

UNIVERSIDAD DE GRANADA



Departamento de Física Teórica y Del Cosmos

INSTITUTO ANDALUZ DE GEOFÍSICA Y PREVENCIÓN DE DESASTRES SÍSMICOS

“Sistema de Integración para Registros Sísmicos”

(Seismic Signals Integration System)

Manual de Usuari@: Versión 1.0

Autor:

Ligdamis A. Gutiérrez E. PhD.

Volcán Masaya, Nicaragua

Foto por: Ligdamis A. Gutiérrez E.

Granada, España 2021- 2022

Índice General

1.- Introducción	3
2.- Pantalla Inicial del Sistema	4
2.1.- Elementos de la pantalla inicial	6
3.- Interfaz de Análisis	7
3.1.- Elementos de la pantalla de análisis	7
3.1.1.- Bloque de Selección	7
3.2.- Elementos del bloque de selección	8
3.2.1.- Botón de Carga de Registro	8
3.2.2.- Botón “Clean Inputs (Limpieza)”	9
3.2.3.- Selección de tipo de filtro	10
3.2.4.- Selección de entradas	10
3.2.5.- Filtro Paso-Bajo (Lowpass)	11
3.2.6.- Filtro Paso-Alto (highpass)	12
3.2.7.- Filtro Paso-Banda (Bandpass)	13
3.2.8.- Filtro Suprime-Banda (Bandstop)	15
4.- Bloque de ruta	16
5.- Bloque de comandos	17
5.1.- Validación de errores en registro o entradas	18
6.- Resultados de Secciones de Filtro y Análisis	18
6.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso bajo y cálculo de la integral	18
6.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso-banda y cálculo de la integral	19
7.- Gráficas resultantes	20
7.1.- Gráficas de Filtros y Zoom de los registros	20
7.1.1.- Ejemplo de cálculo de un registro con formato SAC	21
7.1.2.- Ejemplo de cálculo de un evento VLP, registro con formato MSEED	23
8.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)	26
8.1.- Guardar las gráficas	26
8.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas	28
Anexo A	32
A1.- Instalación de Python y librerías adicionales	32
A1.1. Contenido del paquete de Instalación	32
A1.2.- Instalación de Python en Windows	32
A1.3.- Instalación de librerías adicionales	33
A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP	36
Anexo B	37
Instalar librerías Python, para el correcto funcionamiento del sistema	37

El “*Sistema de Integración de Registros Sísmicos (Seismic Signals Integration System)*” constituye una interfaz amigable, que permite una fácil y eficiente gestión de la integración en los registros sísmico-volcánicos. El determinar la integral de una señal, puede ser sumamente útil sobre todo si se trata de eventos de tipo VLP (“*Very long period*” / *Muy largo período*). Este tipo de eventos son conocidos como eventos de muy baja frecuencia, localizada en un rango generalmente entre 0.01 a 0.5 Hz (*Períodos entre 2 y 100 segundos*), se les asocia con longitudes de onda muy grandes que se encuentran desde decenas hasta cientos de kilómetros y relacionados a oscilaciones resonantes, en el sistema de conductos de magma poco profundo en las estructuras volcánicas. Normalmente, suelen ser acompañados de explosiones. El fácil acceso al cálculo de la integral de la señal, sumado a la capacidad de utilizar técnicas de filtros, permite tener una herramienta automática fiable, que pueda ayudar al operador a identificar y comprobar el fenómeno de desplazamiento de masa de los eventos VLP, lo cual podría deberse al movimiento de fluidos o de gases.

La aplicación, a través de las librerías incorporadas, permite la lectura de diversos formatos sísmicos como son: SAC, MSEED, GSE2, EVT, WAV entre otros. Pudiéndosele aplicar a continuación, diversas técnicas de filtrado y el cálculo de la integración de la señal, dando de forma automática un valor añadido al conocimiento del operador, para determinar si se ha producido un movimiento de masas de acuerdo al evento.

La primera versión de este sistema la compone una sola interfaz, que abarca herramientas para el filtrado de la señal y el cálculo de la integral simple de la señal sísmica. La interfaz principal dispone de una versión del sistema en inglés. En los anexos, se podrá encontrar información de la estructura de las carpetas y su contenido. El sistema, además brinda la capacidad de poder almacenar los resultados gráficos en diversos formatos, tales como: PNG, JPG, EPS, PS, PDF, RAF, TIF, entre otros.

El sistema ha sido desarrollado en el lenguaje Python, versión 3.8.6. Asimismo, se incluyen una serie de librerías de libre acceso que trabajan en conjunción con Python, facultan el uso de herramientas gráficas y de análisis, otorgando sencillez en su uso e incrementando la potencia de cálculo para el usuari@. Enumerando algunos de los principales elementos y librerías aquí utilizados, se encuentran los siguientes:

- **Matplotlib:** Para generar gráficos. (<https://matplotlib.org/stable/users/index.html>)
- **NumPy:** Para el cálculo numérico. (<https://numpy.org/doc/stable/user/quickstart.html>)
- **PyQt5:** Herramienta que enlaza con la biblioteca gráfica Qt5 en C++ (<https://pypi.org/project/PyQt5/>)
- **Obspy:** Para el procesamiento de datos sismológicos. (<https://docs.obspy.org/>)
- **Tkinter:** Interfaz gráfica de usuari@ GUI (<https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>)

Otra de las características principales del sistema es su definición como multiplataforma, es decir, que puede funcionar bajo diversas plataformas o sistemas operativos, tales como Windows (7, 8, 10), en versiones para 32 y 64 bits. Además de sistemas Linux, como Ubuntu, sistemas Mac, o Android para Tablets y móviles (previa adecuación de Python para estos dispositivos).

En los anexos de este mismo documento (*al igual que en los archivos Readme.txt e Initials_requirements.txt*), se podrá acceder a los aspectos generales de la instalación en sistemas Windows y Linux, así como establecer las pautas necesarias de la instalación de los programas principales y las librerías adicionales que Python requiere, para ejecutar correctamente los programas desarrollados en su entorno.

2.- Pantalla Inicial del Sistema

[Regresar al Índice](#)

Para la instalación del sistema, básicamente hay que realizar dos acciones:

- Copia de la carpeta “*Integrals_I*” en “Mis documentos” de Windows.
- Copia del fichero “*Integrals_1.bat*” en el “Escritorio” de Windows.

Previamente, instalar Python y las librerías adicionales de Python cuyas instrucciones se encuentran en el fichero “*Initials_requirements.txt*” o al final de este documento (Cfr. Anexos A y B, Págs. 32-37). Una vez copiado “*Integrals_1.bat*” en el escritorio, se debe de dar clic derecho e indicar: “Ejecutar como administrador”.



Fig. 1 Ventana emergente al dar clic derecho del ratón al fichero “*Analysis_System_1.bat*”

En la pantalla que se abre, dar clic en el botón “**Si/Yes**”, cuando pregunte “*¿Desea permitir que esta aplicación realice cambios en su ordenador?*”. Este es un mensaje de advertencia. Sin embargo, la aplicación no realiza ningún cambio. Por lo que se debe de confiar en su ejecución.

Al dar clic a “**SI/Yes**”, se abre la siguiente ventana de comandos, que indica la bienvenida al sistema.

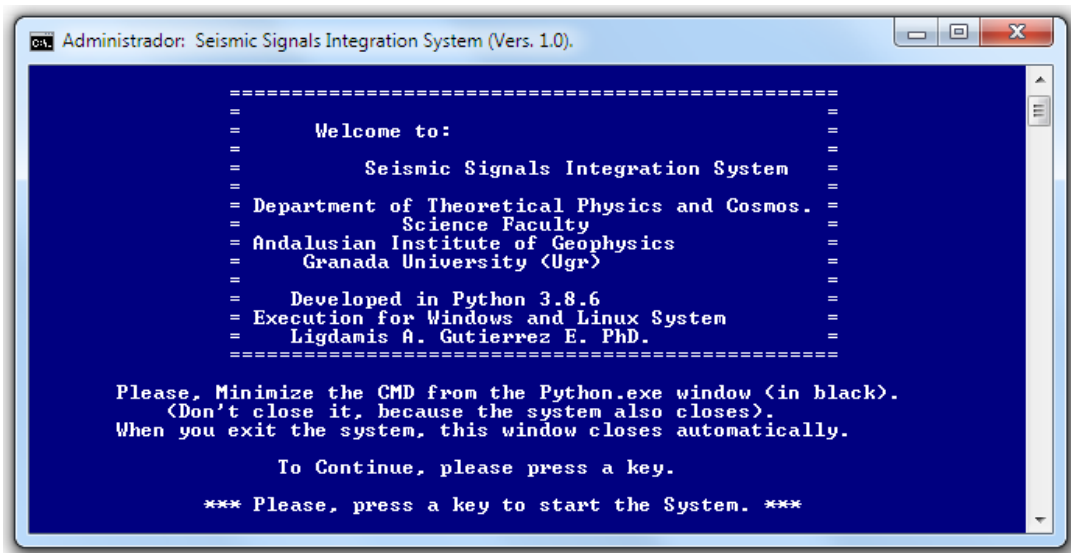


Fig. 2 Pantalla de Bienvenida e instrucciones para carga del sistema.

Después de leer lo que indica la ventana, solo se debe de proceder a presionar cualquier tecla, para acceder a la pantalla inicial del sistema. El sistema ya debe estar previamente copiado en “*Mis documentos*” e instaladas las librerías adicionales. Con esto, el fichero “*Integrals_1.bat*” tiene todas las instrucciones de carga del programa.

La pantalla inicial del sistema es “**Index.py**”. Se visualiza cuando se presiona cualquier tecla en la pantalla de Bienvenida. Adicionalmente, se presenta la ventana o “consola de comando” de Python, similar a la siguiente:

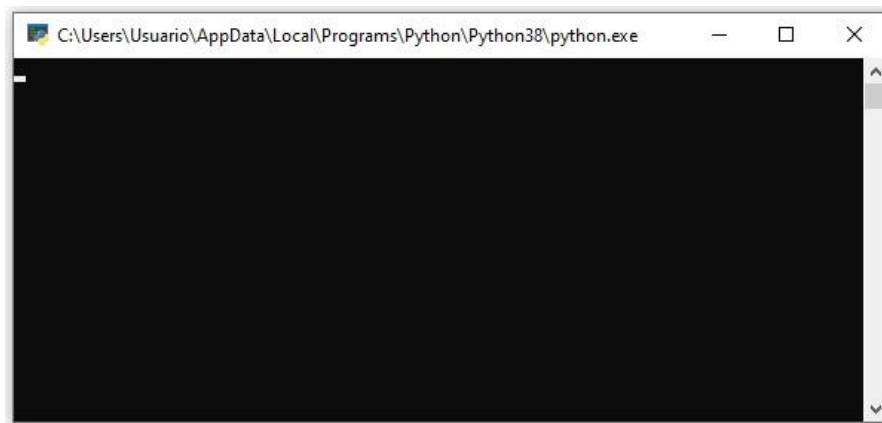


Fig. 3 Pantalla de consola (CMD) de Python (*Se debe de minimizar*)

Para que no obstaculice la visión, se puede y es conveniente “*minimizar*” dicha pantalla. “**No**” hay que cerrarla, ya que esto también cerraría la ventana de inicio del sistema. Al salir, finalizados los trabajos con el sistema, esta ventana se cierra automáticamente. La pantalla inicial “**Index.py**” de presentación del sistema, es la siguiente:

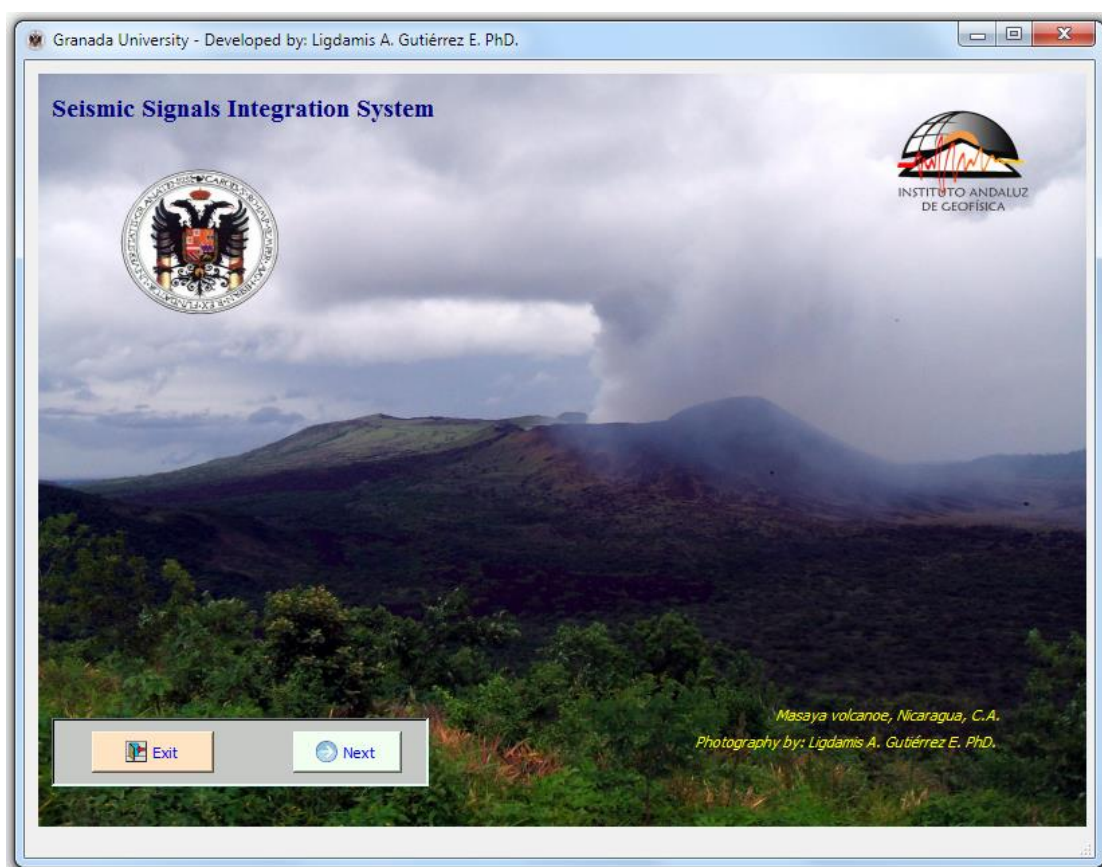
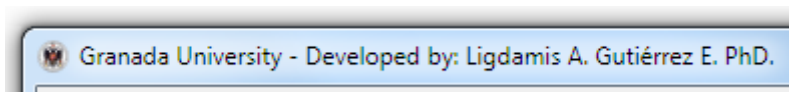


Fig. 4 Pantalla inicial “Index.py”, de introducción al sistema.

