

251
2/1



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE
ACELEROGRAMAS**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N :

**NICOLAS HERNANDEZ FLORES
SALVADOR GOMEZ GARCIA**

DIRECTOR DE TESIS:
M. EN I. LEONARDO ALCANTARA NOLASCO



CIUDAD UNIVERSITARIA

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

- A** mi madre, a quien agradezco infinitamente, por darme todo su apoyo, cariño y confianza para llegar a la culminación de este trabajo.
- A** mi padre por darme la vida y por sus consejos.
- A** mis hermanos: Manuel, Teresa, Fernando, Jorge, Gloria, Martín y Angélica por brindarme todo su apoyo y por estar siempre unidos.
- A** mis queridos sobrinos, a los cuales les dedico este trabajo en forma especial, ya que espero que cuando llegue el momento de decidir su camino, tomen en cuenta que siempre habrá alguien que los apoyará.
- A** cada uno de mis apreciados amigos con los que he compartido gratos momentos.
- A** Salvador por su apoyo y esfuerzo realizado en la elaboración de este trabajo. Por aquellas momentos de alegría, discusiones y corajes que pasamos juntos.

Sinceramente
Nicolás

AGRADECIMIENTOS

A ti Señor Dios que me has guiado por el buen camino en esta vida cada día más difícil.

A ti Papá por enseñarme a luchar siempre en la vida y lograr ya sea tarde o temprano las metas que se propone uno mismo.

A ti Mamá por ese apoyo, cariño y educación que siempre me has brindado.

A ti Tita que siempre has estado al cuidado de mí desde pequeño.

A mis Hermanos (Toño, Lúpita y Blanca Itzel) con quienes he compartido muchas cosas.

A mi Esposa MariCarmen, en la cuál encontré el amor verdadero que yo estaba buscando y ahora con ella emprendo una nueva vida, en donde lucharemos juntos para ser felices.

A mis amigos y amigas burbújos que fueron y serán una parte importante en mi vida.

A mis Compadres que son unos excelentes amigos, personas que hasta el momento han demostrado lo que es una amistad verdadera.

A mi asesor de tesis M I. Leonardo Alcántara Nolasco por su amistad incondicional y su infinita paciencia.

A ti Nicolás por tenerme paciencia, por aguantarme en tiempos difíciles, por aquellos momentos de pelea, de alegría, de discusión, de tensión, etc.. gracias por mostrarme muy a tu manera, tu sinceridad y compañerismo.

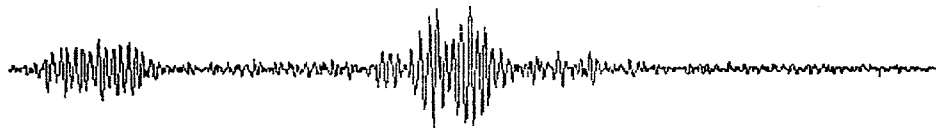
A todas las personas que de alguna forma me dieron su más sano consejo y apoyo para la culminación de este trabajo.

Sinceramente
Salvador

Zn agradecimiento muy especial al Instituto de Ingeniería por las facilidades que nos brindaron para la realización de este trabajo, así como a Citiali Perez, Marco A. Macias, Hector Sandoval y al Ing. Leonardo Alcántara por su valiosa ayuda y paciencia.

I. INTRODUCCION	2
II. EQUIPO DE COMPUTO	6
2.1 Prime 550	6
2.2 Estaciones de Trabajo y Servidor	11
III. PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS	16
3.1 Registro y Procesamiento de Acelerogramas	16
3.2 Archivo Estándar de Aceleración	21
3.3 Corrección de Acelerogramas	26
3.4 Análisis de Fourier	32
IV. SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS SPA01	36
4.1 Plataforma de diseño	38
4.2 Descripción general del Sistema	41
4.3 Alcances y Limitaciones	76
4.4 Mejoras del Sistema	77
V. CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS	82
BIBLIOGRAFIA	85
APENDICE A	87
APENDICE B	93

CAPITULO I



INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

La zona más activa del globo es sin duda el Cinturón de Fuego del Pacífico (Fig 1.1) y buena parte de nuestro país se encuentra situada en él.

