

ÍNDICE

- 0. RESUMEN.
- 1. INTRODUCCIÓN.
 - 1.1. Glosario.
 - 1.2. Reconocimientos.
- 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.
 - 2.1. Objetivo.
 - 2.2. Descripción y características del sistema SPA_01PC.
 - 2.3. Alcances y limitaciones.
 - 2.4. Manejo de datos.
 - 2.5. Equipo requerido.
- 3. OPERACIONES BÁSICAS DE ANÁLISIS (SPA01TRR).
 - 3.1. Descripción.
- 4. CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE Y FILTRADO (SPA01CLT).
 - 4.1. Metodología empleada en la corrección y filtrado.
 - 4.2. Opciones y parámetros requeridos.
- 5. ANÁLISIS DE FOURIER (SPA01FFT).
 - 5.1. Metodología para calcular la FFT.
 - 5.2. Opciones: Factor de normalización y número de puntos.
 - 5.3. Suavizado.
- 6. ESPECTROS DE RESPUESTA (SPA01ESP).
 - 6.1. Método para el cálculo de espectros de respuesta.
 - 6.2. Opciones y parámetros necesarios.
- 7. OTROS ANÁLISIS .
 - 7.1. Función de amplificación relativa (SPA01FAR).
 - 7.2. Distribución de la aceleración (SPA01DAC).
- 8. TAREAS DE APOYO .
 - 8.1. Conversión de datos a formato SPA (TO-SPA01).
 - 8.2. Listados de T-A y T-A-V-D (SPA01LA).
 - 8.3. Listados del espectro de Fourier.
 - 8.4. Listado del espectro de respuesta (SPA01LES).
 - 8.5. Graficación mediante el paquete PLOTXY.
- 9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.
- A. APÉNDICES.
 - A.1. Archivos en disco con formato SPA_01.
 - A.2. Instrucciones para graficación mediante PLOTXY.

0. RESUMEN

0. RESUMEN.

Para llevar a cabo el procesamiento y análisis de acelerogramas, se diseñó e implementó en PC un sistema de programas para realizar las tareas más comunes. El sistema consta de un conjunto de cinco programas principales y varios de apoyo que incorporan los algoritmos más usados en este tipo de proceso.

Los programas que forman la versión 01 del Sistema para Proceso de Acelerogramas en PC (SPA_01PC) son los siguientes: SPA01TRR el cual realiza operaciones básicas de integración, interpolación y generación de señales de prueba, así como restar la media, escalar el registro, calcular el valor *rms*, etc; el programa SPA01CLT que realiza corrección de línea base, corrección instrumental e integración, para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento corregidos mediante el método de filtrado digital desarrollado en el Instituto Tecnológico de California. Para el cálculo de la transformada rápida de Fourier (FFT) se emplea el programa SPA01FFT, el cual realiza opcionalmente un suavizado de la transformada calculada; SPA01ESP permite calcular los espectros de respuesta para 5 amortiguamientos y hasta 98 periodos preestablecidos o, a selección del usuario, para el amortiguamiento y periodos que se requieran. Los espectros de respuesta calculados son de aceleración absoluta, de velocidad relativa y desplazamiento relativo. El programa SPA01FAR se diseñó para calcular la función de amplificación relativa, en el dominio de la frecuencia, entre dos acelerogramas.

Para convertir datos en caracteres ASCII al formato empleado en el sistema SPA_01 se emplea el programa TO-SPA01. Finalmente, se emplean los programas SPA01LA para obtener archivos para impresión de los resultados de tiempo, aceleración, velocidad y desplazamiento, y SPA01LES para los espectros de respuesta.

Todos los programas emplean un mismo archivo de datos de entrada, el

cual se va ampliando conforme se añaden resultados de los cálculos realizados, conservándose su misma estructura a lo largo de todo el proceso. El número máximo de datos que pueden analizarse en esta versión es de 7500 valores de cada uno de los siguientes vectores: tiempo y aceleración sin corregir, y tiempo, aceleración, velocidad y desplazamiento corregidos. La transformada de Fourier puede calcularse para hasta 8192 puntos, mientras que los espectros de respuesta se pueden determinar para 5 amortiguamientos y hasta 98 periodos.

La programación se realizó en FORTRAN 77 versión 05 para PC, con la finalidad de aprovechar al máximo las rutinas escritas por el autor u otros autores para el proceso de acelerogramas en otro equipo de cómputo, y de emplear las posibilidades de graficación que tiene dicho compilador. En esta versión 01 del sistema SPA no se pretende más que implementar una valiosa herramienta para el proceso y análisis de acelerogramas, por lo que se recomienda, para la presentación de resultados finales, el programa para graficación PLOTXY desarrollado en Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego, USA (Parker y Shure, 1984; Olson y Woodward, 1985), o alguno otro similar.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. GLOSARIO.