2.1.- Elementos de la pantalla inicial

Como se observa en la figura anterior, la pantalla inicial o de presentación, es una ventana sencilla, que está compuesta por: una imagen de fondo, que representa un volcán (*Masaya de Nicaragua*), dos imágenes con los logotipos de la Universidad de Granada y el Instituto Andalúz de Geofísica y en la parte inferior izquierda se presentan dos botones de ejecución o de comandos.

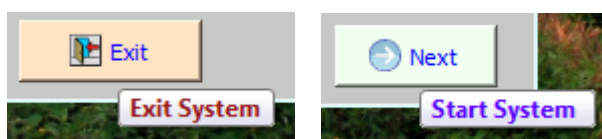
- a) En la parte superior se encuentra visible el icono de la Universidad y autor.



- b) En la parte inferior se observan dos botones de comandos: **Exit** (Salir), **Next** (Seguir).



Cuando se coloca el puntero del ratón (mouse), sobre cada uno de los botones, se presenta un texto que indica la acción de dicho botón (*salida Sistema, Inicio Sistema*).



Si se pulsa o da clic al botón de “Salir”, se presenta una ventana que pregunta al usuari@, si está segur@ de abandonar el sistema.

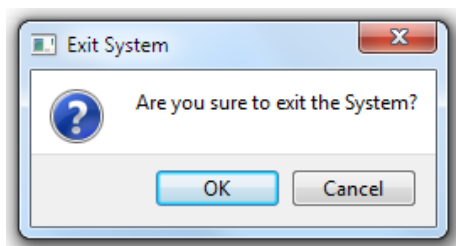
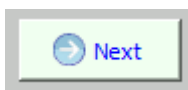


Fig. 5 Caja de texto que indica si se desea salir del sistema.

En caso de dar “**OK**”, se cierra la pantalla y se completa la salida del sistema. En caso de dar clic a “cancelar”, se continúa en la pantalla inicial.

A continuación del botón de salida, se encuentra el botón de comando de “**Next** (*Seguir*)”



Al pulsar o dar clic a dicho botón, se cierra la ventana de inicio y se abre la ventana de análisis (*dependiendo de la memoria del PC esto tarda un poco. [Es recomendable disponer de al menos 8 GB de memoria en el sistema.](#)*), que se observa a continuación.

3.- Interfaz de Análisis

La “*pantalla de cálculo y análisis*” es la interfaz principal del sistema, donde se realizan las actividades que componen las herramientas de lectura de registros, filtrado y cálculo de la integral de los registros sísmicos. Dicha pantalla se compone de las siguientes partes:

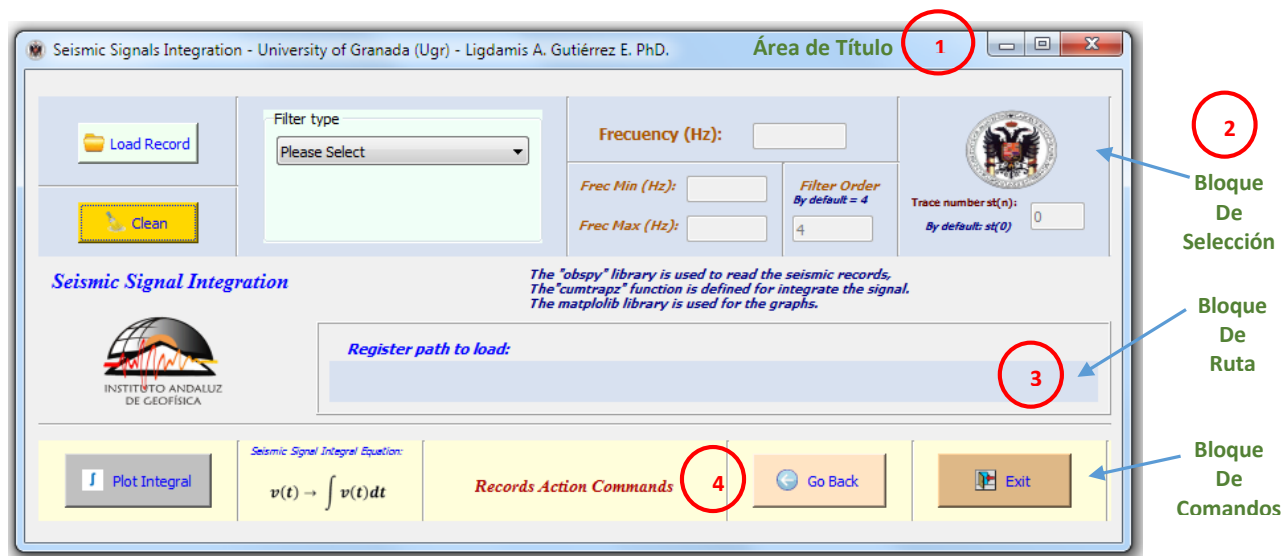
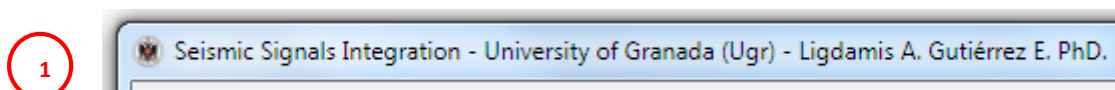


Fig. 6 Elementos de la Pantalla de análisis del sistema.

- 1) Área de Título
- 2) Bloque de Carga y limpieza: a) Botones de comando: Load Record, Clean, b) Tipos de Filtros,
- 3) Bloque de Selección: Entrada de Datos.
- 4) Bloque de Ruta. Ruta de ubicación física del registro a analizar
- 5) Bloque de Comandos: a) Botones de comandos (*Plot Integral/Graficar, Go Back/Retroceso, Exit/Salida*).

La pantalla se conforma de diversos elementos para su utilización. En la parte superior se observa; Nombre del programa, icono, nombre de la Universidad y autor como título (1).



Los elementos que integran la pantalla principal se detallan a continuación.

3.1.- Elementos de la pantalla de análisis

Aparte del número (1), se han distribuido los 3 elementos de la pantalla de análisis en tres bloques principales que se enumeran del (2-4) en los círculos rojos.

3.1.1.- Bloque de Selección. (2)



Fig. 7 Bloque de elementos de selección. En los círculos verdes: a) Botones de comando: Load Record, Clean, b) Tipos de Filtros, c) Entrada de Datos.

3.2.- Elementos del bloque de selección

Este bloque, lo configuran: (círculos verdes de la figura anterior) en primer lugar, la sección que agrupa los botones de acción para cargar el registro y limpieza de datos: a) Botones de comando: Load Record, Clean.

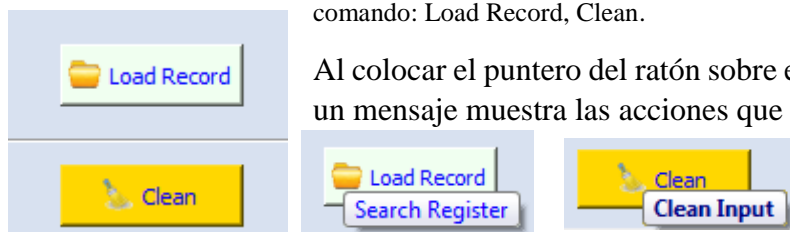


Fig. 8 Botones de Registro y Limpieza de datos. Se observa los mensajes de acción en cada botón.

Como se observa, el botón de “*Load Record (Carga Registro)*”, realiza la búsqueda y carga de los registros sísmicos de diversos formatos. El botón de “*Clean (Limpieza)*”, limpia o borra los elementos de entrada, además de cerrar los gráficos existentes y dejar la pantalla de análisis como al inicio, preparada para una nueva búsqueda y un nuevo análisis de los eventos sísmicos.

3.2.1.- Botón de Carga de Registro.



La acción del botón de “*Load Record (Carga Registro)*”, permite al hacer clic, abrir una ventana de explorador (por defecto, se encuentra el camino en el directorio raíz “C” del PC), presentando las opciones de los diversos tipos de formatos a buscar y permitiendo realizar dicha búsqueda en el directorio del ordenador. Esto se observa en la siguiente pantalla.

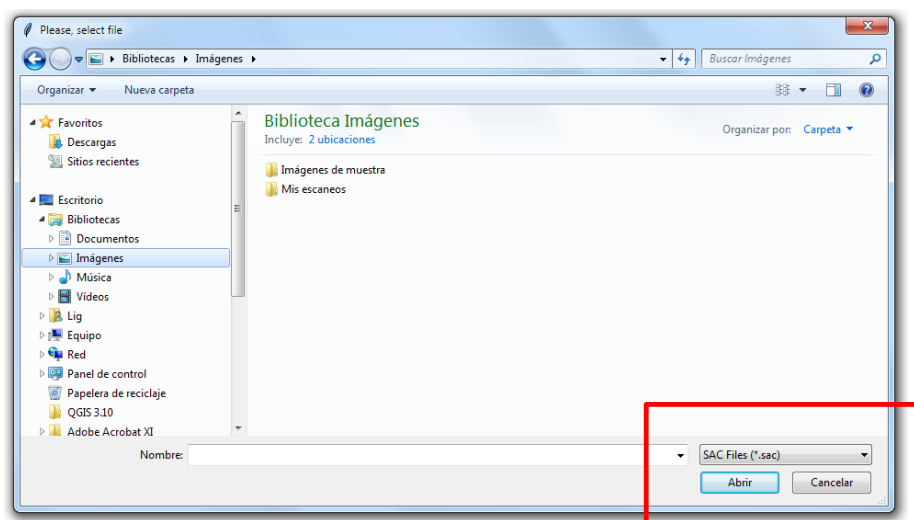


Fig. 9 Pantalla de Selección de Registros.

En esta pantalla (El Idioma lo determina el sistema operativo), se seleccionan (cuadro rojo), los registros de acuerdo al formato que se desee (SAC, MSEED, GSE2, EVT, etc.). Esto es posible a través de la librería de lectura de formatos sísmicos “*Obspy*”.

Una vez seleccionados, se da clic al botón de “**Abrir**” y este se cargará a la pantalla de análisis. En caso contrario se da clic al botón de “**Cancelar**” y la acción regresa a la pantalla de análisis. El proceso de selección de un registro se observa en la siguiente pantalla.

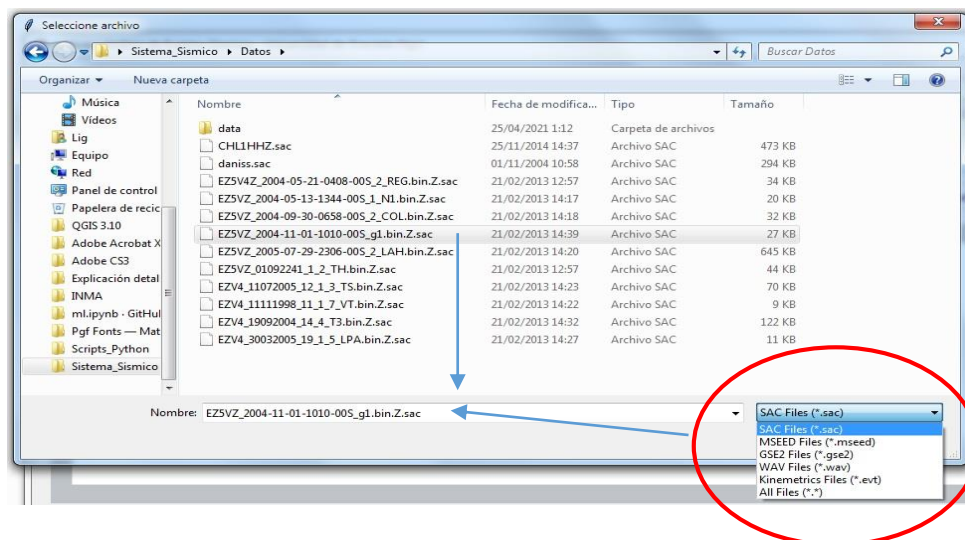


Fig. 10 Pantalla ejemplo de Selección de un registro de formato “SAC”.

En la pantalla se observa en la parte inferior derecha, señalado mediante el círculo rojo, desplegados mediante la flecha, la lista de los tipos de formatos sísmicos más generales soportados y/o utilizados en observatorios e institutos a nivel mundial (SAC, MSED, GSE2, WAV, EVT).