Los principales sismos en México son causados por la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa Americana. La zona donde comienza se encuentra a pocos kilómetros de las costas de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco, por tanto, es cerca de allí donde se encuentra localizada la gran mayoría de los epicentros. Frente a las costas de Guerrero existe contacto entre dichas placas, que origina una profundidad oceánica conocida como la fosa o trinchera de Acapulco, en estas, la litosfera es consumida y regresa al manto a una velocidad aproximada de 7.5 cm en un año, este movimiento entre placas ocasiona prácticamente toda la actividad sísmica en la región sur de nuestro país. Se tienen también problemas sísmicos causados por la falla de San Andrés en Baja California y norte de Sonora, así como a lo largo del eje neovolcánico, que atraviesa el país de lado a lado en su parte central.

El estudio de la actividad sísmica ha cobrado gran importancia en los últimos años, debido a los daños que ha producido y más específicamente en la ciudad de México.

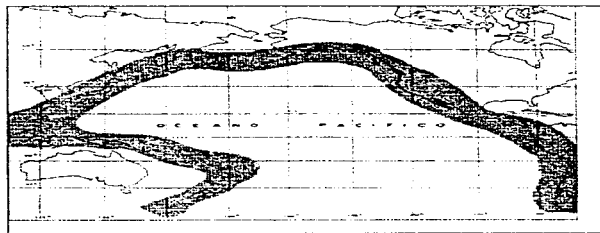


Figura 1.1 Cinturón de fuego del Pacífico

Un **sismo** es una perturbación súbita en el interior de la tierra, que da origen a vibraciones o movimientos del suelo, la causa principal es el rompimiento y fracturamiento de las capas más exteriores (como resultado de un proceso gradual de acumulación de energía) debido a los fenómenos geológicos que modifican la superficie de la tierra.

La **actividad sísmica** está asociada a la distribución y localización geográfica de los epicentros de un sitio de interés, y además se relaciona con la sismicidad de una región, en otras palabras, es la frecuencia con que se generan sismos de diferentes magnitudes en el área considerada. La **magnitud** de un sismo es una medida del tamaño del mismo, es independiente del lugar donde se hace la observación y se relaciona con la cantidad de energía que se libera durante el evento.

El **riesgo sísmico** de un área está relacionado con la intensidad de los movimientos esperados, siendo una medida de los efectos que un sismo produce en un sitio dado de su potencial destructivo, de las características del movimiento del terreno, de los efectos en las construcciones, y de la frecuencia con que se excedan movimientos de determinada intensidad.

Es tan limitada la experiencia y son tantas las incógnitas que se tienen en la ingeniería sísmica, que solo con aparatos que registren movimientos intensos y de los estudios derivados de ellos se puede esperar un mejor conocimiento del fenómeno, por lo que el registro instrumental de los sismos que ocurren en el país, es indispensable. Formular criterios de diseño más adecuados a los diversos tipos de suelos y estructuras.

Para el estudio de los eventos sísmicos ha sido necesario construir aparatos que registren los movimientos del terreno con una precisión que permita obtener información cuantitativa referente al temblor. Los instrumentos que actualmente se usan para esta fin se clasifican en dos grupos: **sismógrafos** y **acelerógrafos**.

Los **sismógrafos** registran la velocidad con que es excitado el sitio del registro y tienen aplicación principalmente ligadas a la sismología, en la determinación de estudios de propagación de ondas, características de la fuente que genero la actividad sísmica, etc. Por su parte los **acelerógrafos** miden la aceleración a que es sometida el área de registro y tienen una aplicación más enfocada a la ingeniería sísmica para el estudio de efectos locales en una determinada región, respuesta sísmica de suelos y estructuras, etc.

En la actualidad existen dos tipos de **acelerógrafos**: analógicos y digitales. Los primeros prácticamente en desuso, tienen entre sus características el registro en película y una electrónica muy limitada que los coloca en un nivel muy inferior en relación con los digitales, los cuales han mejorado sustancialmente debido a los avances en la electrónica y computación. Entre los avances más significativos se puede señalar, la gran capacidad de registro en estado sólido, el control más exacto del tiempo, la versatilidad para la grabación y exportación de datos, etc.

Al ocurrir los terremotos de septiembre de 1985 (Ref 1, 2, 3 y 4), México contaba con una red de cerca de 110 instrumentos para el registro de temblores fuertes. Diez años después, posee una extensa y moderna red de 438 estaciones acelerográficas que, además de cuadruplicar el número existente en 1985, está compuesta en su mayoría por equipos digitales de alta tecnología. Los cuales están localizados en las principales zonas sísmicas, con alta probabilidad de producir movimientos de gran intensidad. Esta instrumentación y el también extenso catálogo de más de 7600 acelerogramas registrados hasta la fecha, sitúan a México como uno

de los países mejor instrumentados. Lo anterior se debe al esfuerzo de instituciones como el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES), la Fundación ICA (FICA), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE), la Universidad Metropolitana y la Universidad Autónoma de Puebla.