1.2. RECONOCIMIENTOS.

1. INTRODUCCIÓN.

Los sismos de septiembre de 1985 proporcionaron una valiosa colección de datos de amplio interés de la comunidad de ingeniería para conocer las características de los movimientos que afectan a las estructuras, lo cual dio origen a una importante expansión en el número de instrumentos que se emplean para registro de temblores fuertes en el país. Desde entonces no solo se cuenta con instrumentos para registro sísmico en centrales eléctricas de CFE y la importante red de acelerógrafos de Instituto de Ingeniería de la UNAM, únicos sistemas en operación durante el sismo de 1985, sino que otras instituciones, como el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), participan en la instalación y operación de acelerógrafos en sitios en donde se desarrollan nuevos proyectos, en ciudades de importancia, en lugares con características especiales del suelo, etc. Actualmente el número de acelerógrafos en el país alcanza cerca de los 200 aparatos.

Consecuentemente, el número de registros obtenidos se ha incrementado sustancialmente en los últimos años, saturando los equipos de cómputo empleados tradicionalmente para su proceso, lo que hizo necesario la búsqueda de otras opciones que diversificaran y ampliaran las posibilidades de análisis mediante el empleo de computadoras de tipo personal (PC), las cuales presentan opciones de capacidad y velocidad comparables con equipos de cómputo medianos, al alcance de cualquier oficina o departamento.

Por tales motivos, se realizó el diseño, programación, implementación y pruebas de un sistema de programas para realizar las tareas principales de proceso y análisis de acelerogramas en computadora tipo PC, en donde se tomaron en consideración la gran variedad de instrumentos para registro que se tienen en operación en el país, tanto por CENAPRED como por otras instituciones.

En el capítulo 2 se describen las principales características del Sistema para Proceso de Acelerogramas (SPA_01), la filosofía empleada en su diseño, su forma de operación, y los alcances y limitaciones

generales para todo el sistema. En el capítulo 3 se incluye la descripción de los algoritmos empleados, y el manual de operación del programa SPA01TRR para realizar las operaciones básicas de proceso. En los capítulos 4, 5 y 6 se describen las metodologías empleadas en los cálculos y el manual de operación de los programas SPA01CLT, SPA01FFT y SPA01ESP, para la corrección de línea base, estimación de la transformada de Fourier y el cálculo de los espectros de respuesta, respectivamente.

El programa SPA01FAR, para el cálculo de la función de amplificación relativa entre dos sitios, se describe en el capítulo 7, y en el 8 se incluyen las características y modo de empleo de varios programas auxiliares de entrada y salida de datos y resultados, entre los que se incluye un paquete desarrollado en la Universidad de California en San Diego para la elaboración de gráficas en impresora láser HP.

Las partes básicas del sistema SPA_01, principalmente los algoritmos empleados en los cálculos, son similares en todas las versiones desarrolladas. El código se ha cambiado únicamente en las secciones que dependen del equipo de cómputo existente, aunque se ha tratado de hacerlo independiente del hardware para permitir su ejecución en cualquier equipo que reúna las características que se indican en el capítulo 2.

1.1. Glosario.

A continuación se incluye una descripción de los parámetros principales, y sus unidades, empleados por el sistema SPA_01, así como de otros datos, abreviaturas o comentarios para una mejor comprensión de los capítulos siguientes.

Datos generales:

#	Número del dato presentado.
Δ	Distancia al epicentro, en km.
Δt	Incremento en tiempo, en s.

A	Aceleración corregida, en <i>gals</i> o cm/s^2 .
A _o	Aceleración inicial, en <i>gals</i> o cm/s^2 .
A _e	Aceleración estática (corrimiento de cero), en <i>gals</i> .
ASC	Aceleración sin corregir, en <i>gals</i> o cm/s^2 .
D	Desplazamiento corregido, en <i>cm</i> .
D _o	Desplazamiento inicial, en <i>cm</i> .
D _f	Desplazamiento final, en <i>cm</i> .
DT	Incremento en tiempo de los vectores corregidos, en <i>s</i> .
FLAG	Indicador de memoria ocupada (.T.) o libre (.F.).
IENCA	Encabezado del archivo con los parámetros principales.
H	Profundidad del hipocentro, en <i>km</i> .
LAT, LON	Latitud y longitud del epicentro del sismo, en <i>grados</i> .
NAME	Nombre del archivo que se está procesando.
NP	Número de puntos de los vectores corregidos.
NPSC	Número de puntos de los vectores sin corregir.
T	Tiempo corregido a intervalos constantes, en <i>s</i> .
TSC	Tiempo sin corregir, a intervalos constantes o no, en <i>s</i> .
V	Velocidad corregida, en cm/s .
V _o	Velocidad inicial, en cm/s .
V _f	Velocidad final, en cm/s .