Al seleccionar un determinado tipo, se presentan los registros de acuerdo a dicho formato. Ejemplo: los archivos “SAC” que se encuentran almacenados en “Data_examples”. Al dar clic al registro que se desee, como se observa, este se coloca en el cuadro “**Nombre**”. En este momento es cuando se da clic al botón que se presentó en la pantalla anterior “**Abrir**”, lo que hace que cargue, la dirección o ruta “**Path**”, de la ubicación física del registro en el sistema. Dicha ruta se presentará en el cuadro “*Register path to load (Ruta del Archivo a cargar)*”, situado en la parte inferior de la pantalla de análisis.



Fig. 11 Cuadro de ruta de archivo, que presenta la ubicación del registro.

Este es un aspecto importante, ya que de ello depende que posteriormente se pueda ubicar el archivo físico donde está almacenado el registro en el ordenador, para así ser analizado. En caso de que el archivo sea inválido, no se encuentre, o que los parámetros sean erróneos, se presentará una ventana de validación que lo indicará (Cfr. Fig. 28, Pág. 18).

3.2.2.- Botón “**Clean** (Limpieza)”.



Al dar clic en este botón, se borran todas las entradas en la pantalla. Se limpiará el cuadro anterior de la ruta del registro, a la vez que se cerrará cualquier gráfico resultante y las entradas realizadas. Se restaurarán los valores iniciales a los restantes elementos de la pantalla inicial, como los combos o listados.

3.2.3.- Selección de tipo de filtro

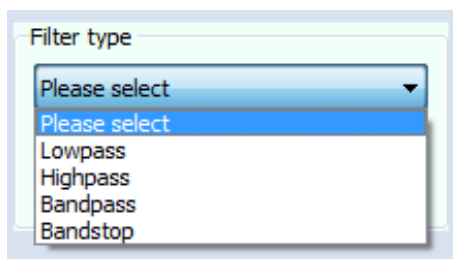


Fig. 12 Selección de tipo de filtro mediante listado

La figura anterior, presenta un listado desplegable con los diversos tipos de filtros disponibles para analizar los registros. Aquí se ubican, como se puede observar, el cálculo de filtros de tipo: *Paso-Bajo* (*Lowpass*), *Paso-Alto* (*Highpass*), *Paso-Banda* (*Bandpass*) y *Suprime-Banda* (*Bandstop*). Al seleccionar cada uno de estos elementos, se activará una o varias de las casillas situadas en la sección continua, que corresponden a las entradas de datos para realizar los cálculos. En el valor inicial “*Please Select* (*Selecione*)”, las entradas retornan a los valores iniciales, al igual que el método de disparo del algoritmo STA/LTA.

3.2.4.- Selección de entradas

Fig. 13 Selección de entrada a calcular y número de traza del registro (por defecto = 0)

Las entradas están en correspondencia a la selección del tipo de filtro que se indique por parte del operador (el orden del filtro por defecto = 4). Inicialmente, todas las casillas están desactivadas, solamente se activan dependiendo de la elección del tipo de filtro. La Activación/Desactivación responde a lo siguiente:

I) Las casillas de la zona (a): {Frequency (Hz), Filter Order, Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz)}

1.- Filtro *Paso-Bajo* (*Lowpass*), *Paso-Alto* (*Highpass*).

Activa: {Frequency (Hz), Filter Order, Trace number st (n)}.

Desactiva: {Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz)}.

2.- Filtro Paso-Banda (*Bandpass*) y Suprime-Banda (*Bandstop*).

Activa: {Frec. Min (Hz), Frec. Max (Hz), Filter Order, Trace number st (n)}.

Desactiva: {Frequency (Hz)}.

II) La casilla de la zona (b): {Trace number st(n)} se activa con todo tipo de filtro.

El valor del número de traza se encuentra por defecto = 0. En caso de haber múltiples trazas, por ejemplo en registros MSED o SEISAN, que tengan, ya sea las tres componentes o diversos valores, se indicará el número de traza deseado a partir de cero en esta casilla de texto. Las entradas están validadas para aceptar solo números, incluyendo decimales y negativos. Respecto al tipo de filtro, las casillas que se activan con los parámetros de entrada son los siguientes:

3.2.5.- Filtro Paso-Bajo (*Lowpass*)¹.

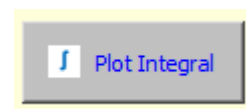
Fig. 14 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (*Lowpass*). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Traza.

Al seleccionar este tipo de filtro, se activan las casillas de:

- Frecuencia de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia que se desea utilizar para calcular el tipo de filtro (Círculo rojo). En el ejemplo, el valor es “0.86 Hz.”
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSED”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas.

Una vez realizadas las acciones, y seleccionado el método de disparo a utilizar (*Recurso - Clásico o típico*), se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción. Estas cajas de diálogo además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas incorrectas son las siguientes:



¹ El filtro Paso-bajo bloquea las señales de alta frecuencia y deja pasar las de baja frecuencia (frecuencias inferiores a la frecuencia de corte).

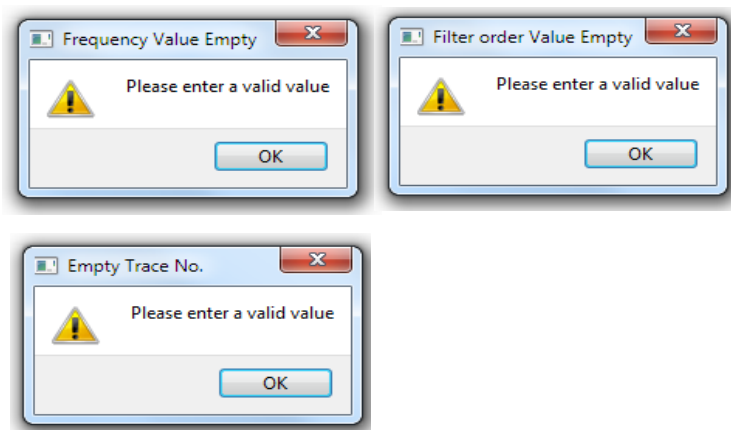


Fig. 15 Validación de entradas en el filtro *Paso-Bajo (Lowpass)*.

Una vez que se corrigen las entradas, introduciendo un valor válido o dentro del rango permitido el programa puede continuar y así presentar la gráfica correspondiente.

3.2.6.- Tipo de filtro *Paso-Alto (Highpass)*²

Fig. 16 Ejemplo Selección de tipo Paso Bajo (*Highpass*). En el círculo rojo la entrada “Frecuencia”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Traza.

De forma similar al anterior filtro, se activan las casillas de:

- Frecuencia de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia que se desea utilizar para calcular el tipo de filtro (Círculo rojo). En el ejemplo, el valor es “15 Hz.”
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

Las casillas de “Frec. Min (Hz)/Frecuencia Mínima” y “Frec. Max (Hz)/Frecuencia Máxima”, permanecen inactivas.

² El filtro Paso-alto bloquea las señales de baja frecuencia y deja pasar las de alta frecuencia (frecuencias superiores a la frecuencia de corte).

Una vez realizadas las acciones, y seleccionado el método de disparo a utilizar (*Recurso - Clásico o típico*), se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción. Estas cajas de diálogo además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas incorrectas son las siguientes:

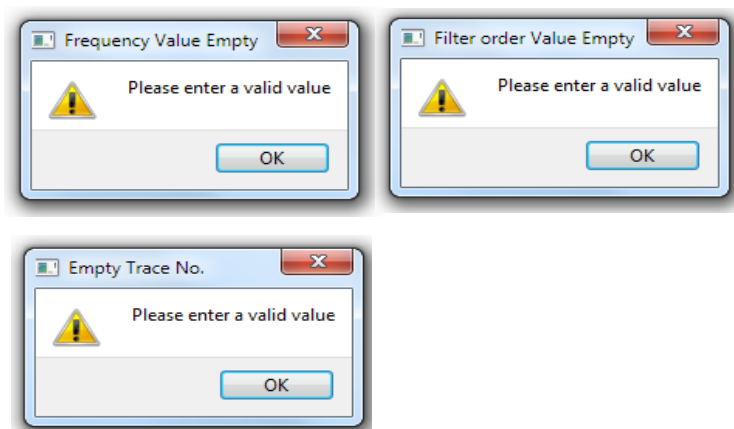
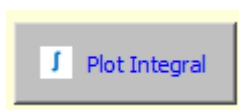


Fig. 17 Validación de entradas en el filtro *Paso-Alto* (*Highpass*).

Una vez que se corrigen las entradas, introduciendo un valor válido o dentro del rango permitido el programa puede continuar y así presentar la gráfica correspondiente.

3.2.7.- Tipo de Filtro *Paso-Banda* (*Bandpass*)³

Fig. 21 Ejemplo Selección de tipo Paso-Banda (*Bandpass*). En el círculo rojo las entradas “**Frecuencia Mínima (Hz) y Frecuencia Máxima (Hz)**”, círculo amarillo -> “**Orden de Filtro**”, Círculo verde -> **No. Taza**.

³ El filtro Paso-banda deja pasar el contenido espectral sólo en un entorno de la frecuencia central. Esta ventana es creada a través de un valor de frecuencia mínimo y un valor de frecuencia máximo. Elimina el ruido asociado a bajas y altas frecuencias generadas (y/o residuales).

A diferencia de los dos anteriores, se activan las casillas de:

- Frecuencia mínima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia mínima (Círculo rojo), para calcular el inicio de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “3 Hz.”
- Frecuencia máxima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia máxima (Círculo rojo), para calcular el fin de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “12 Hz.”
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

La casilla de “Frequency (Hz)/Frecuencia de Filtro”, permanece inactiva.

Una vez realizadas las acciones, y seleccionado el método de disparo a utilizar (*Recurso - Clásico o típico*), se da clic en el botón de **“Plot Integral”**. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de **“Plot Integral”**/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción. Estas cajas de diálogo además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas incorrectas son las siguientes:

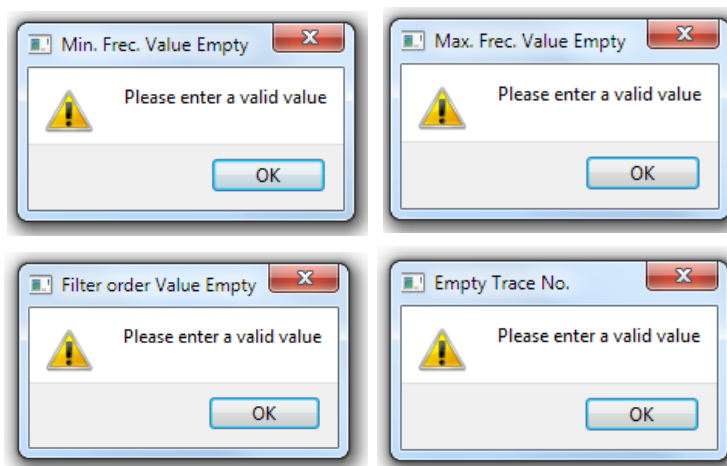
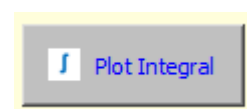


Fig. 22 Validación de las entradas para filtro Paso-Banda (*Bandpass*).

3.2.8.- Tipo de Filtro *Suprime-Banda (Bandstop)*⁴

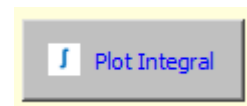
Fig. 23 Ejemplo Selección de tipo Suprime-Banda (*Bandstop*). En el círculo rojo las entradas “Frecuencia Mínima (Hz) y Frecuencia Máxima (Hz)”, círculo amarillo -> “Orden de Filtro”, Círculo verde -> No. Taza.

De la misma forma que el filtro Paso-Banda, se activan las casillas de:

- Frecuencia mínima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia mínima (Círculo rojo), para calcular el inicio de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “3 Hz.”
- Frecuencia máxima de Filtro (Hz):** Valor en número flotante. Aquí se debe dar un valor válido a la frecuencia máxima (Círculo rojo), para calcular el fin de la ventana central. En el ejemplo, el valor es “12 Hz.”
- Orden del Filtro:** Valor en número entero. En esta casilla se debe dar un valor válido al orden del filtro con el que se desea realizar el cálculo. Generalmente de orden 2 o 4 (*por defecto, se establece en todos los análisis un valor = 4*), (Círculo amarillo).
- Trace number st (0):** Valor en número entero: Determina el valor de la traza que se va a analizar. Por defecto y en formatos como “SAC”, este valor es igual a “0”. En caso de tratarse de múltiples trazas, como por ejemplo en formatos “MSEED”, el observador es quien determina que número de traza va a analizar.

La casilla de “Frequency (Hz)/Frecuencia de Filtro”, permanece inactiva.

Una vez realizadas las acciones, y seleccionado el método de disparo a utilizar (*Recurso - Clásico o típico*), se da clic en el botón de “**Plot Integral**”. En caso de que se quiera graficar “dar clic al botón de “**Plot Integral**”/Graficar”, (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), en cualquiera de las casillas, se presentará una validación, que visualiza una caja de diálogo, que indica que se ha de realizar dicha acción. Estas cajas de diálogo además, permiten que la ejecución del programa siga su curso, sin que haya una interrupción severa del sistema por falta de datos. Las validaciones de entradas incorrectas son las siguientes:



⁴ El filtro Suprime-banda no permite el paso de señales cuyas frecuencias se encuentran comprendidas entre las frecuencias de corte superior e inferior. Es decir, elimina frecuencias o detiene una banda de frecuencias en particular.



Fig. 24 Validación de las entradas para el filtro *Suprime-Banda* (*Bandstop*).

4.- Bloque de ruta.