Aunque el volumen existente de datos a nivel nacional es muy amplio y variado, se presentan sin embargo, dos problemas, el primero está asociado al formato de los datos, si bien la mayoría de los registros son digitales, provienen de muchos aparatos y cada institución los ha procesado con un formato propio, presentándose así una gran heterogeneidad de la información. El otro problema estriba en que muchos de estos datos no han sido publicados ni difundidos o son reservados a un pequeño grupo de investigadores. Para resolver estos problemas y con el objetivo de publicar y difundir en forma amplia la información, se realizó un importante esfuerzo coordinado mediante un convenio de colaboración entre las principales instituciones dedicadas a la instrumentación y registro sísmico del país. Y con el apoyo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, se compiló y estableció la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes. La cual está integrada por un catálogo de estaciones acelerográficas (Ref 5), un catálogo de acelerogramas (Ref 6) y finalmente un enorme banco de datos con todos los acelerogramas hasta la fecha recolectados, pero procesados en un nuevo formato estándar. Parte importante de este banco ha sido integrada en un disco compacto (Ref 7).

En el Instituto de Ingeniería se procesaban los datos de los acelerógrafos con el paquete de programas TERRE en la computadora PRIME-550, con el tiempo y los cambios constantes en el ámbito de la computación el sistema se volvió obsoleto, por lo cual fue necesario cambiar el equipo de cómputo, así como también actualizar y ajustar el "software" a las necesidades actuales. Por lo que se adquirió un equipo compuesto por un servidor SPARCserver 690 MP y estaciones de trabajo SPARCstation ELC de la marca SUN. Por lo que fue necesario desarrollar el Sistema de Procesamiento de Acelerogramas (SPA01) para realizar las principales tareas de proceso y análisis de acelerogramas, tal actividad incluyó el diseño, programación, implementación y pruebas de operación.

En el capítulo II se presentan las características principales del sistema de cómputo PRIME-550, así como las del nuevo. En el III se detallan los aspectos del procesamiento de acelerogramas desde el registro y adquisición de datos, la conversión al formato estándar de aceleración hasta el análisis de Fourier y la corrección de línea base. El capítulo IV describe el sistema SPA01 con los desarrollos implementados: procesamiento de los datos adquiridos, funciones básicas involucradas, corrección de acelerogramas, cálculo de Fourier, además de la forma de operación, los alcances y sus limitaciones. Las conclusiones del trabajo se incluyen en el V.

CAPITULO II



EQUIPO DE COMPUTO

II. EQUIPO DE COMPUTO

Como se había comentado los datos de los acelerógrafos se procesaban con el paquete de programas TERRE en la computadora PRIME-550, pero a raíz de los temblores del 19 de septiembre de 1985, el programa TERRE empezó a presentar algunos problemas, debido a sus limitaciones, algunas por ejemplo, son que los acelerógrafos tienen diferentes velocidades de muestreo por segundo (100, 200, 250, etc.) y el número máximo de datos que puede procesar el sistema TERRE es de 7500, si el acelerograma superaba dicha cantidad, no era posible procesarlo directamente, se necesitaba hacer ciertos arreglos eliminando información para ajustarlo a la cantidad antes indicada. Otro problema que se hizo patente fue la forma en que se tenía que hacer referencia a un registro, esto es, si se requería realizar un análisis de algún archivo, la intomación tenía que ser importada de cintas magnéticas y la búsqueda era demasiado lenta. Adicionalmente el mantenimiento de la computadora PRIME-550 también resultaba costoso, debido a que esta máquina contaba con un sistema de aire acondicionado, sus partes ya no eran tan sencillas de conseguir por el tipo de modelo, etc.; por lo que se decidió diseñar, programar e implementar este proceso en el nuevo equipo de cómputo (SPARCserver 690 MP y estaciones de trabajo ELC de SUN), dando origen al sistema SPA01.