Espectro de Fourier:

DF	Incremento en frecuencia del espectro de Fourier, en <i>Hz</i> .
FFTA	Transformada de Fourier, en cm/s^2 , cm/s , <i>cm</i> , <i>cm-s</i> según datos de entrada y factor de normalización usado.
FFTMAX	Valor máximo de la transformada de Fourier, en las unidades de FFTA (cm/s^2 , cm/s , <i>cm</i> o <i>cm-s</i>).
NFFT	Número de puntos de la transformada de Fourier.

Corrección instrumental y de línea base:

BASILI	Corrección al método de CALTEC desarrollada en el Instituto de Ingeniería, UNAM.
CALTEC	Método de corrección instrumental y de línea base desarrollado en el Instituto Tecnológico de California.
F1	Frecuencia de corte pasa altas del filtro, en <i>Hz</i> .
F2	Frecuencia de inicio pasa altas del filtro, en <i>Hz</i> .

F3	Frecuencia de inicio pasa bajas del filtro, en Hz.
F4	Frecuencia de corte pasa bajas del filtro, en Hz.
FN	Frecuencia natural del sensor, en Hz.
ZN	Amortiguamiento del sensor, fracción del crítico.

Espectros de respuesta:

AMOR	Valores de los amortiguamientos, por ciento del crítico.
NAMOR	Número amortiguamientos.
NPER	Número de periodos.
PER	Periodos de los espectros de respuesta, en s.
SA	Espectro de aceleración absoluta, en cm/s^2 .
SD	Espectro de desplazamiento relativo, en cm.
SV	Espectro de velocidad relativa, en cm/s.

Otras abreviaturas:

CALTEC	Instituto Tecnológico de California o método de corrección de acelerogramas desarrollado allí.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CR	Equivalente a presionar la tecla <i>ENTER</i> o <i>RETURN</i> .
gal	Unidad de aceleración equivalente a $1 cm/s^2$.
Idel	Instituto de Ingeniería, UNAM.
mps	Número de muestras por segundo.
path	Trayectoria y nombre para leer un archivo en el que se incluye unidad de disco, directorio y subdirectorío (s) limitado a 30 caracteres.
PC	Computadora personal, indistintamente XT o AT.
PC-AT	Computadora personal tipo AT.

1.2. Reconocimientos.

El presente trabajo fue desarrollado en el Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (CENAPRED-SG) y en la Gerencia de Ingeniería Experimental y de Control de Comisión Federal de Electricidad (GIEC-CFE), por lo que se reconoce el importante apoyo de ambas instituciones, en especial del Lic. Salvador

Pomar, Director General, el Dr. Roberto Meli, Director Técnico, y el MenI Roberto Quaas, del CENAPRED-SG, y de los ingenieros Edmundo Moreno, Gerente, y Jorge Borbón, Subgerente, de GIEC-CFE.

Parte del trabajo previo se llevó a cabo en la Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, de donde se tomaron los principales lineamientos para el proceso avanzado de acelerogramas de un trabajo realizado anteriormente por Mena y Carmona, 1985.

Un importante grupo de personas aportaron valiosas ideas y comentarios durante el transcurso de las etapas que llevaron a la conclusión de este trabajo, entre las que destacan Leonardo Alcántara y Marco A. Macías de IdeI-UNAM, Mario González de GIEC-CFE y, principalmente, Roberto Quaas y Shri K. Singh del IdeI-UNAM y CENAPRED.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.

2.1. OBJETIVO.

2.2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA SPA_01PC.

2.3. ALCANCES Y LIMITACIONES.

2.4. MANEJO DE DATOS.

2.5. EQUIPO REQUERIDO.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.

2.1. Objetivo.

El objetivo del sistema SPA_01PC es proporcionar al usuario de una herramienta sencilla para el análisis básico de los registros obtenidos en acelerógrafos de temblores fuertes, realizando las tareas más comunes de proceso de señales, entre las que destacan la corrección de línea base mediante filtrado digital, el cálculo de espectros de respuesta y la estimación de la transformada rápida de Fourier.

El proceso básico que se realiza en el sistema SPA_01PC está diseñado para: presentar el acelerograma de la manera más concisa y útil; examinar la información para remover los datos innecesarios y retener los que son esenciales para describir el movimiento; determinar los parámetros que mejor describan el efecto del sismo en el sitio; obtener datos que puedan ser relacionados con otras características del evento; y obtener información que pueda ser relacionada con otros eventos u otros sitios.

Para cubrir cada uno de los conceptos indicados, se ha implementado una serie de programas interactivos, en donde los algoritmos empleados para cada una de las tareas principales son los más conocidos en la literatura, de manera que el proceso realizado sea similar al que se usa en otras instituciones nacionales y del extranjero, y permita al usuario tener bases de comparación globales de los resultados que obtenga.