3

Register path to load:

Fig. 25 Bloque de ruta física del archivo a cargar

Área de presentación de la ruta del archivo (***Register path to load***): En dicha área se presenta la ruta (Disco/carpeta/archivo), camino o “path” del fichero físico (donde se encuentra almacenado en el ordenador), para que sea llamado por el sistema a realizar los cálculos que se requieran.

Un ejemplo de la salida al realizar los cálculos se observa en la siguiente imagen.

Register path to load:

C:/Users/Lig/Desktop/Documentos_Sistema/Data_examples/EZ5VZ_2004-11-01-1010-00S_g1.bin.Z.sac

Fig. 26 Ejemplo de ruta física del archivo a cargar

Se observa el camino “***Path***” (en el ordenador) de la ubicación del registro.

5.- Bloque de comandos.

4

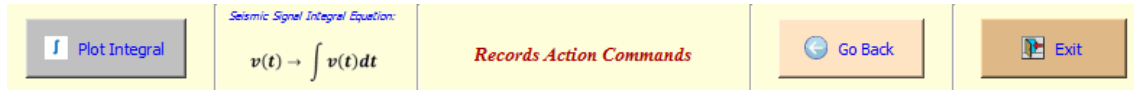


Fig. 27 Bloque de comandos

Este último bloque lo componen los siguientes elementos:

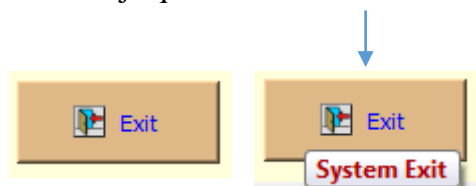
- a) Botón “**Go Back**”: Permite regresar a la pantalla inicial de presentación del sistema. Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



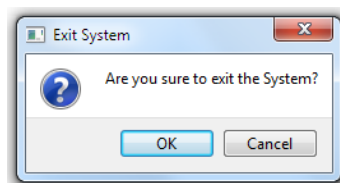
- b) Botón “**Plot Integral**”: Una vez seleccionados los tipos de filtro y la integral de la señal, se procede a realizar los cálculos y presentar las gráficas correspondientes. Al colocar el puntero del ratón sobre el botón, se exhibe un mensaje que indica su función.



- c) Botón “**Exit**”, permite la salida completa del sistema (*Previo presentación de la pantalla que pregunta si se desea abandonar el sistema*). Al colocar el puntero del ratón, exhibe un mensaje que indica su función.



De la misma forma que en la pantalla de inicio, si se pulsa o da clic al botón de “**Exit**”, se presenta una ventana que pregunta al usuari@, si está segur@ de abandonar el sistema.



Al dar clic a “**OK**”, se cierra la pantalla y se completa la salida del sistema. “**Cancel**” continúa en la pantalla de análisis.

5.1.- Validación de errores en registro o entradas.

Al hacer clic en el botón “**Plot Integral**”, en caso de producirse un error (*entrada no válida o un registro inexistente o formato fuera de rango*), se presentará una validación, a través de una caja de dialogo un mensaje alerta esta situación. Esto permite al usuari@, proceder a modificar las entradas o elegir un registro válido, sin necesidad de que el sistema colapse o se detenga. La pantalla que se visualiza es la siguiente:

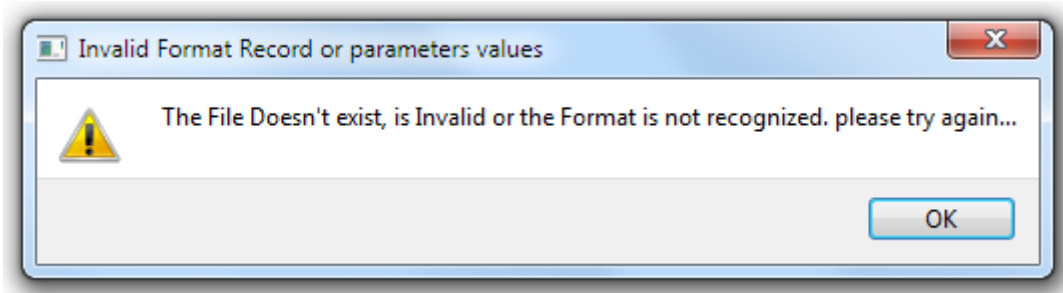


Fig. 28 Validación de entradas inválidas formatos o registros incorrectos.

De acuerdo al mensaje de la figura anterior, se ha producido un error debido a que no se reconoce el formato, el registro no existe. Además puede que también los parámetros o entradas se encuentren fuera del rango permitido de acuerdo a la señal que se va a analizar. Al pulsar el botón de “**OK**” se retorna de nuevo al sistema, para elegir un archivo válido o corregir las entradas erróneas. De esta forma, continua la ejecución del programa sin presentar problemas.

6.- Resultados de Secciones de Filtro y Análisis

A continuación, se procederá a presentar ejemplos de resultados finales del proceso de filtrado y cálculo de la integral.

6.1.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso bajo y cálculo de la integral

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, el proceso para realizar el cálculo de la integral con un filtro paso-bajo de los registros es muy sencillo, consta de los siguientes pasos:

- a) Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Register path to load*). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux)
- b) Seleccionar el filtro paso-bajo (*Lowpass*).
- c) Dar las entradas de los parámetros del filtro.
- d) Dar clic al botón de “**Plot Integral**”, para graficar el registro.

Todo esto, presentará:

La salida de dicho análisis, estará compuesta por cuatro gráficas: la señal original, la señal filtrada, la integral de la señal y las tres (original, filtrada e integral). De cada una de ellas se puede realizar un zoom y guardarla en diversos formatos.

La interfaz con los elementos de salida, se observa en la siguiente figura.

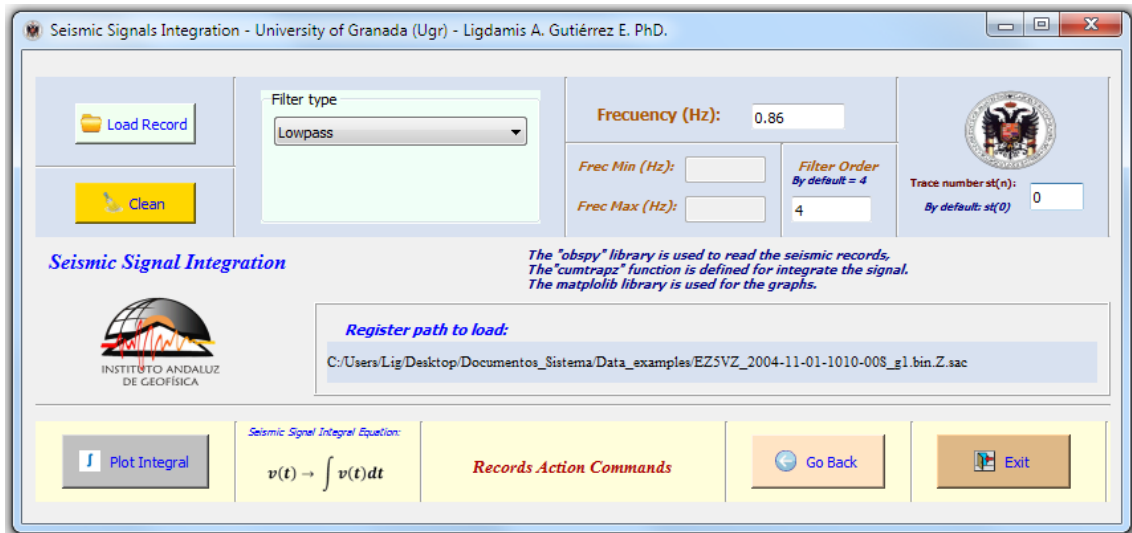


Fig. 29 Selección de parámetros para el cálculo la integral de un registro SAC, con filtro paso-bajo.

En la figura se observa en “Register Path to load/Ruta Archivo”, la ruta completa donde se encuentra almacenado el registro, el cual será analizado. En el listado de “Filter Type/Tipo de Filtro”, se ha designado el filtro *Paso-Bajo* (*Lowpass*). En el cuadro de entradas, se observa que se ha establecido una frecuencia de 0.86 Hz., con un orden de filtro igual a 4. El registro solo posee una traza, la traza “0” por defecto.

6.2.- Ejemplo de resultados de selección de filtrado paso-banda y cálculo de la integral.

De acuerdo a todo el proceso anteriormente descrito, realizar el cálculo de la integral con filtro paso-banda de los registros es muy sencillo, consta de los siguientes pasos:

- Abrir o seleccionar un determinado registro (se visualiza el registro ruta del archivo (*Seismic record path to upload*). Por defecto, la ruta inicial se encuentra en el directorio raíz “C” del PC”, ya sean en el sistema Windows o Linux)
- Seleccionar el filtro paso-banda (*Bandpass*).
- Dar las entradas de los parámetros del filtro.
- Dar clic al botón de “*Plot Integral*”, para graficar el registro.

Todo esto, presentará:

La salida de dicho análisis, estará compuesta por cuatro gráficas: la señal original, la señal filtrada, la integral de la señal y una gráfica compuesta por las tres (original, filtrada e integral). De cada una de ellas se puede realizar un zoom y guardarla en diversos formatos.

La interfaz con los elementos de salida, se observa en la siguiente página.

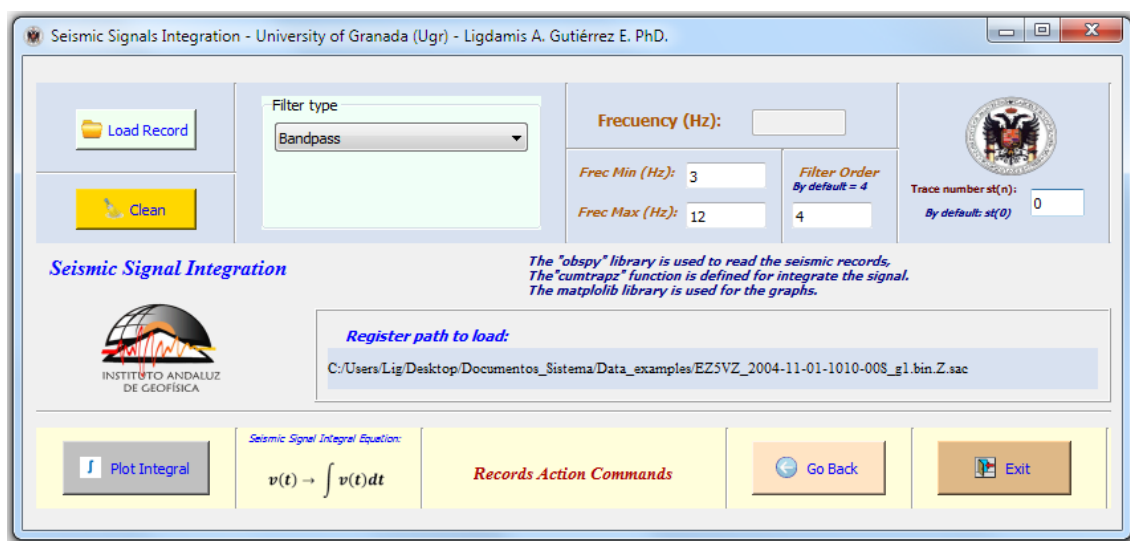


Fig. 30 Selección de parámetros para el cálculo la integral de un registro SAC, con filtro paso-banda.

En la figura se observa en “*File Path/Ruta Archivo*”, la ruta completa donde se encuentra almacenado el registro, el cual será analizado. En el listado de “*Filter Type/Tipo de Filtro*”, se ha designado el filtro *Paso-banda* (*Bandpass*). En el cuadro de entradas, se observa que se ha establecido una frecuencia mínima de 3 Hz., con una frecuencia máxima de 12 Hz. el orden de filtro por defecto se ha dejado igual a 4. El registro solo posee una traza, la traza “0” por defecto.


Los resultados gráficos los podemos observar en las siguientes secciones.

7.- Gráficas resultantes

A continuación procederemos a presentar un ejemplo de resultados gráficos con el proceso de filtrado y el cálculo de la integral de la señal.

7.1.- Gráficas de Filtros y Zoom de los registros.

A manera de ejemplos, se presenta el resultado gráfico del registro original, del registro filtrado y la integral de la señal a registros en formato SAC y MSEED (evento VLP).

De la misma manera, se presenta el Zoom (*mediante la herramienta Zoom [Lupa]*), realizado a las gráficas resultantes (*Cfr. Herramientas Matplotlib, Págs. 26-31*). 

Cabe notar que al realizar un Zoom en una de las secciones de las gráficas (original, filtrada e integrada), las otras se actualizan automáticamente. Es decir, basta hacer zoom solo en una sección y el vector de tiempo se ajusta automáticamente en las gráficas. De esta forma, se puede determinar un mejor análisis del movimiento de masas. Por otro lado, reiterar que los parámetros utilizados aquí en los ejemplos son arbitrarios, así que depende del operador, ajustar los valores para definir mejor los resultados en cada evento.

