# TAREA 1

## Selección de registros sísmicos para análisis no lineales en el tiempo

Durante la fase de diseño un nuevo edificio en San Francisco, California, se le pide seleccionar registros para realizar una serie de análisis no lineales en el tiempo. Para esto, usted comparará diferentes espectros objetivo y seleccionará registros sísmicos consistentes con la amenaza sísmica en el sitio de interés. Para la selección, usted implementará tres métodos diferentes:

- 1. "Spectral matching".
- 2. Ajuste al espectro condicionado (CS).
- 3. Ajuste utilizando el IM alternativo  $Sa_{avg}$ .

El edificio está ubicado en  $Lat = 37.793^{\circ}$ ,  $Lon = -122.401^{\circ}$ , sobre un suelo con  $V_{S30} = 537 \text{ m/s}$  (Clasificación NEHRP: C). Además, considere que el período fundamental del edificio es T = 1 s.

#### PARTE I. Espectro objetivo.

En esta parte, usted deberá comparar tres espectros objetivo diferentes:

## 1. Espectro de diseño en el sitio de interés.

Si bien el espectro de diseño en California no está calibrado a una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años (i.e., período de retorno de 475 años), usualmente resulta tener probabilidades de excedencia similares a 10% en 50 años.

Para obtener el espectro de diseño, utilice la siguiente aplicación web:

#### https://hazards.atcouncil.org/#/seismic

En "Reference Document", seleccione la última versión de la ASCE7 (ASCE7-16). Además, considere Risk Category II (utilizada para edificios comunes). Obtenga los parámetros  $S_{DS}$ ,  $S_{DI}$ , y  $T_L$ . A partir de estos parámetros, construya el espectro de diseño para períodos entre 0 y 5 s con espaciamiento 0.01 s, de la siguiente forma:

1. For periods less than  $T_0$ , the design spectral response acceleration,  $S_a$ , shall be taken as given in Eq. (11.4-5):

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \tag{11.4-5}$$

- 2. For periods greater than or equal to  $T_0$  and less than or equal to  $T_S$ , the design spectral response acceleration,  $S_a$ , shall be taken as equal to  $S_{DS}$ .
- 3. For periods greater than  $T_S$  and less than or equal to  $T_L$ , the design spectral response acceleration,  $S_a$ , shall be taken as given in Eq. (11.4-6):

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \tag{11.4-6}$$

4. For periods greater than  $T_L$ ,  $S_a$  shall be taken as given in Eq. (11.4-7):

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \tag{11.4-7}$$

where

 $S_{DS}$  = the design spectral response acceleration parameter at short periods

 $S_{D1}$  = the design spectral response acceleration parameter at a 1-s period

T = the fundamental period of the structure, s

 $T_0 = 0.2(S_{D1}/S_{DS})$ 

 $T_S = S_{D1}/S_{DS}$ , and

 $T_L = \text{long-period transition period(s)}$  shown in Figs. 22-14 through 22-17.

# 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, utilice la siguiente aplicación web:

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

En "Edition", seleccione "Dynamic: Conterminous U.S. 2014 (update) (v4.2.0)". En "Time Horizon", use 475 años (equivalente a una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años).

Tome nota del valor de ordenada espectral, Sa, del UHS correspondiente a T=1 s.

#### 3. Espectro condicionado (CS).

3.1 Obtenga la desagregación de la amenaza sísmica para Sa(T = 1 s) en el sitio de interés para una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, utilizando la misma aplicación web de la USGS del punto anterior.

Tome una imagen de los resultados de la desagregación (i.e., gráfico y los siguientes 6 resultados: "Deaggregation targets", "Recovered targets", "Totals", "Mean (over all sources)", "Mode (largest m-r bin)", y "Mode (largest m-r- $\varepsilon_0$  bin)" e **inclúyala en su reporte**. Además **comente** sobre qué eventos controlan la amenaza sísmica para T=1 s en el sitio de interés para un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años. Puede argumentar su respuesta con el siguiente mapa de fallas de California:

## https://maps.conservation.ca.gov/cgs/fam/

Tome nota de la magnitud y distancia **promedio** de la desagregación.