2.2. Descripción y características del sistema SPA_01PC.

El sistema SPA_01PC está formado por un conjunto de nueve programas para computadora PC-AT, cada uno de los cuales realiza una o varias operaciones independientes del proceso básico para analizar

acelerogramas de temblores fuertes y, en general, cualquier serie de tiempo. Para la presentación final de resultados impresos, el sistema requiere del apoyo de un paquete comercial de graficación en impresora o plotter, donde las gráficas deberán configurarse de acuerdo con el equipo disponible. Sin embargo, para apoyar al usuario en las diversas etapas de cálculo, el paquete es capaz de mostrar en la pantalla varias gráficas con el resultado de la operación realizada.

En el diseño se consideró la posibilidad de que los datos provengan de diversos tipos de instrumentos: analógicos con registro en película (Kinematics SMA-1), en los cuales se requiere de un proceso de conversión análogo-digital externo; digitales con registro en cassette, en formatos empleados por los fabricantes Instituto de Ingeniería (ADII-2), Terra Technology (DCA-333, DCA-300) y Kinematics (DSA-1); o digitales con registro en memoria (Instituto Ingeniería ADII-4, Terra Tech DCA-333R e IDS-3602, Kinematics SSA-1, Akashi SMAC-MD), por lo que se empleó un módulo por separado para convertir cada uno de los diferentes formatos en el estándar usado por el paquete SPA_01PC.

Dado que los datos pueden proceder de un variado tipo de instrumentos de diversos fabricantes, con formatos y medios de almacenamiento diferentes, se emplea el programa TO-SPA01 para uniformizar los archivos con los datos que se analizarán. Una vez que se llevó a cabo esta tarea preliminar, cada uno de los demás programas del sistema es independiente de los demás, en cuanto al proceso que realiza y su ejecución. Todos ellos comparten entre sí la estructura, manejo y almacenamiento de los datos a analizar y resultados obtenidos, y se ha procurado evitar la creación de algún conflicto por la falta o presencia de algún resultado de un proceso previo.

En algunos casos obvios, una tarea dependerá de la previa realización de otra, como listar espectros de respuesta, listar velocidad y desplazamiento, o calcular espectros de respuesta o de Fourier de datos corregidos. En los casos en que es posible, los programas

llevarán a cabo en proceso seleccionado con los datos existentes en ese momento, reduciendo el número de interrupciones innecesarias. Cuando no es posible efectuar el proceso indicado, el programa correspondiente envía un mensaje al usuario señalando la causa del error encontrado.

Para cumplir con lo anterior, y para asegurar que las tareas a realizar son congruentes, se ha provisto al sistema de los valores extremos de los parámetros que el usuario debe proporcionar durante la ejecución, con los cuales se hace una verificación de que los valores proporcionados se encuentren dentro de límites razonables. Asimismo, se han asignado los valores más comunes de la mayoría de las respuestas que el sistema seleccionará con solo presionar la tecla ENTER (*RETURN*).

Codificación:

El código de todos los paquetes que forman el sistema SPA_01PC se escribió en lenguaje FORTRAN 77, versión 5.0 de Microsoft con la finalidad de aprovechar al máximo el uso de subrutinas escritas por el autor u otros autores para el análisis de acelerogramas en computadora. En algunos casos fue necesario modificar totalmente el código de alguna subrutina para que fuese compatible con esta versión del lenguaje. Los programas principales son totalmente nuevos para darles la estructura y características específicas necesarias de acuerdo al equipo que se empleará.

Solo algunas pequeñas fracciones del código fuente se escribieron en lenguaje C, debido a que la versión empleada del FORTRAN no cuenta con todas las funciones requeridas. Entre ellas se encuentran las relacionadas con el sistema operativo (para obtener la lista de archivos en el directorio de trabajo, borrar la pantalla, etc) y algunas de interfase durante la graficación en pantalla.

El desarrollo del sistema SPA_01PC en módulos independientes permite, en caso necesario, realizar correcciones al código de alguno de ellos

sin afectar a los demás. Adicionalmente, en cada módulo o programa se agrupan en paquetes las porciones de código, o subrutinas, necesarias para llevar a cabo una tarea, o una parte de ella, con el fin de reducir al mínimo los intercambios de segmentos en memoria en el momento de su ejecución. Sin embargo, por las dimensiones del código o el tamaño de las variables de trabajo locales, un segmento puede estar ocupado por una sola subrutina.

Cada parte de cada programa (subrutina) se codificó en módulos separados para facilitar su compilación, depuración y pruebas, así como para emplearlas en algún otro programa en caso de requerirse. De esta manera, cada programa o módulo del sistema SPA_01PC se compone del conjunto de subprogramas (subrutinas) necesarios para efectuar el proceso para el que fue diseñado, en cada uno de los cuales se efectúa a su vez una sola tarea, con lo cual es posible realizar cambios en alguno, global o localmente, de manera sencilla.

