periodos entre 0.5 y 3.0 segundos y amortiguamiento de 5%.

Los parámetros ingresados son los siguientes, notar que se calcula para solo **UN PERIODO de ajuste (T^*)**

| | |
|---|---------------|
| T_n | 0.5:0.01:5 |
| T^* | 1 [s] |
| ξ | 5% |
| PSa Objetivo: $PSA_{CMS}(T^*)$ | 0.4319 [g] |
| Error admisible (precisión, si no cumple entonces iterar) | 10^{-5} [g] |
| $\beta_{Newmark}$ | 1/4 |
| γ (parámetro de relajación) | 1 |

Tabla 6: Valores de parámetros iniciales (input) de la función.

Se obtienen los siguientes resultados

| | |
|----------------------------|-------|
| Factor de Escala Requerido | 1.881 |
| Factor de Escala Utilizado | 1.3 |

Tabla 7: Valores de factores de escala requeridos y utilizados.

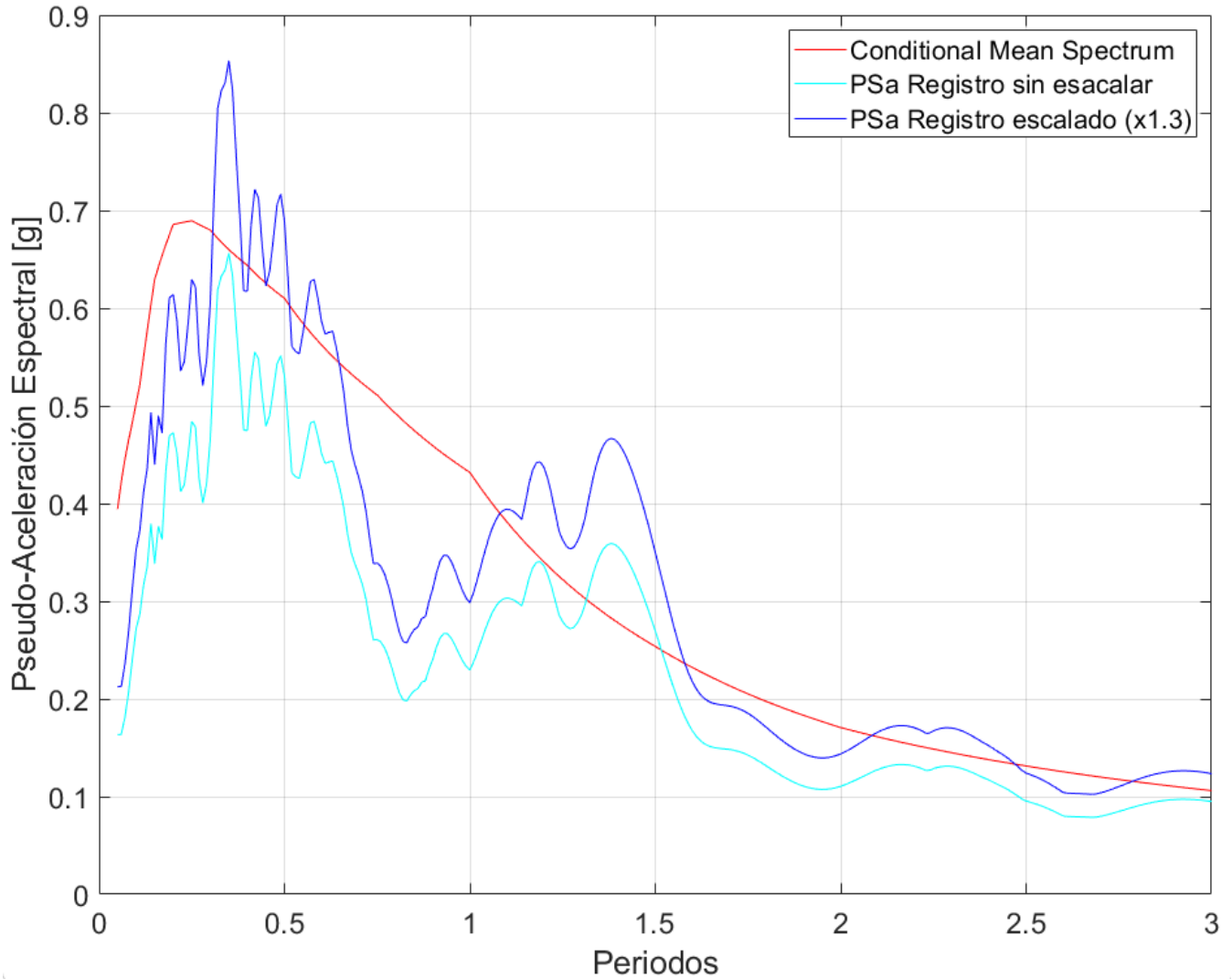


Gráfico 15: Comparación de CMS, PSa registro sin escalar y PSa registro escalado 1.3 veces

Escalar el registro para el periodo de ajuste provoca que el espectro completo vaya en dirección del escalamiento, en este caso el escalamiento era positivo, por lo que el espectro subió, para la función no era necesario, sin embargo, si se acerca mucho, el error es muy poco y el algoritmo no genera un nuevo registro a_1