- **3.2.** Repita el paso anterior dos veces más, cambiando los siguientes parámetros:
  - i) T = 1 s, probabilidad de excedencia de 2% en 50 años;
  - ii) PGA, probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

Tal como en el caso anterior, tome una imagen de los resultados de cada desagregación e **inclúyalas en su reporte**. **Comente** sobre cómo varían los resultados de la desagregación que controlan la amenaza sísmica en el sitio de interés (en particular, magnitud, distancia, y ε promedio) al variar la medida de intensidad y la probabilidad de excedencia.

- **3.3.** Lea el procedimiento descrito por Baker (2011)<sup>1</sup> para calcular un espectro condicionado.
- **3.4.** Desarrolle una función que implemente el método propuesto por Baker (2011) para calcular un espectro condicionado (mediana y desviación estándar). Las variables de entrada de la función deben ser:
  - (1) Un vector o lista de períodos a los cuales el espectro condicionado será calculado, T.
  - (2) El período condicionante,  $T^*$  (es altamente recomendable que T contenga al período  $T^*$ , aunque en términos de cálculo no es estrictamente necesario).

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Baker, J. W., 2011. Conditional Mean Spectrum: Tool for ground-motion selection, *Journal of Structural Engineering* **137**(3), 322–331.

- (3) El valor de la ordenada espectral en el período condicionante,  $Sa(T^*)$ .
- (4) Magnitud y distancia que se usarán para la estimación inicial en la GMPE.
- (5) Otras variables de entrada requeridas por la GMPE (e.g.,  $V_{S30}$ , mecanismo focal, etc).

El resultado de la función debe ser el espectro condicionado: un vector o lista de medianas condicionadas y un vector o lista de desviaciones estándar condicionadas correspondientes a cada valor de T. Dentro de la función, utilice la GMPE desarrollada por Boore et al.  $(2014)^2$ . Además, para la correlación entre  $\varepsilon$  en diferentes períodos, utilice el modelo propuesto por Baker & Jayaram  $(2008)^3$ .

Su función debe empezar por calcular el valor de  $\varepsilon(T^*)$  correspondiente a  $Sa(T^*)$ . A partir de  $\varepsilon(T^*)$  podrá calcular las medianas y desviaciones estándar condicionadas a  $\varepsilon(T^*)$ .

Puede descargar una función de Matlab para calcular la GMPE de Boore et al. (2014) del siguiente link:

## http://web.stanford.edu/~bakerjw/GMPEs/BSSA 2014 nga.m

Funciones equivalentes para Python también son admisibles en caso de ser necesario.

**3.5.** Calcule el espectro condicionado (CS) en el sitio de interés para una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, utilizando la función que desarrolló anteriormente. Utilice  $T^* = 1$  s, el valor de Sa del UHS calculado en la parte I.2, y la magnitud y la distancia promedio obtenidas de la desagregación de la parte I.3.a. Además, considere que el tipo de ruptura es "strike-slip", la región es "California", el valor de  $Z_1$  es desconocido (z1 = 999 en la función de Matlab descargada anteriormente), y  $V_{S30}$  = valor correspondiente al sitio de interés. Construya el CS para períodos entre 0 y 5 s con espaciamiento 0.01 s:

Como resultado de esta parte se le pide entregar:

- 1. Los parámetros  $S_{DS}$ ,  $S_{DI}$ , y  $T_L$  del espectro de diseño.
- 2. Tres figuras con los resultados de las tres desagregaciones en el sitio de interés y los comentarios requeridos anteriormente.
- 3. Una figura comparando los tres espectros objetivos. Para el espectro condicionado, grafique el CMS y los percentiles 16 y 84 del CS.
- 4. **Comentarios** sobre las diferencias y similitudes entre los tres espectros.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Boore, D. M., Stewart, J. P., Seyhan, E., and Atkinson, G. M., 2014. NGA-West2 equations for predicting PGA, PGV, and 5% damped PSA for shallow crustal earthquakes, *Earthquake Spectra* **30**(3), 1057–1085.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Baker, J. W., and Jayaram, N., 2008. Correlation of spectral acceleration values from NGA ground motion models, *Earthquake Spectra* **24**(1), 299–317.

### PARTE II. Selección de registros.

En esta parte, el espectro objetivo será el espectro condicionado (CS) calculado en la Parte I. Además, seleccionará registros de tres maneras diferentes.