Compilación:

Se empleó el compilador FORTRAN 77 de Microsoft, versión 5.1, y el LINK versión 5.1. de Microsoft. En el manual de programación del paquete SPA_01PC, de circulación restringida, se indican el orden y la manera que deben proporcionarse en el momento de emplear el LINK.

La compilación de cada uno de los programas, y las rutinas necesarias, se realizó considerando el empleo de enteros "cortos" (16 bits), para reducir el espacio requerido en memoria, y la opción de contar con coprocesador numérico, para emplearlo en caso de que se encuentre instalado, mediante la siguiente instrucción:

```
FL /412 /0x /G2 /FP1 /c filename
```

Una vez compiladas sin error, se procede a generar el programa ejecutable mediante el comando LINK, incorporando al módulo todas las rutinas necesarias e indicándole las siguientes bibliotecas:

```
PLOTS.LIB, GRAPHICS.LIB, LLIBFORE.LIB (default)
```

Al realizar este paso, se agrupan varias rutinas de un mismo bloque en segmentos de código para producir el programa ejecutable compuesto de varios módulos que no residen simultáneamente en memoria (conocidos como overlays) y que, en el momento de su ejecución, se leen del disco cuando son requeridos por el proceso que se realiza. Por tal motivo, es recomendable que el sistema SPA_01PC resida en disco duro o disco virtual para acelerar su ejecución.

La biblioteca PLOTS.LIB, diseñada por el autor para esta aplicación, contiene los módulos necesarios para manejar la graficación en pantalla a color tipo EGA o VGA, entre los que destacan los empleados para dibujar líneas, trazar ejes lineales y logarítmicos, escalar datos, etc. Aunque esta biblioteca está diseñada para emplear monitor a color, es posible ejecutar el sistema en uno monocromático. Las dos restantes, GRAPHICS.LIB y LLIBFORE.LIB, las proporciona Microsoft en su versión 05 del FORTRAN .

2.3. Alcances y limitaciones.

Al realizar el diseño del SPA_01PC se tomaron en cuenta las principales características y limitaciones de los datos a procesar, de los resultados que se desean obtener y de la forma en que comunmente se presentan, así como las especificaciones del equipo disponible en donde se empleará con regularidad.

Durante las etapas de definición de las características del sistema SPA_01PC se consideró primordialmente la longitud de los acelerogramas que se procesarán, por lo que se buscó que el sistema fuese capaz de manejar el mayor número de datos posible, reduciendo el código al indispensable para llevar a cabo las tareas previstas. De esta manera se logró que puedan residir en memoria los datos necesarios para realizar el proceso de corrección de línea base (el que requiere de mayor espacio) de un acelerograma de 7500 puntos, lo cual significan 75 segundos de un registro con 100 muestras por segundo, 150 s con 50

mps y 300 s con 25 mps.

En el caso del paquete SPA01CLT, el más desfavorable, se ha logrado operar los datos de tiempo y aceleración sin corregir, y tiempo, aceleración, velocidad y desplazamiento corregidos, además de variables de trabajo intermedias, de 7500 puntos cada uno, además de la pantalla de graficación y el código a ejecutar, sin emplear módulos de expansión de memoria que limitarían la operación del sistema SPA_01PC a solamente computadoras con memoria adicional a la estándar.

2.4. Manejo de datos.

Los datos se almacenan en archivos binarios en alguna de las unidades de disco de la PC-AT que se esté empleando, comúnmente en el directorio de trabajo del usuario. Durante la ejecución de cada uno de los programas del sistema SPA_01 se leen los datos que se operarán, almacenándolos temporalmente en memoria. Una vez obtenidos los resultados de la operación realizada, el usuario tiene la opción de almacenarlos en disco, con lo cual el programa preguntará el nombre del archivo.

La estructura de todos los archivos en binario es la que se muestra en la figura siguiente:

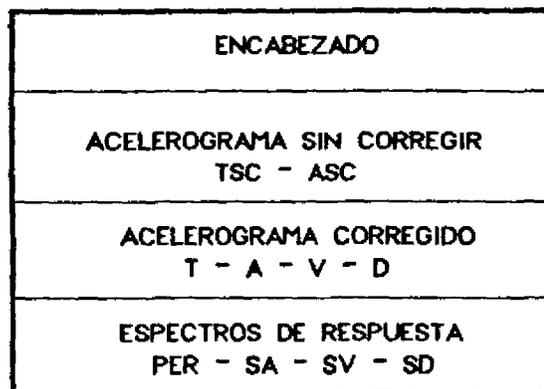


Figura 2.1. Diagrama de bloques de un archivo de datos SPA_01PC.