7.1.1.- Ejemplo de cálculo de un registro con formato SAC

a) Gráfica de registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Original

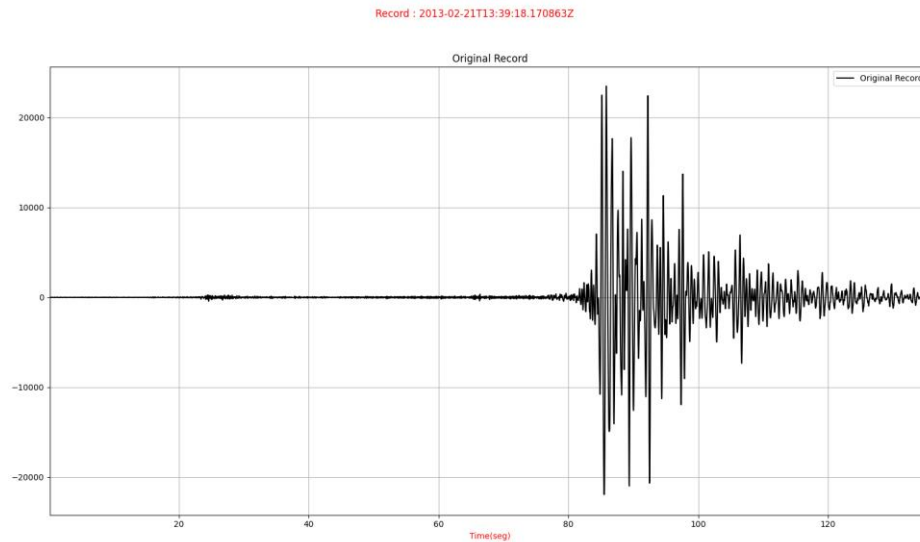


Fig. 31 Ejemplo de la Gráfica del registro SAC, señal original.

b) Zoom de la Gráfica de registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Filtrada.

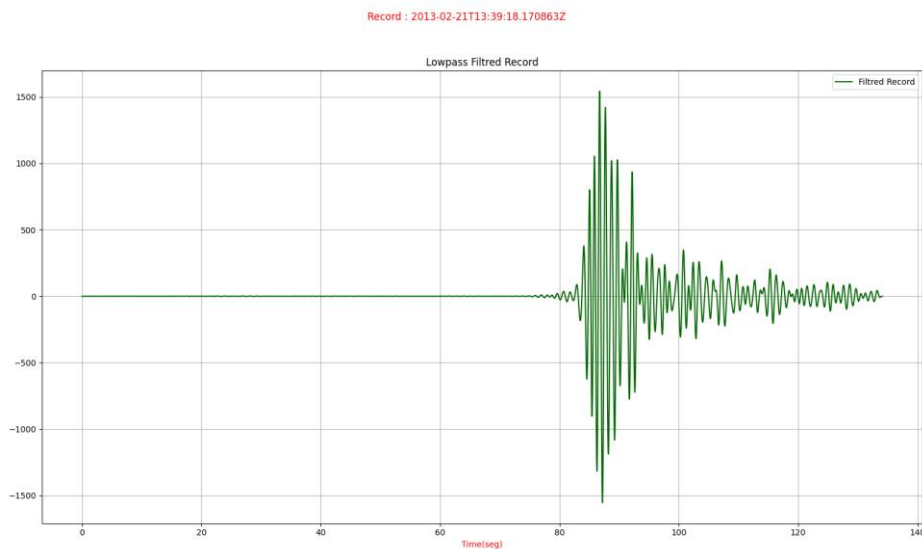


Fig. 32 Ejemplo de la Gráfica del registro SAC con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), a 0.86Hz y orden de filtro 4. Número de traza = 0.

c) Gráfica de registro **SAC** con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Integral de la señal.

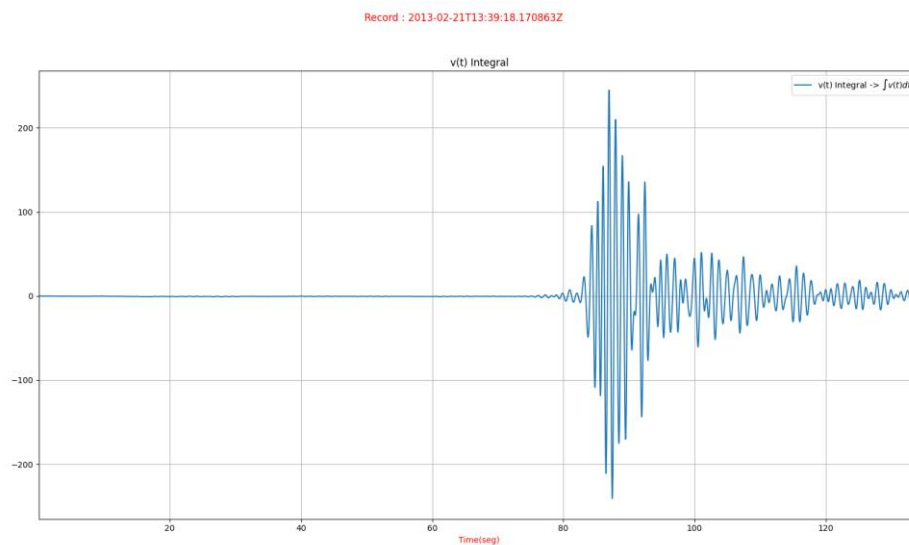


Fig. 33 Ejemplo de Gráfica del registro SAC, señal integrada.

d) Gráficas de registro **SAC** resultantes (Original, filtrada e integrada).

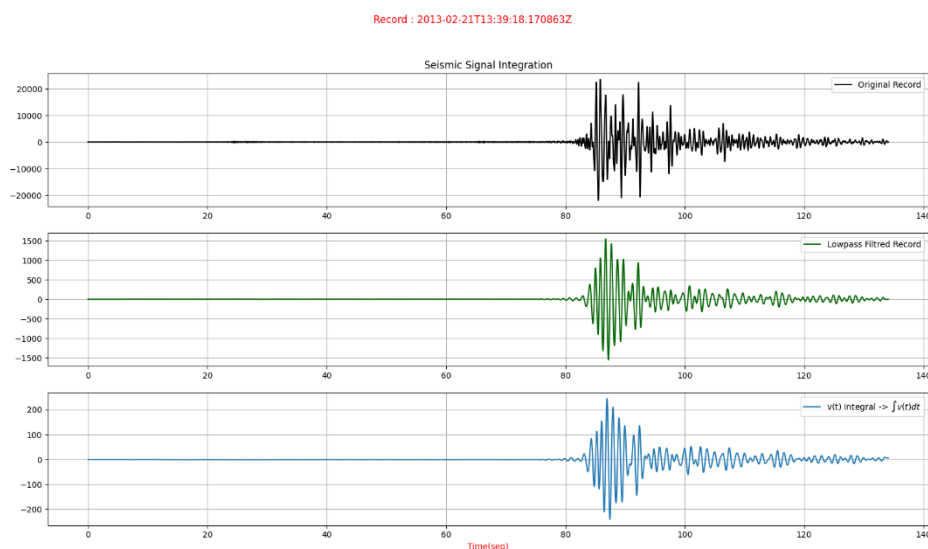


Fig. 34 Ejemplo de las Gráficas del registro SAC (señal original, señal filtrada y señal integrada).

7.1.2.- Ejemplo de cálculo de un evento VLP, registro con formato **MSEED**.

En las anteriores imágenes no se aprecia el movimiento de masa, esto ocurre con los eventos VLP, que a continuación se presenta con un ejemplo.

a) Gráfica de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal Original

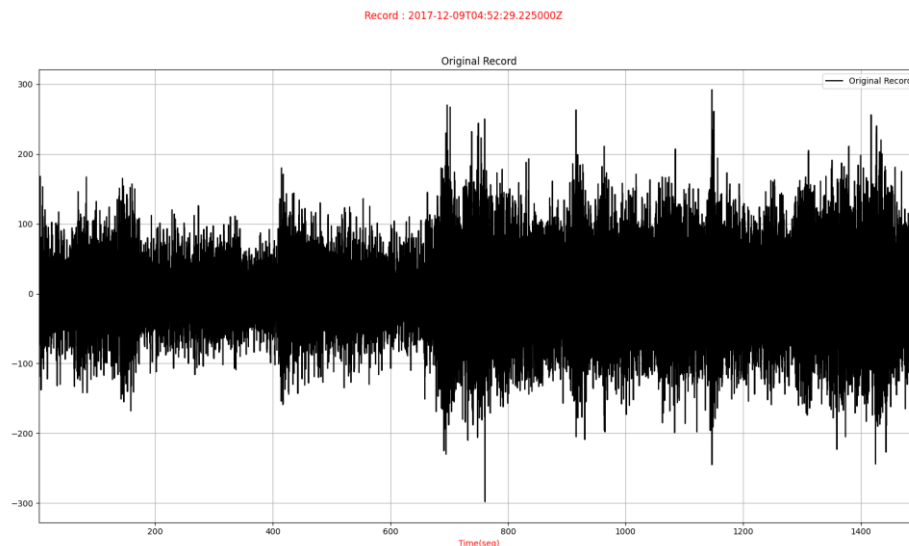


Fig. 35 Ejemplo de Gráfica del registro MSEED, con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), señal original.

b) Gráfica de registro MSEED con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señal filtrada.

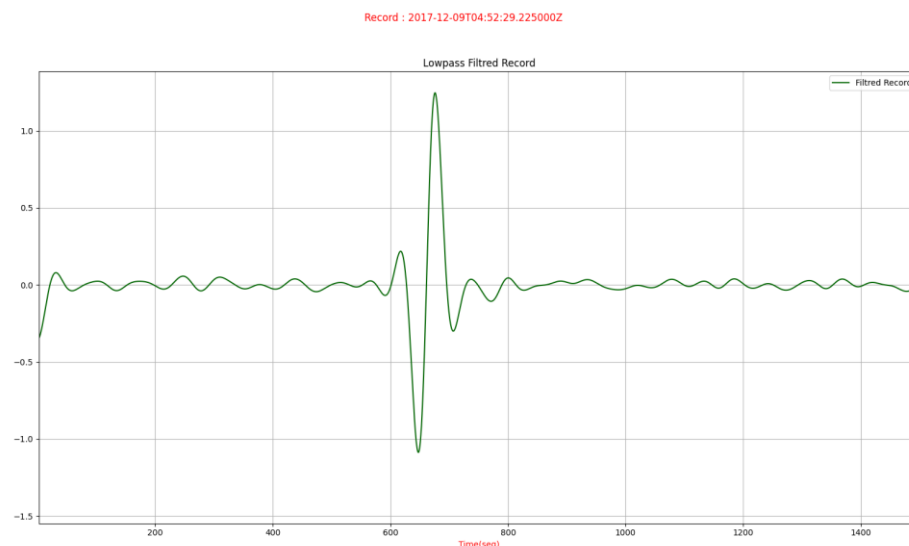


Fig. 36 Ejemplo de Gráfica del registro MSEED, con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*), señal filtrada.

c) Gráfica de registro **MSEED** con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Integral de la señal.

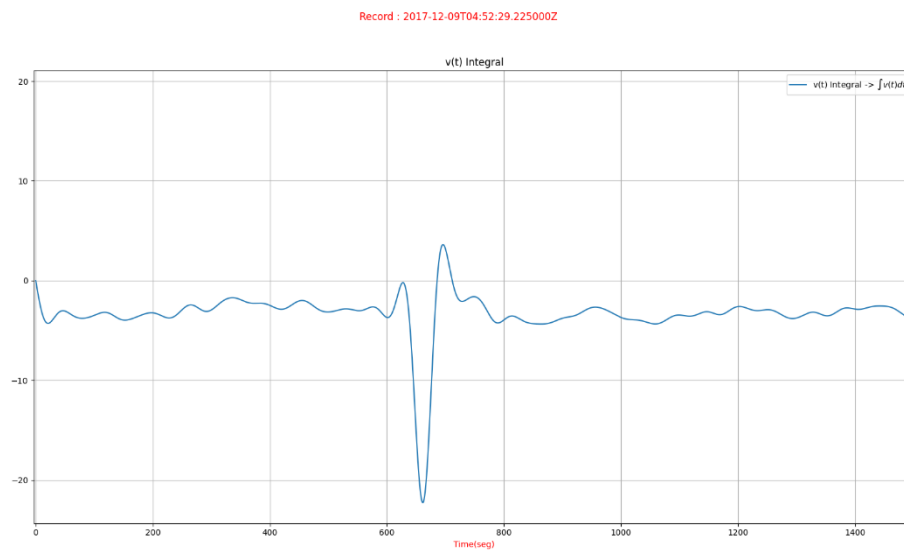


Fig. 37 Ejemplo de Gráfica del registro MSEED, señal integrada

Se observa en la imagen, como el pico se muestra hacia abajo, lo que indica un movimiento de masa hacia abajo (*Down*).

d) Gráficas de registro **MSEED** resultantes (Original, filtrada e integrada).

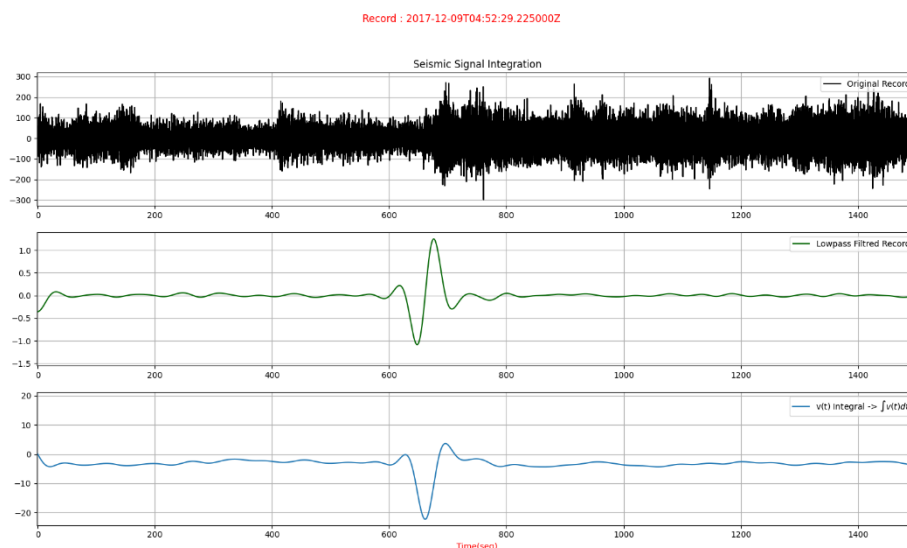


Fig. 38 Ejemplo de las Gráficas del registro MSEED (señal original, señal filtrada y señal integrada).