#### Método 1. Spectral matching.

En este caso, usted implementará la metodología propuesta por Al Atik & Abrahamson (2010)<sup>4</sup> para spectral matching. A modo de ejemplo, usted utilizará su función en un solo registro con el objetivo de ajustarlo al espectro de media condicionada (CMS) calculado en la Parte I.3, en períodos entre 0.5 y 3.0 s. Para esto, siga las siguientes instrucciones:

- 1. Lea la metodología propuesta por Al Atik & Abrahamson (2010) para spectral matching. Como verá, el procedimiento propuesto puede ser aplicado en múltiples períodos simultáneamente. Sin embargo, para simplificar el problema usted trabajará con un período por cada iteración.
- 2. Cree una función que calcule el espectro de pseudo-aceleración de un registro de aceleraciones.

Las variables de entrada deben ser, como mínimo:

- (1) El registro de aceleración.
- (2) El espaciamiento de tiempo de muestreo o la frecuencia de muestreo del registro.
- (3) Un vector o lista de períodos para los cuales se calculará el espectro.
- (4) La fracción de amortiguamiento a la cual se calculará el espectro de respuesta.

Como resultado, esta función debe entregar:

- (1) Los valores espectrales de pseudo-aceleración para cada período.
- (2) El tiempo al cual ocurre el peak de la respuesta de desplazamientos para cada período (llamado "Time at Peak", o T@P).
- (3) El signo del peak de respuesta de desplazamientos para cada período (esto es, +1 o -1 para peaks positivos o negativos, respectivamente).

Para esta función puede modificar funciones que haya desarrollado en cursos anteriores.

- **3.** Desarrolle una función que implemente la metodología propuesta por Al Atik & Abrahamson (2010) para calcular una onda que modifique el registro original de aceleraciones. Algunas recomendaciones que le pueden servir son:
  - a. Las variables de entrada de la función deben ser:
    - (1) El registro de aceleraciones a modificar.
    - (2) El espaciamiento de tiempo de muestreo o la frecuencia de muestreo del registro.
    - (3) El período al cual el espectro será modificado, T\* (llamado "período de ajuste").
    - (4) La razón de amortiguamiento del espectro a modificar.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Al Atik, L., and Abrahamson, N., 2010. An improved method for nonstationary spectral matching, *Earthquake Spectra* **26**(3), 601–617.

- (5) El valor objetivo del espectro de pseudo-aceleración en  $T^*$ .
- b. Utilice la función que desarrolló en el punto anterior para calcular el espectro del registro original, el T@P y el signo del peak en función del período. Note que como modificará 1 solo período por iteración, N = 1 en las ecuaciones de Al Atik & Abrahamson (2010).
- c. Para calcular c con la ecuación (7) de Al Atik & Abrahamson (2010), use la función de respuesta a impulso unitario, h(t), para **pseudo-aceleraciones**, mostrada en la ecuación (18) del artículo.
- d. Para la onda modificadora, utilice el "improved tapered cosine wavelet" de las ecuaciones (16) y (17) del artículo. Notar que f en la ecuación (17) se refiere a la frecuencia del coseno. En esta ecuación, utilice  $f = \omega'/(2\pi)$ , donde  $\omega'$  se calcula con la ecuación (6), considerando  $\omega = 2\pi/T^*$ . Utilice la ecuación (14) para calcular  $\Delta t$ .
- e. Como resultado, la función debe entregar:
  - (1) El registro de aceleración de la onda modificadora.
  - (2) La onda modificadora,  $\delta a(t)$ , mostrada en la ecuación (2) del artículo.
  - (3) El registro de aceleraciones modificado,  $a_I(t)$ , mostrado en la ecuación (11) del artículo. En la ecuación (11), utilice  $\gamma = 1$ . Notar que este parámetro es diferente al coeficiente  $\gamma(f)$  de la ecuación (17) del artículo.
- **4.** Utilice la función desarrollada en el punto anterior para modificar el registro RSN1227\_CHICHI\_CHY074-N tal que se ajuste al espectro de media condicionada (CMS) del sitio de interés, obtenido en la Parte I, en períodos entre 0.5 y 3.0 s. Considere una razón de amortiguamiento igual a 5%. En AULA encontrará un archivo .mat con dos variables: (1) Acc, que contiene el registro de aceleración en [g]; y (2) dt, el espaciamiento de tiempo de muestreo del registro en [s]. Para realizar el ajuste, tenga las siguientes consideraciones:
  - a. La metodología que implementó en el punto anterior no funciona bien si el espectro de respuesta del registro es demasiado diferente al espectro objetivo (en este caso, el CMS). Para evitar problemas, antes de usar la función desarrollada en el punto anterior, escale el registro de forma de minimizar las diferencias entre el espectro de respuesta y el espectro objetivo para períodos entre 0.5 y 3.0 s<sup>5</sup>. **Reporte el factor de escala utilizado en este paso**.
  - b. Una vez escalado el registro, utilice la función desarrollada en el punto anterior para ajustar el espectro en diferentes períodos entre 0.5 y 3.0 s. Para esto, realice suficientes iteraciones donde:
    - i. Calcule el espectro de respuesta del registro y compare con el CMS.
    - ii. Seleccione el período que ajustará. Un buen candidato es el período entre 0.5 y 3.0 s que presente la mayor diferencia entre el espectro de respuesta del registro y el CMS.
    - iii. Tome el valor de CMS en el período que ajustará.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Notar que, dada la linealidad de los espectros de respuesta, si escala un registro de aceleraciones por un factor K, el espectro de respuesta del registro escalado es igual al espectro de respuesta del registro original, escalado por K.