De acuerdo con la figura, cada archivo consta de un encabezado, llamado IENCA, en donde se almacenan los datos más importantes del acelerograma, entre los que destacan los indicadores del número de puntos que contienen los siguientes bloques del archivo. A continuación se almacenan los datos de tiempo y aceleración originales, llamados sin corregir (TSC-ASC), hasta el número de puntos correspondiente (NPSC). Un tercer bloque contiene los resultados de la corrección de línea base e instrumental (T-A-V-D), en caso de que se haya realizado, hasta NP puntos. Finalmente, el último contiene los valores de los espectros de respuesta, periodos y amortiguamientos (PER-SA-SV-SD), si ya fueron calculados.

Cada archivo constará del encabezado y de uno a tres bloques de datos, dependiendo de si se ha realizado algún proceso o no, y si se guardaron los resultados del mismo. Con estos archivos el usuario podrá optar por realizar alguna tarea y almacenar los resultados en una archivo similar o en el mismo. En el primer caso los resultados previos no se destruyen, y en el segundo se reescribe el archivo perdiéndose la información anterior del bloque o bloques que sufrieron modificaciones.

Como puede observarse, el resultado de la transformada rápida de Fourier (FFT) no se almacena en el archivo de datos y resultados, ya que el algoritmo empleado en su obtención es bastante eficiente y rápido, por lo que en caso de requerirse, deberá calcularse nuevamente. Es posible almacenar dichos resultados en archivos temporales para su posterior graficación. El almacenamiento de algunos otros resultados se deja a elección del usuario.

2.5. Equipo requerido.

El sistema SPA_01 fué diseñado para emplearse en una computadora personal PC-AT de cualquier marca, con los requerimientos mínimos que

se indican en la tabla siguiente:

Memoria principal:	640 Kb
Sistema operativo:	DOS 3.2 o superior
Monitor:	Monocromático o color tipo EGA o VGA
Disco duro:	Opcional, recomendable
Disco removible:	1 de 1.2 Mb o de 720 Kb
Coprocador:	Opcional, deseable
Impresor/graficador:	HP Laser Jet plus

Aunque el sistema SPA_01PC puede ejecutarse desde una unidad de disco removible, se recomienda realizarlo desde una unidad de disco duro, o disco virtual, para reducir la velocidad de acceso al mismo durante la lectura de los segmentos que constituyen cada uno de los módulos. Para mayor información respecto a la velocidad de acceso a los discos se deberá consultar el manual del equipo empleado.

Durante el proceso se leerán los archivos que contienen los datos en los cuales se realizará el proceso y se guardarán, a selección del usuario, los resultados obtenidos, por lo que se deberá disponer de suficiente espacio de almacenamiento en disco (fijo o removible), considerando que los datos de tiempo-aceleración de un acelerograma de 10 segundos (a 100 muestras por segundo) ocupan unos 20Kb. El archivo con los resultados del proceso de corrección de línea base ocupa unos 60 Kb, y el que contiene los datos sin corregir, corregidos y espectros de respuesta requiere de unos 70 Kb para su almacenamiento. Queda a cargo del usuario tener el cuidado necesario para garantizar que los programas cuenten con el espacio requerido para su ejecución, lectura y almacenamiento de resultados.

3. OPERACIONES BÁSICAS DE ANÁLISIS (SPA01TRR).

3.1. DESCRIPCIÓN.

3.1.1. TAREAS DE CONTROL.

3.1.2. TAREAS DE ENTRADA.

3.1.3. TAREAS DE SALIDA.

3.1.4. TAREAS DE PROCESO.

3.1.5. COMENTARIO.

3. OPERACIONES BÁSICAS DE ANÁLISIS (SPA01TERR).

3.1. Descripción.

Este programa se encarga de realizar las tareas más comunes de apoyo para el proceso de acelerogramas en una PC-AT, de la manera más sencilla posible en su ejecución. Presenta las opciones en un MENÚ, agrupadas de acuerdo con su función, en cuatro secciones:

CONTROL: Tareas necesarias para ejecutar algún tipo de proceso de control o del sistema operativo.

ENTRADA: Agrupa las tareas de lectura de datos en disco o de generación de señales de prueba: senoidales o triangular.

SALIDA: Conjunto de tareas que se requieren para almacenamiento de datos en disco, generación de archivos para impresión, etc. Las tareas de graficación NO ESTAN IMPLEMENTADAS en esta versión, con excepción de PLOTA que despliega en pantalla el acelerograma.

PROCESO: Tareas necesarias para realizar algún cálculo con los datos o el acelerograma.

El usuario deberá escoger la opción deseada, indicándola con MAYÚSCULAS. En cada tarea se verifica que sea posible de ejecutarse, y se preguntan los datos necesarios de acuerdo al proceso. Además se verificarán que los parámetros proporcionados por el usuario permitan realizar el proceso. En caso afirmativo, el programa continuará su operación hasta terminar la tarea seleccionada, retornando al menú principal.

Si se selecciona una tarea no implementada, o el usuario se equivoca al presionar alguna tecla, no se produce error, solo se vuelve al menú principal.