- e) Zoom de las Gráficas de registro **MSEED** con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*). Señales (Original, filtrada e integrada).

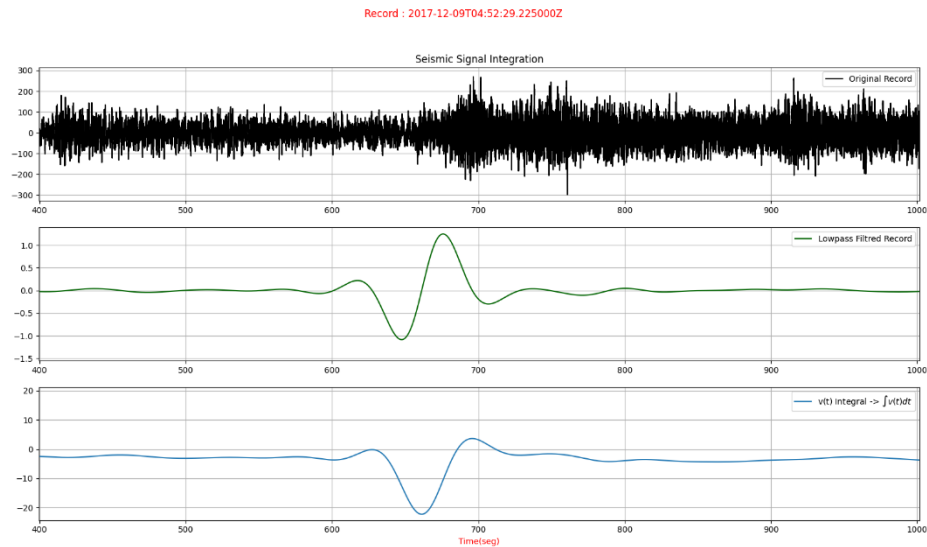
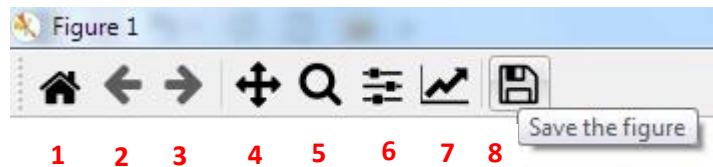


Fig. 39 Ejemplo de las Gráficas del registro MSEED (señal original, señal filtrada y señal integrada), con filtro *paso-bajo* (*Lowpass*) a 0.02 Hz de frecuencia y filtro de orden 4. Se selecciona la herramienta Zoom de Matplotlib, trazando un cuadro en cualquiera de los segmentos de la gráfica, el vector de tiempo de los restantes se adapta al zoom del primero.

8.- Barra de Herramientas de las gráficas (Librería Matplotlib)

En la construcción de gráficas, la pantalla de gráficos de la librería Matplotlib, posee un conjunto de herramientas muy útiles, que permiten visualizar, editar y almacenar las gráficas en diversos formatos. En la parte superior de la pantalla de gráficos de Matplotlib que se presenta cuando se crea una gráfica, se observa una barra de herramientas similar a la siguiente:



De izquierda a derecha, los iconos que representan las acciones a realizar son:

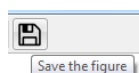
1. [Reset original view](#): Restituye al inicio todas las gráficas
2. [Back to previous view](#): Vista previa de la gráfica seleccionada
3. [Forward to next view](#): Vista Adelante de la siguiente imagen
4. [Left button pans, Right button zooms, x/y fixes axis, CTRL fixes aspect](#). Mueve la gráfica y ejes a izquierda o derecha,
5. [Zoom to rectangle](#): A través de un rectángulo, realiza un zoom de la gráfica seleccionada.
6. [Configure subplots](#): Configuración de los subplots (Bordes y espaciados)
7. [Edit axis, curve and image parameters](#): Edición de los parámetros de la gráfica. Se selecciona el axes o gráfico y se editan elementos como: Título, coordenadas (X,Y) y parámetros de la curva (líneas, marcadores) en estilos, colores y tamaño.
8. [Save the figure](#): Guarda la gráfica en diversos formatos.

El presente documento, no profundiza en cada uno de ellos, únicamente resaltaré el uso de los que generalmente más se utilizan, como son: (1, 2, 5, 7 y 8).

En las gráficas anteriores, se ha podido constatar el uso de la herramienta de zoom (5). Las herramientas 2 y 3, permiten realizar o restablecer un zoom de forma individual a cada gráfica, la opción 1, faculta restaurar al valor inicial todos los elementos o subplots de la gráfica (*cada gráfica individual o parte de la ventana*). En cuanto a la opción 8, permite guardar la gráfica en diversos formatos. El resto es sumamente sencillo y queda a estudio del usuari@ el uso de cada uno de ellos. Ahora bien, los procesos para “*editar*” y “*almacenar o guardar*” las gráficas (7 y 8) se detallan a continuación.

8.1.- Guardar las Gráficas

El proceso de guardar las gráficas es muy sencillo. Se procede a dar clic al icono de la herramienta número 8 (*Save the figure*).



Lo que permite abrir una ventana de explorador, similar a las de Windows (*dependiendo del idioma o sistema que se utilice*), en donde se puede seleccionar la carpeta o directorio donde se almacenará la gráfica.

Además, dar nombre y tipo de formato que se desee. Esto se puede observar en la parte inferior de la ventana del explorador (círculo rojo en la imagen), ahí se seleccionan los diversos tipos de formatos disponibles a guardar. La pantalla es similar a la siguiente.

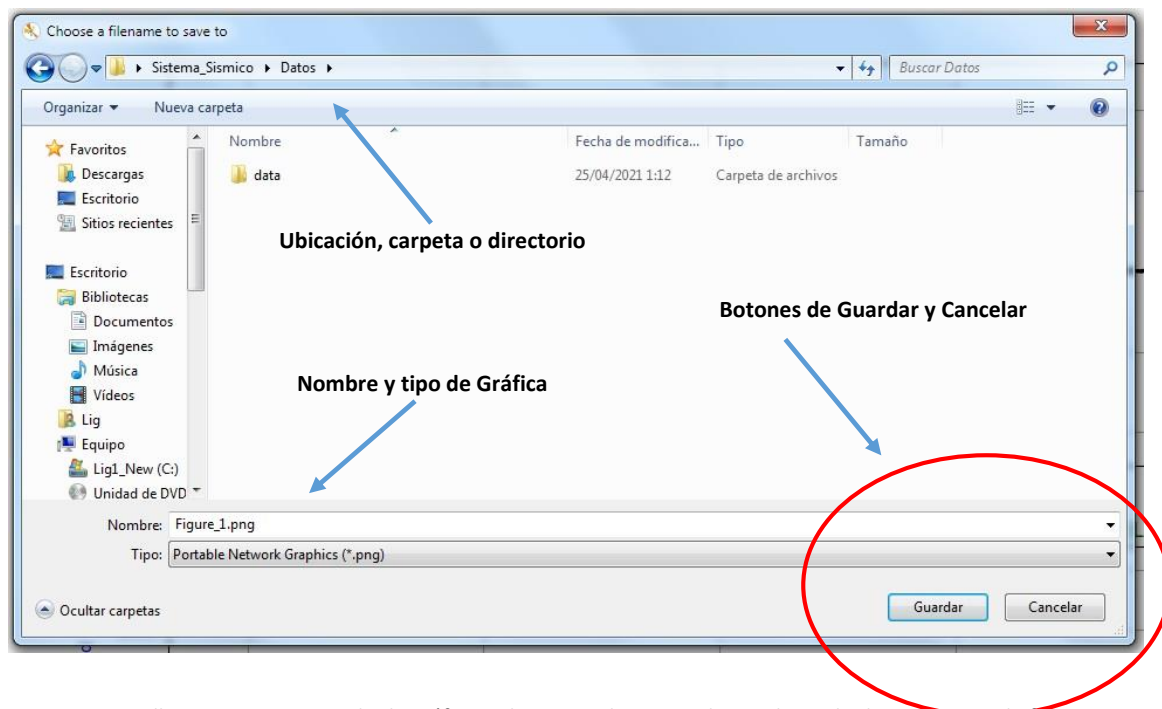


Fig. 40 Pantalla que permite guardar la gráfica, seleccionando un nombre e eligiendo diversos tipos de formatos. Botones de “guardar” y “Cancelar”, para completar o cancelar el proceso.

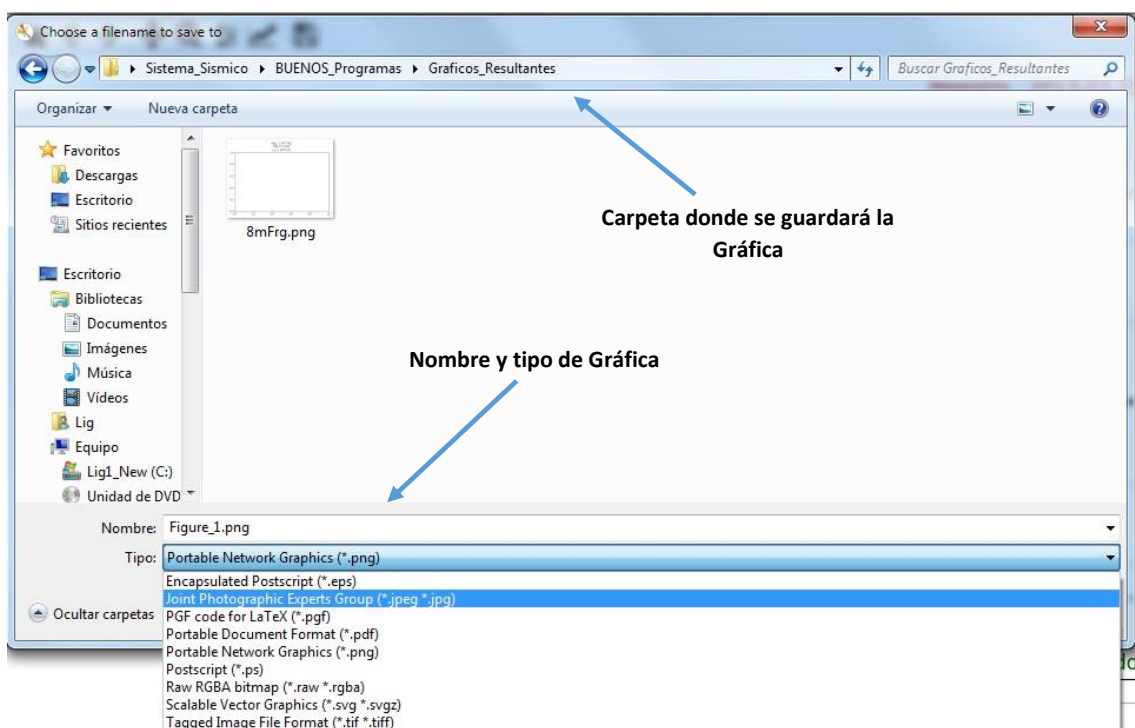


Fig. 41 Pantalla donde se observa los tipos de formatos disponibles para guardar la gráfica.

La figura anterior muestra una lista de los tipos de formatos disponibles, la siguiente imagen presenta dicha lista con más detalle:

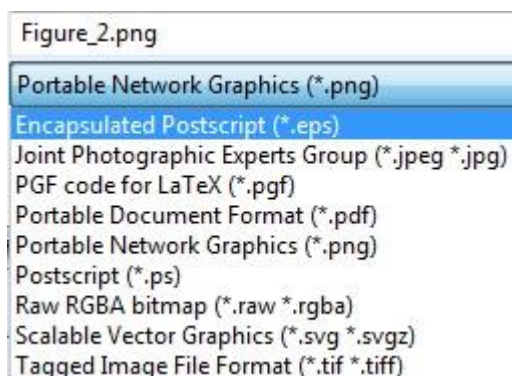
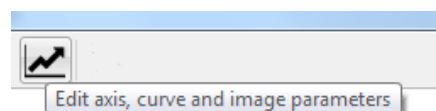


Fig. 42 Lista de los Formatos disponibles, para guardar la gráfica generada por el análisis

Una vez seleccionado, tanto el nombre como el tipo de formato que se desea y la ubicación de la carpeta o directorio en donde se almacenará la gráfica, se procede a dar clic al botón de “**Guardar**” (Cfr. Fig. 79), con lo que la gráfica se almacenará y estará disponible para el uso que se estime necesario.

8.2.- Edición de los ejes e imágenes de las Gráficas

A través del botón de “Edición”, punto 7 (Cfr. Pág. 43) del listado de la barra de herramientas gráficas ([Edit axis, curve and image parameters](#)), es posible editar o modificar los parámetros de los ejes, las imágenes y curvas de las gráficas.



Por ejemplo, para modificar los parámetros de la imagen de un espectrograma. Se da clic a dicho botón de comando. Se presenta una pantalla o caja de diálogo “*Customize (Personalizar)*”, que indica cuál de los “*axes (ejes)*”, de las áreas de la gráfica se desea editar o modificar y luego de da clic al botón de “**OK**”. Esta pantalla es similar a la siguiente.