- iv. Utilice la función desarrollada en el punto anterior para modificar el registro de aceleraciones, y continúe a la siguiente iteración con el registro modificado.
- c. Cada iteración no solo modificará el espectro de respuesta en el período de ajuste, sino que también modificará el espectro en otros períodos. Además, cuando el espectro de respuesta del registro en el período de ajuste es mayor que el valor objetivo, es común que requiera más de 1 iteración para que el espectro de respuesta llegue al valor objetivo. En tal caso, puede volver a iterar con el mismo período de ajuste si es necesario (típicamente, 2 o 3 iteraciones deberían ser suficientes).
- d. Si bien no es necesario que el ajuste sea perfecto en todos los períodos entre 0.5 y 3.0 s, itere con diferentes períodos de ajuste tanto como desee con tal de obtener un ajuste relativamente bueno entre el espectro de respuesta del registro modificado y el CMS.

## Como resultado de este proceso, se le pide entregar:

- 1. Factor de escala utilizado en el paso previo a empezar las iteraciones que modifican el registro con ondas.
- 2. Una figura mostrando el CMS, el espectro del registro original (no escalado), y el espectro del registro escalado.
- 3. Al menos TRES figuras de iteraciones intermedias que muestren el CMS, el espectro del registro antes de la iteración, y el espectro del registro después de la iteración. En cada figura, reporte el período de ajuste seleccionado en la iteración que muestra.
- 4. Una figura mostrando el CMS, el espectro del registro escalado, y el espectro del registro modificado (después de todas sus iteraciones).
- 5. Una figura mostrando el registro de aceleraciones (i.e., aceleración versus tiempo) escalado y el registro de aceleraciones modificado (después de todas sus iteraciones). Para comparar estos registros, se le recomienda hacer zoom en algunas porciones de movimiento fuerte, dado que ambos registros serán muy similares al final del proceso.
- 6. Comentarios de las figuras entregadas.
- 7. **Responda** las siguientes preguntas:
  - a. Imagine que puede ajustar el espectro objetivo (por ejemplo, el CMS en este caso) en todos los períodos del espectro de forma perfecta utilizando este método. En tal caso, ¿es acaso único el registro modificado (después de todas las iteraciones)? **Comente** sobre la biyectividad entre un registro y un espectro.
  - b. **De su opinión** sobre el "spectral matching" como una técnica para obtener registros, dadas sus ventajas y desventajas. Si bien esta pregunta no tiene una respuesta correcta ni incorrecta, se le pide que de una opinión informada y lógica.

## Método 2. Ajuste al espectro condicionado.

En este caso, usted usará una herramienta programada en Matlab por el profesor Jack Baker y su grupo de investigación para la selección y escalamiento de registros de tal forma de que se ajusten a un espectro condicionado (CS). A grandes rasgos, esta herramienta genera espectros sintéticos a partir del CS, y luego selecciona registros reales cuyos espectros de respuesta se parezcan individualmente a cada uno de los espectros sintéticos. Finalmente, la herramienta realiza una optimización "greedy" (avara) para mejorar el ajuste de la media y la desviación estándar del CS. Para más información sobre el algoritmo original, puede leer el artículo de Jayaram et al. (2011)<sup>6</sup>. Además, el profesor Jack Baker y su grupo de investigación han mejorado este algoritmo en los últimos años. La última versión la puede encontrar en el siguiente link (en el cuál encontrará, además, más publicaciones para leer):