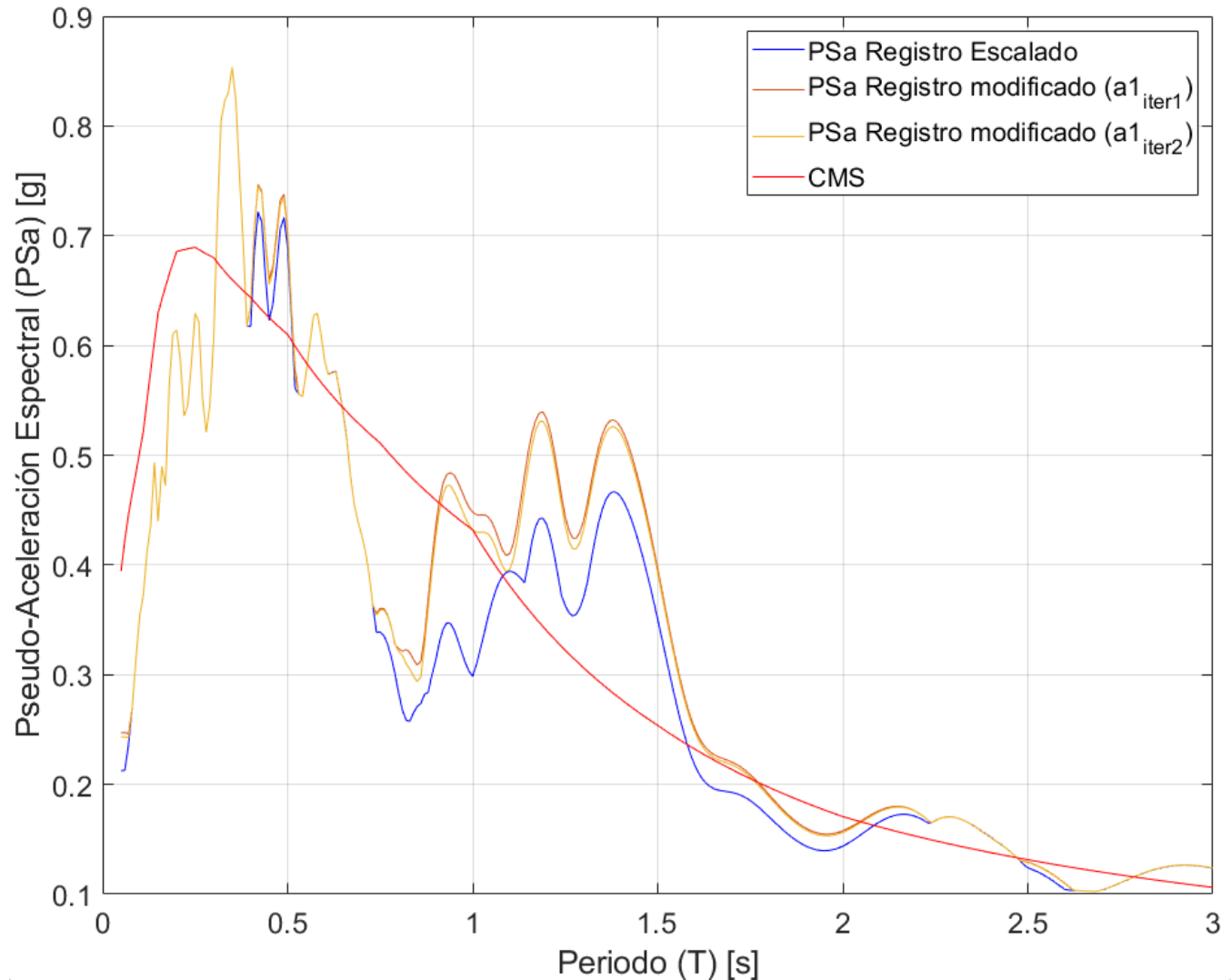


Gráfico 162: Espectros de Pseudo-Aceleración para CMS, PSa Registro Escalado, y las iteraciones del algoritmo (Se generan en Archivo: plotPSa_a1_run_SM_AlAtik_Abrahamson_2010.m)

Realizando un acercamiento, se observa que el primer ajuste $a1_{iteración1}$ sub la ordenada espectral para el periodo de ajuste, pero se pasa, por lo que hay un error considerable en comparación al error admisible y el algoritmo vuelve a iterar, en esta segunda iteración, se observa que el valor del pseudoespectro para $a1_{iteración2}$ si corresponde al del CMS. Los valores se ven en el siguiente gráfico.