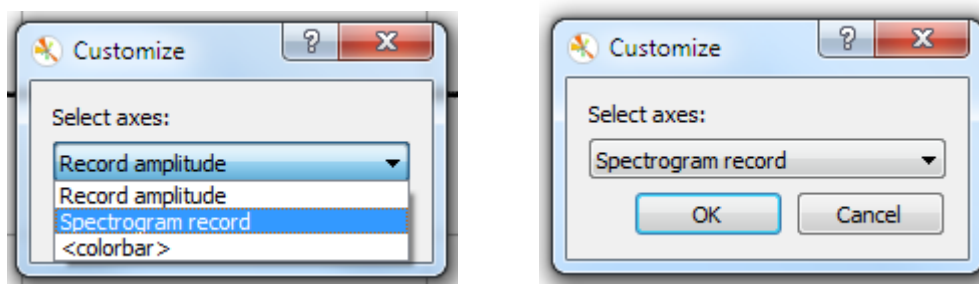


Fig. 43 Caja de diálogo de *Customize (Personalizar)*, se ha seleccionado el eje del espectrograma

Una vez que se selecciona el eje deseado y que se ha dado clic al botón “OK”, se presenta una nueva ventana con las opciones de la figura. Aquí se seleccionan los diversos valores a editar de dicho eje, en este caso del espectrograma (Axes (ejes) e Imágenes). La ventana de diálogo es la siguiente.

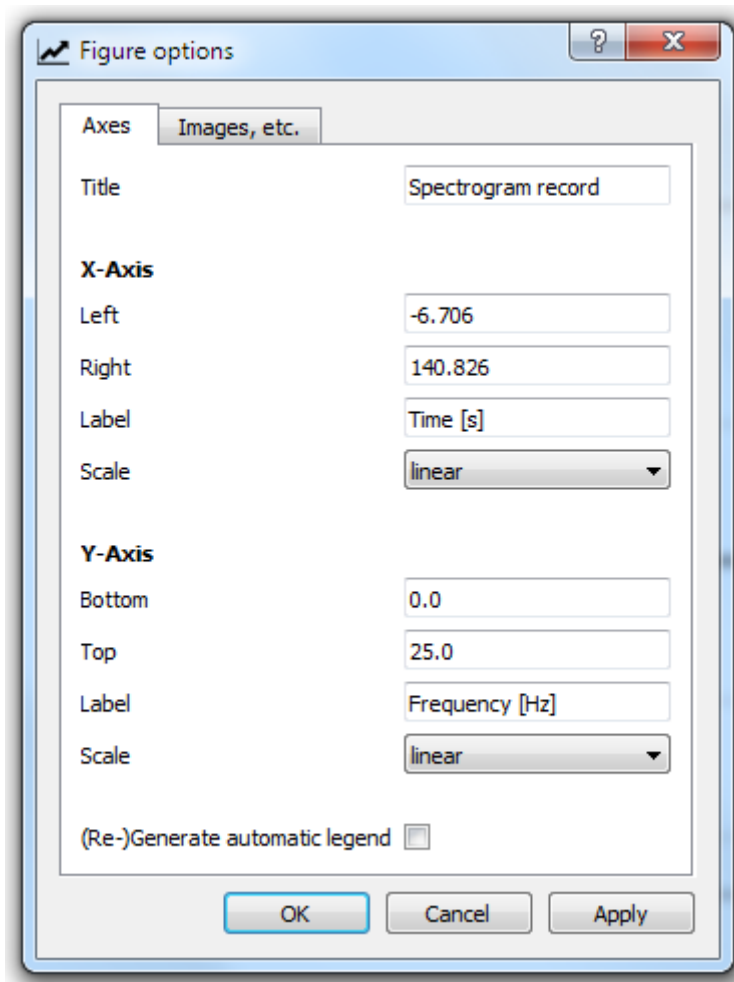


Fig. 44 Caja de diálogo de opciones de edición del título y ejes de la figura

En esta parte de “*Axes (ejes)*”, como se observa, se pueden editar o modificar los valores o parámetros del título y los ejes “X” y “Y” de la gráfica. Para nuestro ejemplo, lo que se desea modificar es la imagen, con lo que se va a seleccionar la pestaña que indica esta opción. La imagen que se presenta es la siguiente.

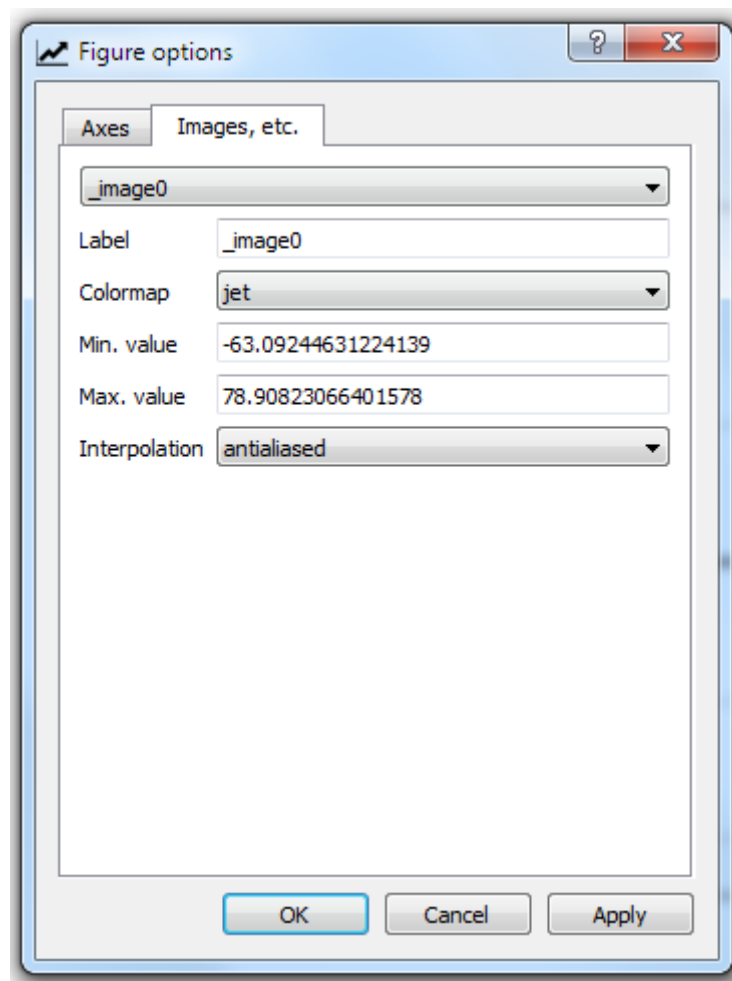


Fig. 45 Caja de diálogo de opciones de edición de los parámetros de la imagen

Como se observa en la imagen, se pueden modificar entre otros parámetros: las etiquetas, el mapa de color o “*Colormap (mapa de color)*” utilizado en el espectrograma, los valores mínimo y máximo y la interpolación. El valor de “*Colormap (mapa de color)*” por defecto se ha programado el modo “**jet**”. Los valores mínimos y máximos para este mapa de color y la interpolación que se utilizan se asignan por defecto a la imagen, pero se pueden modificar de acuerdo al interés del operador.

La lista de valores de parámetros editables, tanto del “*Colormap (mapa de color)*”, como de la “*Interpolation (Interpolación)*”, se presenta en la figura de la siguiente página.

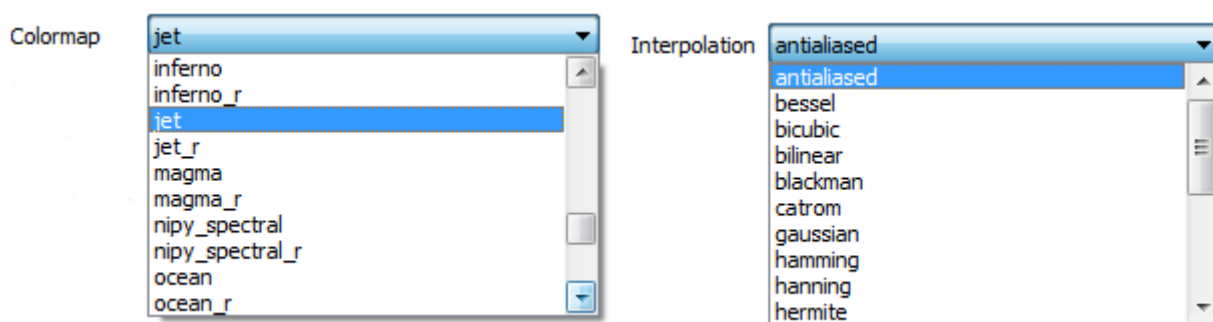


Fig. 46 Cajas de diálogo de edición de los parámetros de “*Colormap* (Mapa de color)” y de “*Interpolation* (Interpolación)” de la gráfica.

NOTA FINAL: El sistema está diseñado para ser una herramienta de fácil uso, acceso y comprensión. Una interfaz amigable, que ofrezca una ayuda tecnológica fiable al operador humano en el análisis de registros sísmicos, tanto tectónicos como volcánicos. La sencillez de esta primera versión radica en que consta de un único módulo, en el que se han incluido varios de los análisis de filtros y el cálculo de la integral aplicada al análisis de una determinada señal sísmico-volcánica. En versiones posteriores, podrán añadirse módulos extras, que contengan diversos tipos de análisis para el progreso del estudio y la investigación de la comunidad científica.

Agradecimientos:

Este software es fruto de la investigación del proyecto español **FEMALE** (PID2019-106260GB-I00). **FEMALE** (*Forecasting Volcanic Eruptions Using Signal Processing and Machine Learning Techniques on Seismic Signals*).

<https://femalevolcanoes.es/>

FIN del documento.

Ligdamis A. Gutiérrez E. PhD.

Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Facultad de Ciencias.

Instituto Andaluz de Geofísica.

Universidad de Granada (Ugr)

Granada, España – 2021-2022



ANEXO A

A1.- Instalación de Python y librerías adicionales

A1.1. Contenido del paquete de Instalación.

La carpeta principal “**Integrals_I**”, contiene dos carpetas de acuerdo al idioma: 1) Inglés. A su vez, cada una de ellas contiene los siguientes elementos:

- a) Carpeta “**Integrals_1**”: (conjunto del sistema de cálculo de la integral). Esta carpeta debe de ser copiada en “Mis Documentos”, contiene los siguientes elementos:
 - a. Carpeta: “**Images**” Imágenes necesarias para la interfaz.
 - b. Carpeta: “**Data_examples**” Contiene tres ejemplos de registros sísmicos en formato SAC, para poder ser utilizados en la familiarización del sistema.
 - c. Programa: **Index.py**. Programa de inicio y presentación.
 - d. Programa: “**Integrals_1.py**”. Programa principal de análisis espectral y filtros
- b) Carpeta “**Document**”: Se compone de los siguientes ítems:
 - a. Manual de Usuario “**User_manual_Integrals_Vrs1.pdf**” en PDF, redactado en español con la documentación necesaria del uso de las interfaces del sistema.
 - b. Fichero “**Initials_requirements.txt**”. Fichero que contiene las librerías necesarias para instalarse en Windows a través del “Pip”, una vez instalado Python.
 - c. Fichero “**README.txt**”: Fichero con las instrucciones generales y básicas del sistema y su instalación.
 - d. Fichero “**Integrals_1.bat**”, fichero ejecutable de procesamiento por lotes. Debe de copiarse en el escritorio, desde ahí mediante clic derecho “ejecutar como administrador”, iniciará el sistema. El fichero buscará automáticamente el programa de inicio que se encuentra en la carpeta “**Analysis_System_I**” que previamente se ha copiado en “Mis Documentos” e iniciará Python, ejecutando dicho programa.

El sistema, dispone de todos los elementos en inglés, salvo el manual de usuario, que está redactado en español. Para instalar en Windows, se debe proceder a realizar dos acciones principales posteriores a descargar y descomprimir los ficheros “**Rar**”. La primera es copiar la carpeta (a) entera a la carpeta “*Mis Documentos*” del PC.

- c) Copia de la carpeta “**Integrals_1**” a “*Mis documentos*” de Windows desde el fichero de descarga (Rar), una vez descomprimido.
- d) Copia del fichero “**Integrals_1.bat**”, desde la carpeta “(**Document**)”, al escritorio de Windows.

Con esto, ya se asegura el correcto uso del programa. Ahora, se procederá a la instalación del lenguaje Python y las librerías adicionales de Python en Windows.

A1.2.- Instalación de Python en Windows

Python, es un lenguaje de programación interpretado multiplataforma (*funciona bajo diversos sistemas operativos, Windows, Linux, Mac*) y multiparadigma (*uso de dos o más paradigmas dentro de un programa, orientado a objetos, reflexivo, imperativo y funcional*).

Además, Python puede ser enriquecido por una gran cantidad de módulos, librerías, paquetes o bibliotecas de programación, que son instaladas mediante su gestor de paquetes o “**Pip**”. En Linux, el programa Python y su gestor “Pip” se instalan conjuntamente con el sistema operativo. En los sistemas Windows en cambio, en los que el Python no es un lenguaje nativo, se necesita instalar previamente dicho lenguaje, descargando la versión adecuada desde la página Web de distribución de Python, ubicada en la siguiente dirección: <https://www.python.org/downloads/>

En la Web, se debe seleccionar la versión correcta, de acuerdo al tipo de sistema operativo que se encuentra en el ordenador, incluyendo si este es de 32 o 64 bits.

Para poder ser instaladas, tanto en sistemas de 32 como en 64 bits., hay que recordar, que la redacción de este documento y el software, han sido creados con la versión disponible a la fecha actual, que es “**Python 3.8.6**”, lo que va a variar en el tiempo. Esto se debe a que todo lo relacionado con los sistemas Linux, está constantemente modificándose con las actualizaciones que Python y los sistemas basados en Linux realizan. Por lo que es recomendable, visitar la página Web y descargar la versión actualizada más estable o probada de Python.