En caso de opciones múltiples, el programa selecciona la primera de la lista presentada como la opción que ejecutará en caso de respuesta

nula (DEFAULT), por lo que en la mayoría de las preguntas de dos opciones basta con presionar ENTER para que continúe, agilizándose la ejecución. En todos los casos, la verificación automática de los datos proporcionados por el usuario conducirá a que el programa señale el error en caso de que exista y vuelva a preguntar el parámetro en conflicto, o retorne al menú principal sin realizar la tarea.

3.1.1. Tareas de CONTROL.

BORRA Borra un archivo seleccionado del disco de trabajo. El archivo no podrá ser recuperado.

CTES Permite la entrada de nuevos valores numéricos o alfanuméricos al vector de encabezado. El usuario deberá indicar el parámetro que desea modificar, seleccionando el número indicado en la lista que aparece en pantalla, y proporcionando el valor deseado.

DIR Despliega el directorio del disco de trabajo.

INICIA Borra el contenido de la memoria, dando valor de cero a los apuntadores numéricos y de espacio en blanco a los alfanuméricos.

FIN Termina ejecución del programa. Despliega mensajes finales.

3.1.2. Tareas de ENTRADA.

GENERA: Genera el vector resultante de la suma de hasta 20 senoides amortiguadas, con amplitud, periodo, ángulo de fase y amortiguamiento diferente para cada una. Se preguntarán al usuario el número de senoides, y el total de puntos (NPSC) e incremento en tiempo (DT en s) generales para todas. La amplitud (en cm/s^2), periodo (en s) y ángulo de fase (en grados) de cada una se proporcionan por el usuario en una etapa posterior de preguntas.

LEEDIS: Lee de disco un acelerograma o archivo de datos grabado

en formato SPA_01. La señal leída puede estar completamente procesada con anterioridad o ser una en la que se iniciará el proceso. Se puede dar una trayectoria (*path*) diferente al del directorio de trabajo.

De acuerdo con las características del sistema operativo DOS, el nombre de un archivo puede tener hasta 8 caracteres, seguidos de una extensión de hasta tres más. El total del *path* puede tener hasta 30 caracteres.

TRIAN: Genera una señal triangular de amplitud (en cm/s^2) y periodo (en s) determinados por el usuario. El incremento de tiempo (DT en s) y número de puntos (NPSC) también deberán ser proporcionados.

La señal triangular generada tiene las características de la figura 3.2, iniciando con una rampa de subida hasta alcanzar la amplitud máxima en el tiempo equivalente a $1/4$ del periodo. Continúa con una rampa descendente que cruza el eje x en $1/2$ periodo, llegando hasta un mínimo igual a la amplitud con signo negativo en tiempo igual a $3/4$ del periodo, iniciando nuevamente una rampa de subida hasta llegar al eje x en el periodo indicado. En caso de que la amplitud seleccionada sea negativa, la señal generada tiene características similares con sentido contrario (descendentes en vez de ascendentes).

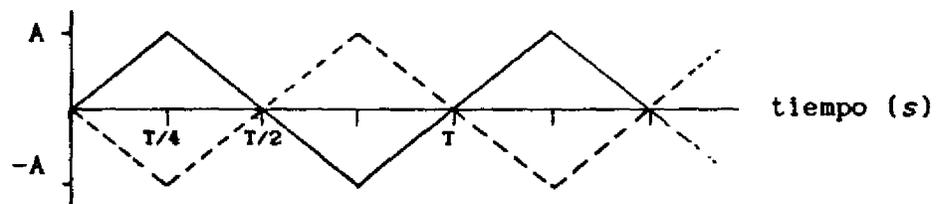


Figura 3.2. Características de la señal triangular.

3.1.3. Tareas de SALIDA.

SAVE: Guarda en disco un archivo con el resultado del proceso efectuado previamente. Se puede indicar un *path* que corresponda a otro

directorio diferente al de trabajo. El programa tiene la opción de reescribir el archivo original con los nuevos valores resultantes de las operaciones efectuadas, o almacenar los datos en un nuevo archivo.

REPORT: Despliega en pantalla los parámetros más importantes de un acelerograma o de una señal de prueba. Opcionalmente se puede generar un archivo para su posterior impresión con el nombre T-REPORT. Emplea dos pantallas del monitor para mayor claridad en la presentación de la información.

IMPAVD: Genera un archivo ASCII para su posterior impresión o distribución, con los datos de Tiempo-Aceleración sin corregir, o Tiempo-Aceleración-Velocidad-Desplazamiento corregidos. Al inicio del archivo coloca un encabezado con los parámetros más importantes del registro.

PLOTA: Grafica en pantalla el acelerograma o señal que se encuentra en la memoria. Esta opción permite al usuario examinar la señal que está analizando.