# https://github.com/bakerjw/CS Selection

Para utilizar esta herramienta, siga las siguientes instrucciones:

- 1. Descargue la herramienta del link entregado anteriormente.
- **2.** El código principal que deberá correr es *MAIN\_select\_motions.m*. Sin embargo, deberá cambiar los parámetros de entrada antes de correrlo. En particular, cambie los siguientes parámetros:
  - a. selectionParams.databaseFile = 'NGA\_W2\_meta\_data'; para utilizar registros de la base de datos NGA-West2.
  - b. selectionParams.arb = 1; para seleccionar registros en una sola dirección.
  - c. selectionParams.nGM = 20; para seleccionar 20 registros.
  - d. selectionParams.Tcond = 1; para que el período condicionante sea 1 s.
  - e. Ingrese el valor de Sa(T = 1s) del UHS calculado en la parte I.2, en [g], en selectionParams.SaTcond. Este valor de Sa tiene una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.
  - f. selectionParams.maxScale = 3; para restringir los factores de escala a ser menores o iguales a 3.
  - g. Ingrese los valores de magnitud y distancia promedios obtenidos de la desagregación en la Parte I.3.a en rup.M bar y rup.R bar, respectivamente.
  - h. Ingrese el valor de  $V_{S30}$  del sitio de interés en rup.Vs30.
  - i. seedValue = 14; (línea 203)
  - j. El resto de los parámetros déjelos en el valor que traen por defecto. Sin embargo, lea para qué sirve cada uno de estos parámetros para su uso futuro.
- **3.** Corra el código. Se generarán 7 figuras. La primera figura compara los espectros sintéticos generados en el primer paso contra el CS. La segunda figura compara los espectros de respuesta de los registros seleccionados y escalados contra el CS. La tercera y cuarta figura muestran los ajustes de los registros seleccionados y escalados al CS en términos de mediana y desviación estándar. Finalmente, la quinta y sexta figura muestran las correlaciones entre ordenadas espectrales empíricas (de los registros seleccionados) y

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Jayaram, N., Lin, T., and Baker, J. W., 2011. A computationally efficient ground-motion selection algorithm for matching a target response spectrum mean and variance, *Earthquake Spectra* **27**(3), 797-815.

teóricas, respectivamente, mientras que la séptima figura muestra la diferencia entre las correlaciones empíricas y teóricas. Además de las 7 figuras, el programa generará una carpeta "Data", donde encontrará el archivo "Output\_File.dat". Dentro de este archivo encontrará la lista de registros seleccionados, su componente, y el factor de escala utilizado para cada uno.

- **4.** Una vez corrido el programa, se le pide que identifique la magnitud, distancia, y  $V_{S30}$  de cada registro. Para esto, siga las siguientes instrucciones:
  - a. Cargue la base de datos NGA W2 meta data.mat, ubicada en la carpeta "Databases".
  - b. En el archivo Output\_File.dat, la segunda columna (*RecordSequenceNumber*) corresponde al número de secuencia de los registros seleccionados. Por otro lado, dentro de las variables que se cargaron desde *NGA\_W2\_meta\_data.mat*, encontrará un vector llamado *NGA\_num*, el cual contiene el número de secuencia de todos los registros de la base de datos. Igualando estos números de secuencia, podrá buscar, para cada registro seleccionado, la magnitud del evento en la variable *magnitude*, la distancia a la fuente en la variable *closest D*, y el *V*<sub>S30</sub> del sitio en la variable *soil Vs30*.

## Como resultado de este proceso, se le pide entregar:

- 1. Tabla que muestre, para los 20 registros seleccionados: el número de secuencia del registro, el factor de escala, la componente, la magnitud del evento, la distancia a la fuente, y el  $V_{S30}$  del sitio.
- 2. **Comentarios** sobre los registros seleccionados. En particular, comente sobre los valores promedio de cada una de las variables (factor de escala, magnitud, distancia, y  $V_{S30}$ ).
- 3. Figura comparando los espectros de respuesta de los registros seleccionados y escalados contra el CS (Figura 2 de las que se generan al correr el programa).
- 4. **Comentarios** sobre cuán bien se ajustan los espectros de respuesta de los registros seleccionados y escalados al CS.