2.1 PRIME - 550.

Prime fue una de las primeras computadoras en la cual se diseñaron los primeros programas con aplicaciones en ingeniería. En la serie se manejan 10 tipos de procesadores los cuales dependen del número de usuarios que soportan :

- Un usuario: Prime 100 y 200.
- 31 usuarios: Prime 300.
- 63 usuarios: Prime 350,400,450,500,550,650 y 750.

Cada procesador de la serie 50 ofrece características únicas en su arquitectura (Ref 8) :

- Prime 250 incluye 2 Kb de memoria cache para acelerar la ejecución de las instrucciones y minimiza los gastos generales del procesador.
- Prime 550 tiene 2 Kb de memoria cache para acelerar el ciclo de tiempo efectivo de la memoria, y aumenta la eficiencia en el tiempo de ejecución en los procesos implementados en el hardware como son: aritmética decimal, de punto flotante e instrucciones de cadena de caracteres.
- Prime 750 tiene una instrucción en la unidad del procesador para unir instrucciones y abrir el modo Entrada/Salida para tener una mayor eficiencia en la transferencia de datos.

Existe una completa compatibilidad con los diferentes procesadores que conforman la serie PRIME, es decir, programas desarrollados en un sistema 550 pueden ser ejecutados en un sistema 750 o en uno inferior como es el 350.

El procesamiento de acelerogramas realizado en la institución se llevaba acabo en un equipo Prime 550, en la figura 2.1 se muestra el diagrama de los elementos que lo conforman, entre los cuales se encuentran:

- Procesador P-550 MK-II.
- Consola.
- Dos unidades de disco de 80 Mb cada una.
- Unidad de cintas de 9 canales con densidad de 800 y 1600 bpi (bits por pulgada), consola de operación, tarjetas controladoras de líneas, de graficación y de impresión.
- Equipo de aire acondicionado, para mantener el control de humedad y temperatura.
- Tableros de transferencia y reguladores de transistores.
- Ploter - Graficador Versatec.
- Impresora Ati II.
- Terminales de video.

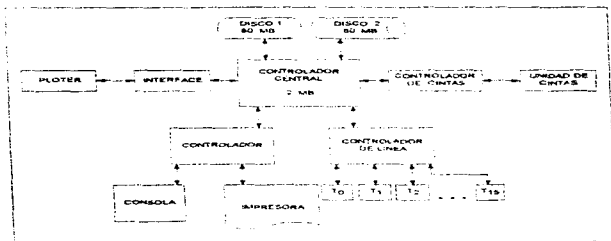


Figura 2.1. Configuración del sistema PRIME - 550.

Consola. Para llevar a cabo el control de la operación del equipo, se contaba con una terminal de vídeo modelo DM30, que se utilizaba como consola. Desde ésta se inicializaba el sistema.

Unidad de Cinta Magnética. Generalmente el proceso de acelerogramas requería del almacenamiento de datos en cintas magnéticas de 1400 y 2400 ft (pies) con una densidad de 16000 bpi. El trabajo con este tipo de almacenamiento es verdaderamente lento, ya que el tiempo que lleva leer un archivo de datos (sin incluir el tiempo de procesamiento en el CPU) está gobernado por el tamaño de los espacios entre los bloques, la densidad de registro y la razón de transferencia de la unidad de cinta.

Graficador Versatec. Para la elaboración de gráficas, se contaba con el dispositivo Versatec modelo V-8 Electrostatic Plotter/Printer. El cual es una unidad que permite imprimir hasta 1000 líneas por minuto, en gráficos imprime 1 pulgada cuadrada por segundo. El papel utilizado en este dispositivo es del tipo electrostático. Las dimensiones de este periférico son: 61 cm de largo, 61 cm de ancho y 25.4 cm de alto.

Impresora Ati II. La impresora Ati II es un periférico que permite enviar, desde cualquier terminal conectada a Prime, información que se requiera imprimir. Esta impresora, del tipo de matriz de puntos, permitía imprimir hasta 132 caracteres por renglón.

Terminales de vídeo. Las terminales de vídeo con las que se contaban eran de los modelos PT41, PT45 y Tektronix. Las características principales de estas terminales es que en las PT41 y PT45 se maneja texto exclusivamente, en cambio la Tektronix tenía la opción para texto como para gráficos.

Equipo de aire acondicionado. Para mantener la temperatura y humedad controladas, en el cuarto de cómputo, se cuenta con un equipo de aire acondicionado LIEBERT, el cual consiste de un módulo de control, humidificación/secado de aire y control de temperatura localizado en el mismo cuarto y un segundo módulo con los condensadores e intercambiadores de calor situado en la azotea del edificio.