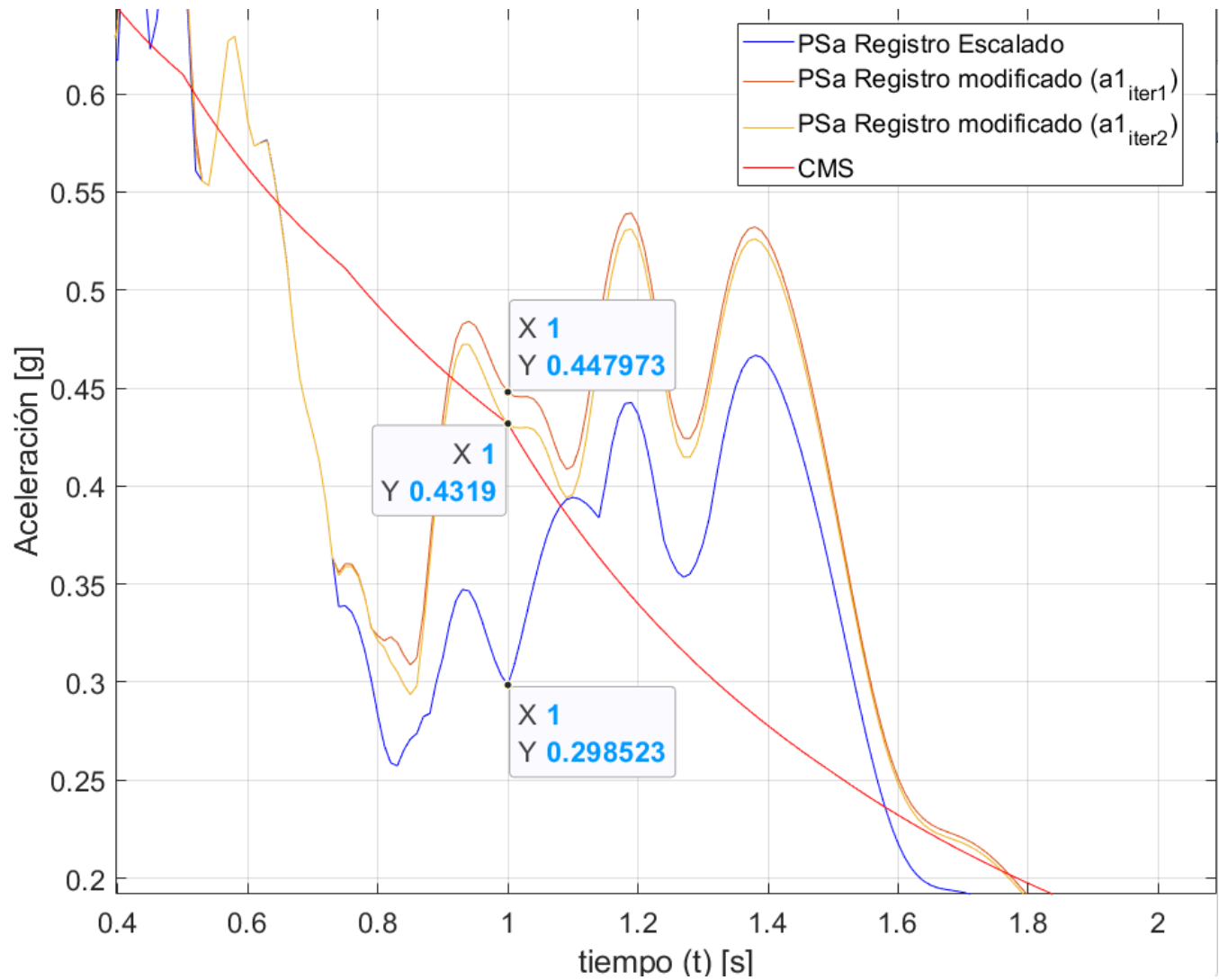


Gráfico 17: Acercamiento y valores en periodo de ajuste T^* para las pseudo-aceleraciones espectrales

Se comparan los espectros CMS, Registro original escalado y registro final modificado

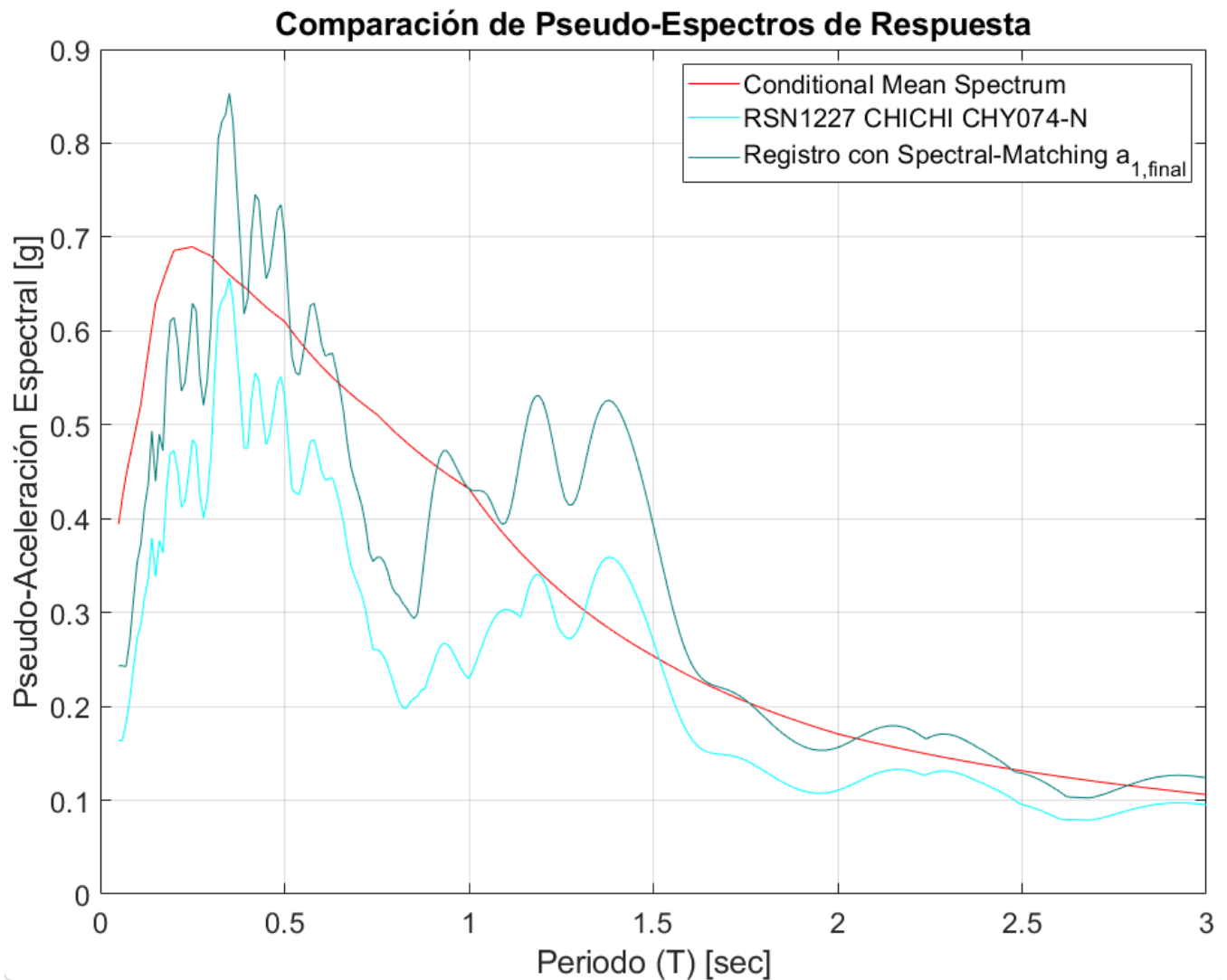


Gráfico 18: Pseudo-Aceleración Espectral del CMS, Registro escalado y registro modificado por Spectral Matching

Se observa que sí hay un ajuste para el periodo de ajuste T^* y se acerca la ordenada espectral del CMS, fueron necesarias 2 iteraciones para alcanzar el error admisible autoimpuesto.