## Método 3. Ajuste utilizando el IM alternativo Saavg.

En este caso, usted usará una medida de intensidad alternativa para simplificar el proceso de selección de registros. En particular, usted usará  $Sa_{avg}$ , debido a su gran suficiencia con respecto a parámetros causales, como vimos en clases. Además,  $Sa_{avg}$  tiene la ventaja de ser fácil y rápidamente calculable para todos los registros de la base de datos NGA-West2 a partir de sus espectros de respuesta. Así, para hacer la selección, siga las siguientes instrucciones:

- 1. Lea sobre la medida de intensidad propuesta por Eads et al.  $(2015)^7$ ,  $Sa_{avg}$ .
- 2. Calcule  $Sa_{avg}(T=1\ s)$  para el espectro de media condicionada (CMS) calculado en Parte I.3. Para calcular  $Sa_{avg}(T=1\ s)$ , utilice períodos entre  $0.2 \cdot T$  y  $3.0 \cdot T$ , con un espaciamiento de  $0.01\ s$ , tal como lo propone Eads et al. (2015). Éste será su valor objetivo con el cual seleccionará los registros.
- 3. Cargue la base de datos NGA\_W2\_meta\_data.mat que viene en la herramienta utilizada en el método anterior, en la carpeta "Databases".
- 4. Dentro de las variables que se cargaron, encontrará dos matrices llamadas Sa1 y Sa2. Cada fila de estas matrices contiene el espectro de respuesta de un registro en la componente 1 y la componente 2, respectivamente. Notar que en total son 21.539 registros. Los períodos a los cuales están evaluados los espectros de respuesta los encontrará en el vector Periods. Para los siguientes pasos, considere las componentes 1 y 2 de cada registro como si fuesen registros independientes. Para esto, es recomendable generar una sola matriz Sa en donde junte las matrices Sa1 y Sa2. Es importante que haga esto de tal forma de que después sepa exactamente a qué registro y a qué componente corresponde cada fila de la matriz Sa (por ejemplo, si inserta Sa2 debajo de Sa1, entonces las primeras 21.539 filas corresponden a la componente 1 de los registros, y las siguientes 21.539 filas corresponden a la componente 2 de los registros). En total, entonces, tendrá 21.539x2 = 43.078 espectros de respuesta.
- 5. Calcule  $Sa_{avg}(T=1\ s)$  de cada espectro. Notar que el espaciamiento de los períodos no es constante y no va a calzar con el espaciamiento que necesitará para calcular  $Sa_{avg}(T=1\ s)$ . Por lo tanto, antes de calcular  $Sa_{avg}(T=1\ s)$ , realice una interpolación lineal del espectro original para períodos entre  $0.2 \cdot T$  y  $3.0 \cdot T$ , con un espaciamiento de  $0.01\ s$ . Para esto, las funciones *interp1* para Matlab o *scipy.interpolate.interp1d* para Python pueden ser de gran ayuda. Finalmente, calcule  $Sa_{avg}(T=1\ s)$  utilizando el espectro interpolado.
- 6. Seleccione los 20 espectros de respuesta que tengan un  $Sa_{avg}(T = 1 s)$  más cercanos al valor objetivo calculado en el paso 2 de estas instrucciones.
- 7. Tal como en el método anterior, se le pide que identifique el número de secuencia del registro, la componente, la magnitud, distancia, y  $V_{S30}$  de cada espectro seleccionado.

9/10

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Eads, L., Miranda, E., and Lignos, D. G., 2015. Average spectral acceleration as an intensity measure for collapse risk assessment, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* **44**(12), 2057-2073.

# Como resultado de este proceso, se le pide entregar:

- 1. Tabla que muestre, para los 20 registros seleccionados: el número de secuencia del registro, la componente, la magnitud del evento, la distancia a la fuente, y el *V*<sub>530</sub> del sitio.
- 2. **Comentarios** sobre los registros seleccionados. En particular, comente sobre los valores promedio de cada una de las variables (magnitud, distancia, y  $V_{S30}$ ).
- 3. Figura que muestre espectros de respuesta de los registros seleccionados además del CMS y percentiles 16 y 84 del CS, calculados en la Parte I.3.
- 4. **Comentarios** sobre cuán bien se ajustan los espectros de respuesta de los registros seleccionados y escalados al CS. Notar que en este método no utilizamos el CS para seleccionar registros.
- 5. **Comentarios** sobre la facilidad de utilizar una medida de intensidad alternativa al momento de seleccionar registros, en comparación con otros métodos.