Una vez descargada, se procede a ejecutar como administrador (*botón derecho del ratón y “ejecutar como administrador”*), se presentará el asistente de instalación del software, que guiará los pasos necesarios en la instalación (*solamente seguir las instrucciones*). El proceso dura solo unos pocos minutos. Es recomendable indicar durante el proceso, cuando se pregunte, que además se incluya un acceso en el “**Path**” del sistema, para que así, Python pueda acceder desde cualquier sitio de Windows. Si no se hace esto durante el proceso de instalación, se debe de realizar de forma manual, modificando las variables de entorno, para incluir el camino desde donde se encuentra instalado Python. Esto no es necesario si se le indica a través del asistente de instalación.

A1.3.- Instalación de librerías adicionales

El siguiente paso es comprobar que el Python y su administrador de archivos o paquetes (pip) han sido instalados correctamente. El “pip” (gestor de ficheros y librerías) es muy importante, ya que es el que permite la instalación de librerías adicionales, que Python necesita para ejecutar correctamente los programas creados. Para ello, hay que abrir la ventana de consola del Windows, o “CMD”. El CMD, símbolo del sistema o también conocido como “*Command prompt*”, es un intérprete de línea de comandos.

Acceder al CMD, es posible por medio del teclado, buscando la tecla con el logo de Windows (Una ventana), situada entre la tecla “Ctrl” y “Alt” en la parte inferior izquierda



del teclado. Pulsando dicha tecla, más (+) la tecla de la letra “**R**”, abrirá una ventana del programa “*Ejecutar*”, similar a la siguiente.

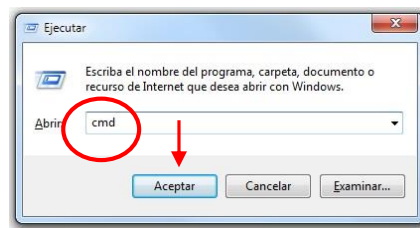


Fig. A1 Pantalla de Ejecutar en Windows. En el círculo rojo, teclear “cmd” y clic a “Aceptar”

Como se observa en la figura anterior, se teclea “cmd”, se da clic a “Aceptar”, lo que abrirá la ventana o consola de comandos de Windows.

Otra forma de realizar esto, es en la parte inferior del escritorio, en (W7) o junto (W10) al botón de “Inicio” de Windows. Se encuentra la sección de búsqueda, señalada mediante el icono de una lupa. Esto indica, la búsqueda de programas. Similar a la siguiente.

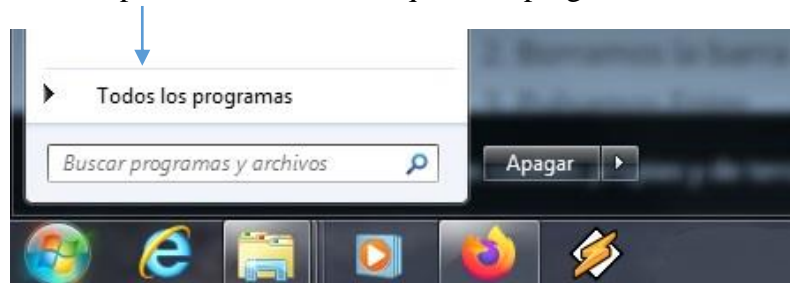


Fig. A2 Pantalla de Búsqueda de programas en Windows.

En el cuadro donde dice “Buscar programas y archivos” (Windows 7) o “Escribe aquí para buscar” (Windows 10), se teclea igualmente “cmd”. Esta acción o la anterior, presentará la consola de comandos (CMD) de Windows, similar a la siguiente (W7).

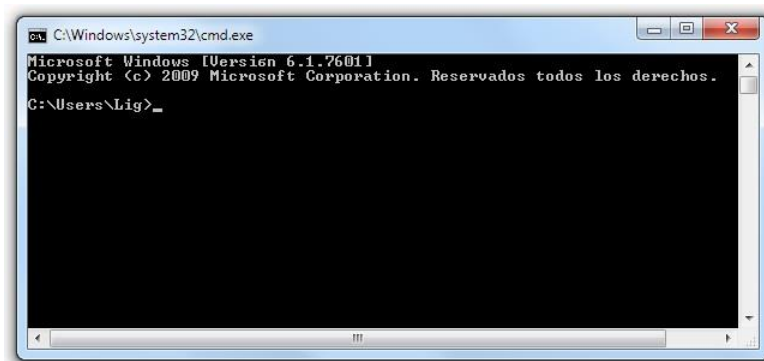


Fig. A3 Pantalla o consola de comandos “CMD” en Windows 7.

Lo mismo para Windows 10 (W10).



Fig. A4 Pantalla o consola de comandos “CMD” en Windows 10.

Una vez ahí, para verificar que tanto Python como su administrador de paquetes “**pip**” han sido instalados correctamente, se teclea los siguientes comandos: `Python -V`, y para verificar el “**pip**” se teclea: `pip -V`. Esto se observa en la siguiente figura.

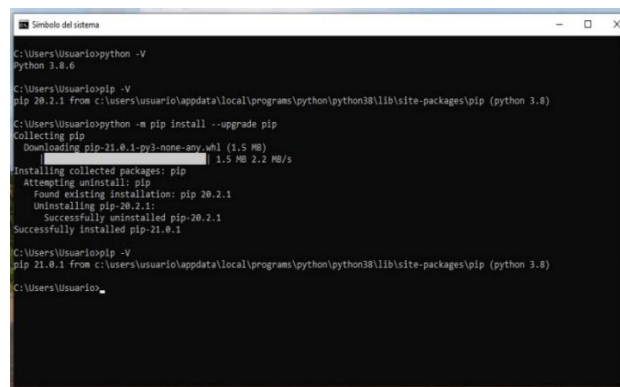


Fig. A5 Pantalla CMD, indicando las versiones de python y pip en Windows.

La salida de teclear `-V` en Python, indica invocar la versión que ha sido instalada. En este caso se observa que es la “**3.8.6**”. Esto se ha podido realizar desde cualquier sitio del sistema, debido a que la secuencia de comandos de Python, ha sido instalada recordemos en el “path” o ruta que se encuentra en las variables de entorno del sistema. También después de teclear “`pip -V`”, se observa que la versión de pip es la “**20.2.1**”. En este punto, se recomienda actualizar dicha versión, ya que, por defecto “pip” se instala conjuntamente con “Python”, pero no instala la última o más actualizada versión. Para ello, en la ventana o consola CMD, se debe de teclear el siguiente comando (Windows/Linux): En Windows se teclea “**python**” y en Linux se teclea “**python3**”.

> python -m pip install --upgrade pip | **Linux: \$ sudo python3 -m pip install --upgrade pip**

Lo que indica que se actualizará el “**pip**” a su más reciente versión (*En Linux, como “superusuario”, es decir, “sudo” al inicio*). Se visualiza en la siguiente pantalla.



```
Símbolo del sistema
C:\Users\Usuario>python -V
Python 3.8.6

C:\Users\Usuario>pip -V
pip 20.2.1 from c:\users\usuario\appdata\local\programs\python\python38\lib\site-packages\pip (python 3.8)

C:\Users\Usuario>python -m pip install --upgrade pip
Collecting pip
  Downloading pip-21.0.1-py3-none-any.whl (1.5 MB)
    1.5 MB 2.2 MB/s
Installing collected packages: pip
  Attempting uninstall: pip
    Found existing installation: pip 20.2.1
    Uninstalling pip-20.2.1:
      Successfully uninstalled pip-20.2.1
  Successfully installed pip-21.0.1

C:\Users\Usuario>pip -V
pip 21.0.1 from c:\users\usuario\appdata\local\programs\python\python38\lib\site-packages\pip (python 3.8)

C:\Users\Usuario>
```

Fig. A6 Pantalla de actualización y verificación de la nueva versión del pip en Windows.

Como se puede observar, al teclear de nuevo (**pip – V**), una vez actualizada “**pip**”, la versión en la 21.0.1. Con esto ya se tiene instalado y actualizado Python y el **pip**. El **pip** como se ha mencionado, es muy importante, porque con este administrador, se proceden a instalar todas las librerías y paquetes necesarios, para que las aplicaciones creadas en Python puedan ser ejecutadas correctamente y sin errores. Para utilizar el sistema, se debe de proceder mediante “**pip**” a la instalación de paquetes o librerías necesarios.

A continuación, se procederá a la explicación de cómo de forma sencilla y completamente automática se instalarán en el sistema, las librerías más comúnmente utilizadas y generales que Python necesita. Librerías como, por ejemplo “**obspy**”, que es la librería o software en código abierto, basado en **Python** para el procesamiento de datos sísmológicos. También, “**matplotlib**”, que es una biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays en *Python* y su extensión matemática “**NumPy**”, entre otros, que el sistema necesita para su ejecución.

A1.4 Instalación automática de las librerías en Windows a partir del PIP

La ventaja de tener ya instalado y actualizado el PIP en Windows, es que se puede realizar la instalación de todas las librerías que Python necesita para poder ejecutar el sistema.

Adicionalmente, en la carpeta “**Document** (*Documentos*)”, en el fichero “**Readme.txt**” se encuentran las instrucciones de esta instalación. Por lo que el usuari@, solo debe de seguir las instrucciones y los paquetes necesarios que serán instalados en el ordenador (PC) de forma automática por el “**Pip**” tanto en Windows como en Linux.

Las librerías necesarias están en el fichero denominado “**Initial_requirements.txt**”, incluido en la carpeta “**Document**” de los ficheros descargados de la instalación.

En una ventana de comandos “**Cmd**” de Windows, se realizan las acciones para cada uno de los comandos indicados en el fichero, siguiendo las instrucciones. No debe de presentar problemas la instalación en sistemas Windows y Linux. Si alguna librería presenta algún error en la instalación (**color rojo**), se debe de consultar la documentación de dicha librería, o revisar si se está instalando la versión de Python adecuada o recomendada (**versión 3.8.6**). La instalación en los sistemas Linux (*Cfr. README.txt*) es similar. Se copia la carpeta principal ya sea en el escritorio, en la carpeta personal, etc. Desde esa ubicación se abre una ventana de comandos y se teclea “**\$ python3 Index.py**” para iniciar el sistema.

ANEXO B: INSTALAR LIBRERÍAS PYTHON, PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

1.- PIP: El **Pip** (*Programa de Instalación Preferida*), es el administrador de paquetes o gestión de paquetes, que se utiliza para instalar y administrar paquetes de software escritos en Python. Al Instalar Python, **Pip** se instala por defecto. Para ver la versión de Python o PIP, se teclea en una consola o **CMD** el comando **(-V)** como sigue:

```
python -V / pip -V Y para ver la lista de paquetes pip instalados: -> pip list
```

Normalmente, hay que actualizar la versión de pip, con la que se instala Python. Para esto se teclea en la ventana de comandos (CMD). En sistemas Linux y Mac, se coloca al inicio **"sudo"**, para indicar permisos de *super-usuario*.

```
Python -m pip install --upgrade pip / (LINUX) -> sudo python -m pip install --upgrade pip
```

Una vez que se descarga e instala, podemos comprobar de nuevo la versión, con el primer comando, se observará que la versión ha cambiado y actualizado. Ahora que se tiene el "pip" actualizado, se procederá a instalar los paquetes necesarios para que Python funcione correctamente con las aplicaciones.

2.- Instalación de **PyQt**: Este es un enlace de Python para la biblioteca Qt escrita en el lenguaje C++. Para la creación y uso de interfaces gráficas de usuario (GUI) en Python. Se teclea lo siguiente en la ventana de comandos (CMD).

```
pip install PyQt5 / (LINUX & Mac) -> sudo python install PyQt5
```

3.- Instalación de la librería **Matplotlib**. Es la librería que permite la creación y visualización de gráficos. Se teclea lo siguiente:

```
pip install matplotlib / (LINUX & Mac) -> sudo python install matplotlib
```

4.- Instalar la librería **Obspy**. Es la librería para el manejo de señales sísmicas. Se teclea:

```
pip install obspy / (LINUX & Mac) -> sudo python install obspy
```

5.- Instalar **Thinter**: Es una interfaz gráfica de Usuario (GUI). Se teclea lo siguiente:

```
pip install tk / (LINUX & Mac) -> sudo python install tk
```

6.- Instalar **quantecon**: Es una librería que sirve para utilizar la estimación del espectro, Periodograma, transformada de Fourier. Se teclea lo siguiente:

```
pip install --upgrade quantecon / (LINUX & Mac) -> sudo python install --upgrade quantecon
```

7.- Actualizar una librería para matplotlib. Para evitar problemas con los gráficos.

```
pip install msvc-runtime / (LINUX & Mac) -> sudo python install msvc-runtime
```

8.- Instalar **easygui** para la interfaz gráfica.

```
pip install easygui / (LINUX & Mac) -> sudo python install easygui
```

9.- Instalar **PyWavelets** para el manejo de la CWT.

```
pip install PyWavelets / (LINUX & Mac) -> sudo python install PyWavelets
```

10.- Instalar **plotly**, para el manejo y ayuda de los gráficos junto a Matplotlib.

```
pip install plotly / (LINUX & Mac) -> sudo python install plotly
```

Al final se teclea **"pip list"**, para ver las librerías instaladas. Adicional: Se puede crear un fichero llamado **"requirements.txt"**, que contendrá todas las librerías que el PC utilizará. El archivo requirements.txt, debe de estar en el directorio actual.

```
pip freeze > requirements.txt
```