El registro escalado vs el registro de Spectral Matching se muestra a continuación

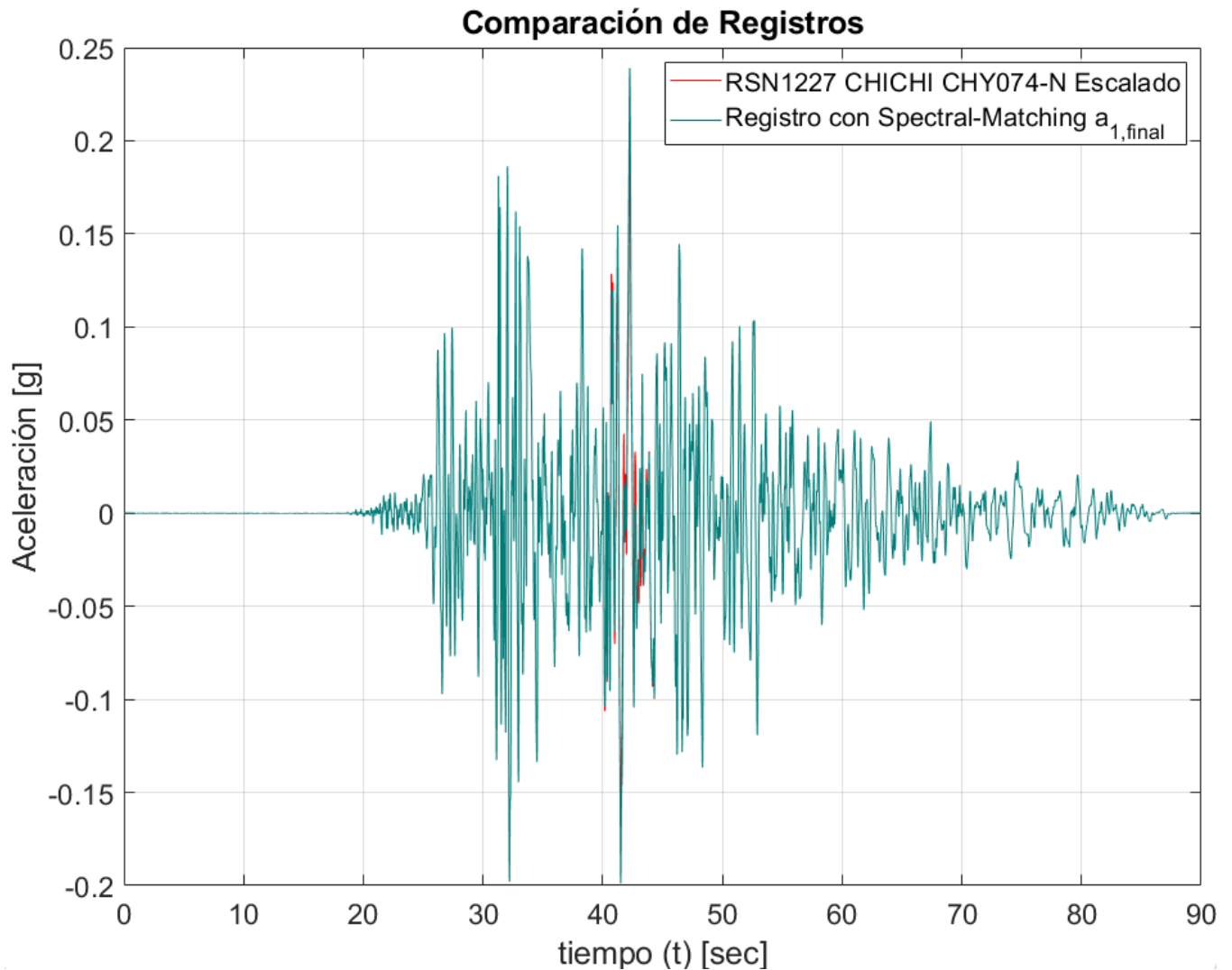


Gráfico 19: Comparación de registros.

Se observan leves diferencias en el registro en el nuevo registro en comparación con el anterior, realizando un aumento para ver qué cambios hay entre 40 y 50 segundos (mayoritariamente)