3.1.4. Tareas de PROCESO.

CORTA: Corta un acelerograma o una señal de prueba entre dos puntos indicados. Tiene las siguientes opciones: proporcionar los tiempos inicial y final del tramo seleccionado, o los índices inicial y final del mismo. Los datos descartados, antes del tiempo o índice inicial y después del tiempo o índice final, no son recuperables a menos que se vuelva a leer el archivo original.

DIEZMA: Realiza un diezmado del acelerograma. El diezmado consiste en tomar uno de cada 2,3,4,5...10 puntos, eliminando los demás. Si se indica un valor de 1 no realiza la tarea y vuelve al menú principal. En caso de que por error se indique un número negativo o cero, el factor de diezmado se hace igual a 1.

Los datos descartados no son recuperables a menos que se vuelva a leer

el archivo original.

ESCALA: Multiplica las aceleraciones por un factor de escala, FE. El factor seleccionado puede ser cualquier número real, positivo o negativo. El factor -1. indica un cambio en la polaridad del acelerograma.

$$(a_i)_{new} = (a_i)_{old} * FE \quad (3.1)$$

Los valores a pueden ser de la aceleración sin corregir (ASC) o corregida (A).¹ Como consecuencia de esta operación se borran de la memoria los vectores de velocidad y desplazamiento en caso de que existan.

INTEG: Integra el acelerograma o la señal de prueba, mediante el método de Simpson ¹/3 modificado, para registros con DT constante, o el método beta de Newmark para registros con DT no constante ($\beta = 1/6$). Ambas opciones preguntan al usuario los valores iniciales de la velocidad, V₀, y desplazamiento, D₀, haciéndolos igual a 0 (cero) en caso de respuesta nula.

En el caso del método de Simpson ¹/3, para llevar a cabo la integración numérica de un acelerograma a intervalos constantes, se emplea el algoritmo:

$$v_i = \frac{\Delta t}{12} (5 a_{i-1} + 8 a_i - a_{i+1}) + v_{i-1} \quad (3.2)$$

$$v_{i+1} = \frac{\Delta t}{3} (a_{i-1} + 4a_i + a_{i+1}) + v_{i-1} \quad (3.3)$$

$$d_i = \frac{\Delta t}{24} (7 a_{i-1} + 6 a_i - a_{i+1}) + \Delta t v_{i-1} + d_{i-1} \quad (3.4)$$

$$d_{i+1} = \frac{\Delta t^2}{3} (2 a_{i-1} + 4 a_i) + 2 \Delta t v_{i-1} + d_{i-1} \quad (3.5)$$

para $i = 2, 4, 6, 8, \dots, NP$ o $NP-1$, $v_1 = V_0$ y $d_1 = D_0$.

En el método beta de Newmark se emplea el siguiente algoritmo:

$$\Delta t = t_1 - t_{1-1} \quad (3.6)$$

$$v_1 = \frac{\Delta t}{2} (a_{1-1} + a_1) + v_{1-1} \quad (3.7)$$

$$d_1 = \frac{\Delta t^2}{6} (2a_{1-1} + a_1) + \Delta t v_{1-1} + d_{1-1} \quad (3.8)$$

para $i = 2, 3, 4, \dots, \text{NPSC}$, $v_1 = V_0$ y $d_1 = D_0$.

INTERP: Interpola el acelerograma a un incremento de tiempo dado. Se emplea el método de Lagrange de tercer grado para la interpolación. Se deberá indicar el incremento en tiempo deseado entre dos puntos consecutivos, DT (en s). En este método se ajusta una parábola cúbica entre los dos puntos anteriores y los dos siguientes al que se desea interpolar (Scheid 1972; Conte y DeBoor 1980; McCracken y Dorn 1980).

MEDIA: Calcula el promedio aritmético del acelerograma, restándolo de los datos a elección del usuario. El valor medio se calcula como:

$$\sum_{i=1}^N \frac{a_i}{N} \quad (3.9)$$

donde a_i pueden ser los valores de la aceleración sin corregir (ASC) o corregida (A), y N es el número de puntos correspondiente (NPSC o NP).

RMS: Calcula el valor medio cuadrático de la aceleración (rms) mediante la expresión:

$$\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^2 \right]^{1/2} \quad (3.10)$$

donde a_i pueden ser los valores de la aceleración sin corregir (ASC) o

corregida (A), y N es igual a NPSC o NP, según el caso.

3.1.5. Comentario.

Una de las principales ventajas del programa SPA01TRR es la capacidad de generar señales conocidas para prueba, en donde los resultados que deben obtenerse de la aplicación de muchos de los algoritmos son conocidos. Por tal motivo, es además una valiosa herramienta para que usuarios con poca experiencia en el proceso de señales, particularmente de acelerogramas, por lo que se recomienda su amplio uso mientras el usuario se familiariza con los algoritmos, la forma de funcionamiento de los programas, y la presentación de resultados.