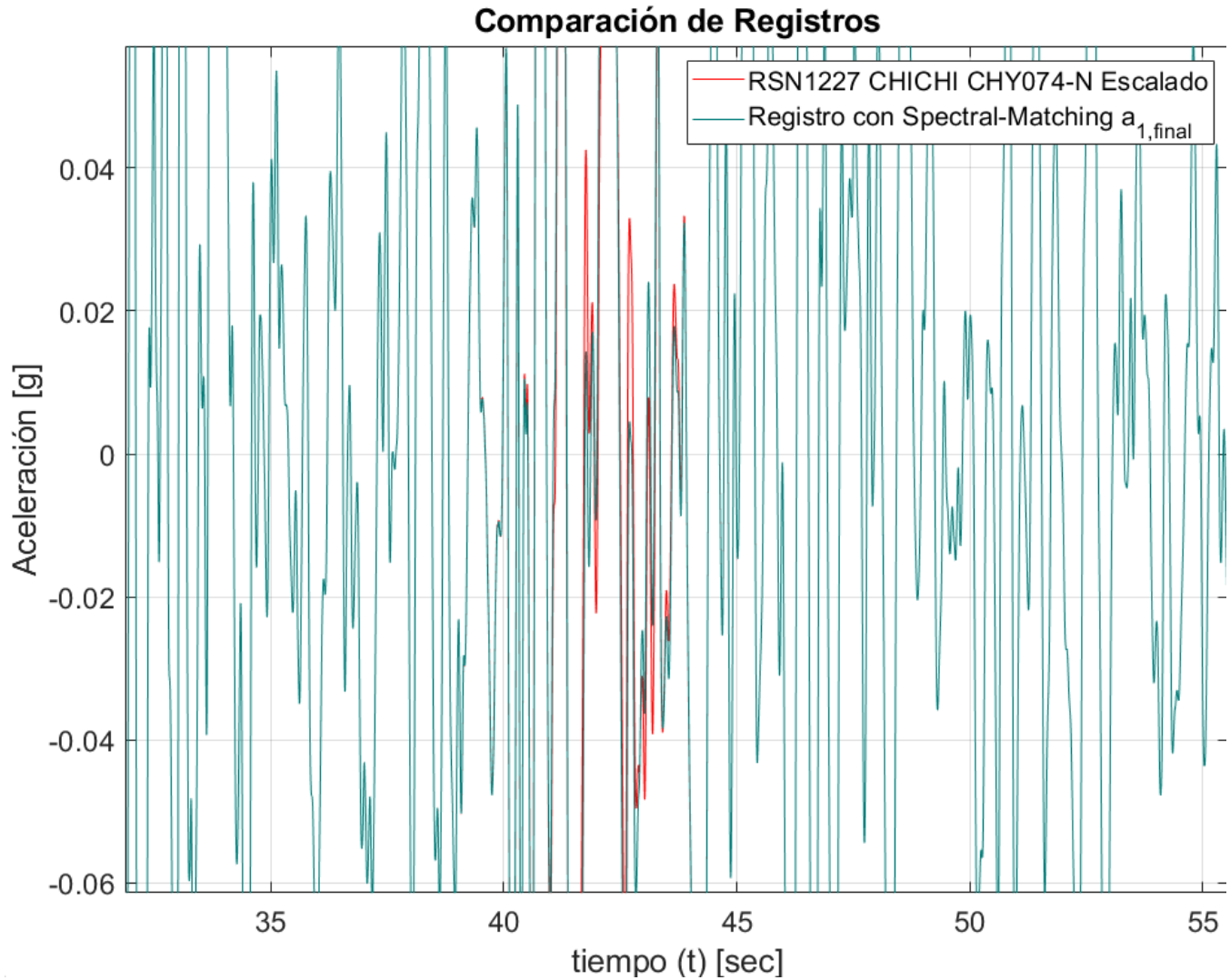


Gráfico 20: Zoom de la comparación de registros.

Se observa que hay pulsos del registro que aumentan y otros que disminuyen en torno al tiempo al peak de desplazamiento del registro para el periodo de ajuste T^*

A continuación, se muestran las últimas ondas modificadoras y función de ajuste $\delta a(t)$ y $f_j(t)$ respectivamente

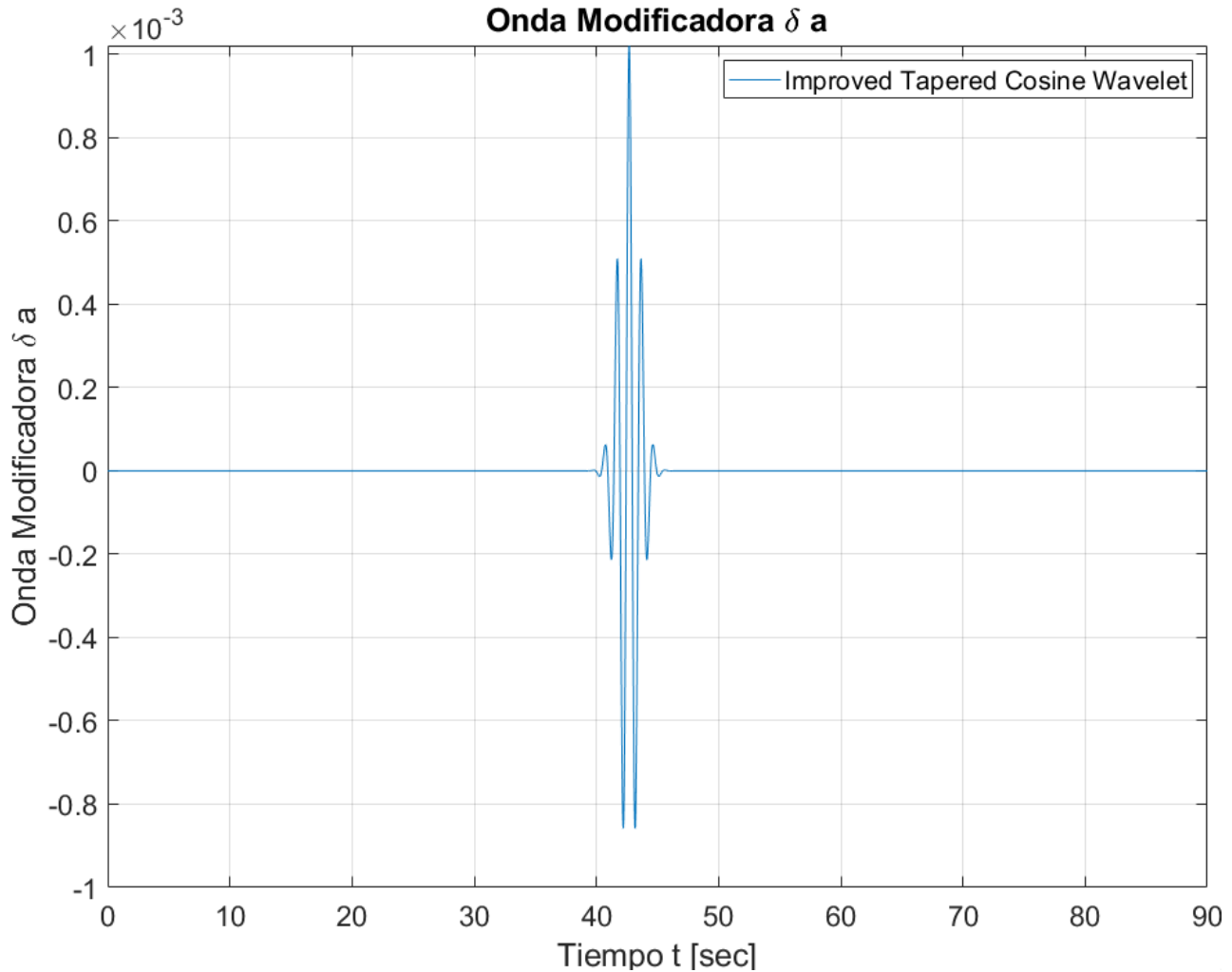


Gráfico 21: Gráfica de la onda modificadora $\delta a(t)$.

Como se observa es un pulso que se añade al registro con $\gamma = 1$ (parámetro de relajación) que va para ambas direcciones (izquierda y derecha en el tiempo) y parte con un máximo positivo en el tiempo al peak del desplazamiento.

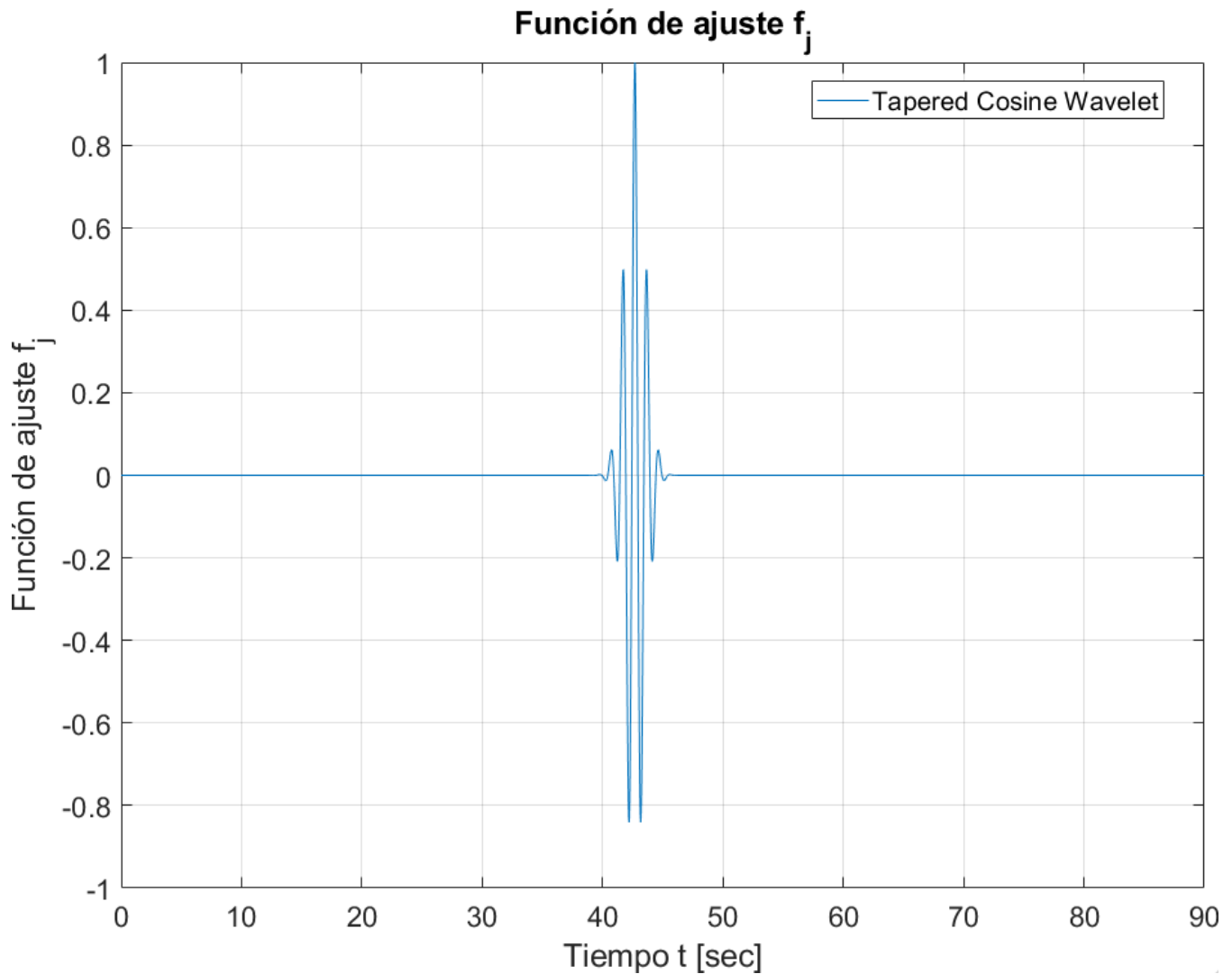


Gráfico 22: Gráfica función de ajuste f_j .

Pregunta 1:

Suponiendo que se tienen dos registros, que el primero se puede modificar para que en todos los periodos se ajuste correctamente al espectro condicionado, y que el segundo registro se vuelve a ajustar al CMS. Ambos registros no serían necesariamente iguales; puede haber una infinidad de registros que generen el mismo espectro de respuesta, no es requisito que estos registros sean iguales; por lo tanto, un registro genera un espectro, pero un espectro no genera un registro en particular, si puede “generar” una infinidad de registros que produzcan tal espectro de respuesta

Pregunta 2:

Entre las ventajas del Spectral-Matching es que permite reducir la cantidad de registros con la que se tiene que analizar la respuesta tiempo-historia no-lineal de la estructura para asegurar el comportamiento deseado, por lo tanto, se pueden reducir costos y tiempos en análisis sísmico con la misma certeza de realizar más análisis que no

general el espectro deseado. Hay varios métodos que se conocían, pero específicamente para el Spectral-Matching de Al Atik & Abrahamson (2010), tiene como ventaja a otros Spectral-Matching que no se genera el drift de las respuestas y no requiere una corrección de línea base (Baseline Correction) como lo requerían los métodos anteriores.

Método 2: Ajuste al espectro condicionado

P2.M2.1

Se descargan las herramientas de trabajo ingeniadas por el profesor Jack Baker y su grupo de investigación del siguiente sitio web:

https://github.com/bakerjw/CS_Selection

A través de esta rutina de Matlab se pueden seleccionar registros en donde su espectro de respuesta es similar al espectro sintético dado un registro condicionado.

P2.M2.2

Al ejecutar el código, cambiando parámetros iniciales, se pueden obtener 20 registros de la base de datos. Los cuales son descritos en la siguiente tabla:

| Record Number | Record Sequence Number | Scale Factor | Component Number | Mw | R [km] | Vs30 [m/s] |
|---------------|------------------------|--------------|------------------|------|--------|------------|
| 1 | 1289 | 1.58 | 1 | 7.62 | 47.76 | 484.97 |
| 2 | 4816 | 1.07 | 1 | 7.90 | 6.62 | 551.30 |
| 3 | 754 | 2.56 | 2 | 6.93 | 20.80 | 295.01 |
| 4 | 751 | 2.16 | 2 | 6.93 | 35.49 | 571.99 |
| 5 | 1487 | 1.38 | 2 | 7.62 | 35.00 | 520.37 |
| 6 | 812 | 2.36 | 2 | 6.93 | 34.09 | 453.98 |
| 7 | 1787 | 1.24 | 1 | 7.13 | 11.66 | 726.00 |
| 8 | 1508 | 0.51 | 2 | 7.62 | 7.08 | 468.14 |
| 9 | 803 | 0.66 | 2 | 6.93 | 9.31 | 347.90 |
| 10 | 1549 | 0.74 | 1 | 7.62 | 1.83 | 511.18 |
| 11 | 4031 | 1.22 | 1 | 6.52 | 6.22 | 410.66 |
| 12 | 801 | 1.56 | 2 | 6.93 | 14.69 | 671.77 |
| 13 | 4458 | 0.96 | 2 | 7.10 | 5.76 | 318.74 |
| 14 | 3751 | 1.63 | 2 | 7.01 | 35.22 | 459.04 |
| 15 | 1541 | 1.25 | 2 | 7.62 | 12.38 | 493.09 |
| 16 | 182 | 0.66 | 1 | 6.53 | 0.56 | 210.51 |
| 17 | 1205 | 1.22 | 1 | 7.62 | 19.83 | 492.26 |
| 18 | 737 | 2.91 | 1 | 6.93 | 24.57 | 239.69 |
| 19 | 180 | 0.63 | 2 | 6.53 | 3.95 | 205.63 |

| | | | | | | |
|----|------|------|---|------|-------|--------|
| 20 | 1527 | 1.84 | 1 | 7.62 | 11.37 | 535.13 |
|----|------|------|---|------|-------|--------|

Tabla 8: Registros seleccionados obtenidos con las herramientas de Jack Baker.

En la tabla anterior, se observan los factores de escala, magnitud, distancia y Vs30 obtenidos de cada registro seleccionado con el método aplicado. Al calcular el promedio de estos resultados se obtienen los siguientes valores:

| | |
|------------|--------|
| Mw | 7.18 |
| R [km] | 17.21 |
| Vs30 [m/s] | 448.37 |

Tabla 9: Valores promedios de magnitud, distancia y Vs30.

Los datos obtenidos anteriormente son similares a los datos obtenidos con la desagregación de amenaza sísmica calculados en la parte I.

A continuación, se adjunta el gráfico que compara los espectros de respuesta seleccionados.

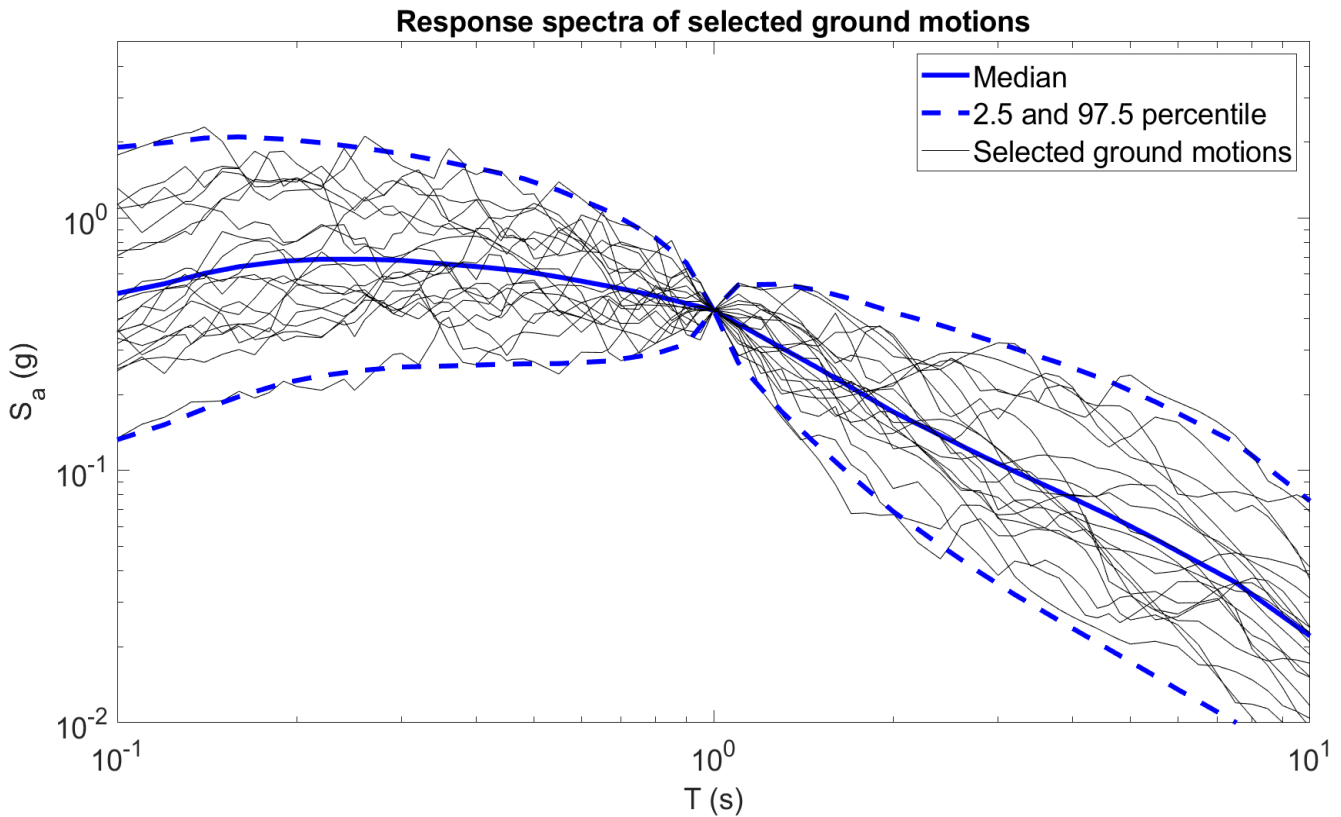


Gráfico 23: Gráfica que compara los 20 registros seleccionados con el condicionado.

En donde se aprecia que los registros seleccionados se asimilan al espectro que se tiene como objetivo. También, es posible observar gráficamente que todos los registros coinciden en el mismo valor cuando el periodo es igual a 1 [s].

Por otro lado, aunque existen valores que escapan de los límites de las envolventes, la mayoría de ellos se encuentran dentro de esta área. Por lo tanto, se deduce que la desviación estándar y la mediana de los 20 registros seleccionados se ajustan de manera certera a los del espectro objetivo CS.

Método 3: Ajuste utilizando el IM alternativo Sa_{avg}

P2.M3

Finalmente, se aplica el procedimiento estipulado por Eads et al (2015). En donde se utiliza otra medida de intensidad Sa_{avg} para la selección de registros.

A continuación, se presentan los registros seleccionados a través del método:

| Record Number | Record Sequence Number | Scale Factor | Component Number | Mw | R [km] | Vs30 [m/s] |
|---------------|------------------------|--------------|------------------|------|--------|------------|
| 1 | 1317 | 1 | 2 | 7.62 | 84.12 | 199.48 |
| 2 | 3317 | 1 | 2 | 6.30 | 35.97 | 258.89 |
| 3 | 1203 | 1 | 2 | 7.62 | 16.04 | 233.14 |
| 4 | 3754 | 1 | 1 | 7.28 | 48.84 | 292.12 |
| 5 | 579 | 1 | 2 | 7.30 | 55.18 | 288.24 |
| 6 | 5814 | 1 | 1 | 6.90 | 31.08 | 248.19 |
| 7 | 5832 | 1 | 1 | 7.20 | 26.55 | 242.05 |
| 8 | 1487 | 1 | 1 | 7.62 | 35.00 | 520.37 |
| 9 | 1147 | 1 | 2 | 7.51 | 69.62 | 175.00 |
| 10 | 4820 | 1 | 2 | 7.90 | 18.15 | 511.16 |
| 11 | 1533 | 1 | 1 | 7.62 | 14.97 | 451.37 |
| 12 | 4863 | 1 | 2 | 6.80 | 16.27 | 514.30 |
| 13 | 5665 | 1 | 1 | 6.90 | 30.39 | 146.72 |
| 14 | 778 | 1 | 2 | 6.93 | 24.82 | 215.54 |
| 15 | 1108 | 1 | 2 | 6.90 | 0.92 | 1043.00 |
| 16 | 6975 | 1 | 1 | 7.00 | 6.11 | 249.28 |
| 17 | 806 | 1 | 1 | 6.93 | 24.23 | 267.71 |
| 18 | 1548 | 1 | 2 | 7.62 | 13.13 | 599.64 |
| 19 | 6923 | 1 | 1 | 7.00 | 30.53 | 255.00 |
| 20 | 4886 | 1 | 2 | 6.80 | 11.48 | 338.32 |

Tabla 10: Registros seleccionados obtenidos con las herramientas de Eads et al (2015).

| | |
|------------|--------|
| Mw | 7.19 |
| R [km] | 29.67 |
| Vs30 [m/s] | 352.48 |

Tabla 11: Valores promedios de magnitud, distancia y Vs30.

Al observar los valores de las tablas anterior se observan diferencias significativas, tanto en magnitud, distancia y V_{s30} , pero por sobre todo en V_{s30} .

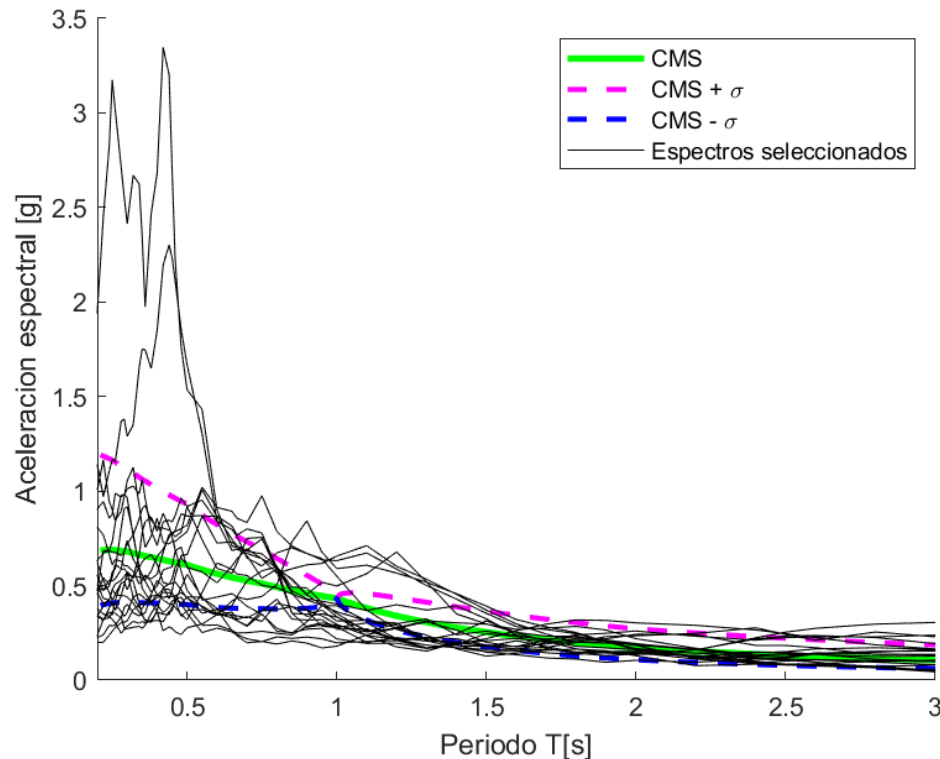


Gráfico 24: Gráfica que compara los 20 registros seleccionados con el CMS.

Por último, se observa del gráfico anterior que cuando los periodos son mayores a 0.7 [s], los espectros de respuesta se siguen el patrón del CMS, sin embargo, hay algunos espectros que se escapan en algunos periodos del rango de aceleración espectral de percentiles 16 y 84, son más cercanos al CMS para periodos mayores a 2 [s]. Hay que destacar que este método no utiliza el CMS para obtener los registros si no que la medida de intensidad Sa_{avg} .

Sobre la factibilidad de utilizar esta medida de intensidad “alternativa” u otras, es que pueden ser más suficientes y eficientes, que el espectro de aceleraciones en el periodo fundamental de la estructura. Esta en particular lo es sobre el riesgo de colapso.

También es capaz de reducir la cantidad de registros con la que se realizan los análisis tiempo-historia para estimar comportamiento de la estructura.