Sistema de alimentación eléctrica. Para la correcta distribución de energía eléctrica se tiene una serie de tableros que permiten energizar al equipo en forma adecuada, un conjunto de tres reguladores para protección de sobre-voltaje, además de un interruptor que desconecta la computadora de la red comercial en caso de falla de energía.

Software. El sistema Prime utiliza el sistema operativo llamado PRIMOS, rev. 18.3. Cuenta con los compiladores de alto nivel como FORTRAN y FORTRAN-77, además del ensamblador PMA y un lenguaje para proceso de comandos CPL. Para complementar algunas funciones, se tienen librerías para graficación (Diplot e Irving), una para creación de base de datos (MIDAS) y las necesarias para los compiladores de FORTRAN.

Es posible crear programas en donde la programación no se realice en uno solo de los lenguajes, por lo que se tienen cargadores y segmentadores para acoplamiento, así como para el manejo óptimo de la memoria virtual. Se cuenta con un depurador de código (DEBUGER) para emplearse en la verificación de programas y de su funcionamiento.

Controlador central. Este es el procesador principal del equipo en donde se desarrollan todas las tareas y el encargado de controlar los dispositivos (Ref 9). Sus características principales son las siguientes:

Memoria Principal. Se cuenta con un total de 2 Mb de tecnología MOS que incluye memoria cache. La memoria principal de todos los sistemas de la serie 50 usa tecnología MOS, con una densidad de almacenamiento de hasta 64 Kb por "chip". La tarjeta lógica de memoria incluye código de corrección de errores para tener una integración con el hardware para una rápida transferencia de datos.

Memoria Cache. Su velocidad de acceso es de 80 nanosegundos. Funciona como un buffer entre el procesador central y la memoria principal.

El almacenamiento en memoria cache frecuentemente usa datos e instrucciones en una memoria bipolar de 2 Kb de alta velocidad. En gran parte, aumenta la velocidad del procesador para reducir el tiempo de acceso. Además, utiliza un algoritmo de escritura continua para reducir el número de fallos, así como reduce el tiempo de ejecución de las instrucciones.

Aritmética de punto flotante. El sistema Prime 550, con arquitectura interna de 32 bits, usa rufinos microcodificadas para implementar instrucciones de punto flotante en simple o doble precisión. El formato de la primera (32 bits) mantiene una exactitud de 7 dígitos, mientras la segunda (64 bits) de 14 dígitos significativos.

Manejo de la memoria virtual. La administración de la memoria virtual permite el fácil acceso de los múltiples usuarios a los diferentes recursos del equipo. Cada uno puede acceder un espacio de direcciones de 512 Mb de los cuales 32 Mb están reservados para programas y datos privados. El espacio de direcciones faltantes está asignado para programas compartidos, datos, librerías y PRIMOS. El sistema operativo se encuentra en la parte más alta de la memoria virtual, es reducido y todas sus funciones son habilitadas para cada usuario.

El tamaño de palabra que el procesador puede manejar es de 32 bits.

Facilidad en el cambio de procesos. El sistema permite realizar el cambio de un proceso a otro con facilidad. Automáticamente se encarga de fijar el tiempo involucrado en la suspensión de un proceso y la inicialización de otro. Esto permite que al instante se despache la ejecución de los procesos, reordenando la de los faltantes, sin intervención del software.

Conjunto de registros. Cada sistema de la serie 50 tiene 128 registros en el hardware de 32 bits, dividida en 4 secciones. Una controla el firmware¹ y funciones del sistema operativo. Otra controla los 32 canales de alta velocidad del DMA (Acceso Directo a Memoria) del procesador. Las restantes dos contienen los registros usados para activar procesos, llamadas CRS (Conjunto de registros recientes) y ORS (Otro conjunto de registros) son asignados por la facilidad de cambio de procesos.

Ambiente multi-segmento. La serie opera en un ambiente multi-segmento el cual incluye uno de pila para variables locales, otro de instrucción o procedimiento, y uno más de encadenamiento para alojar estáticamente variables y ligar datos comunes. El modo de direccionamiento provee el acceso a la pila y variables ligadas. La arquitectura de la pila optimiza la eficiencia de las operaciones así como la llamada a subrutinas, pasando

¹ firmware: Software implementado en memorias de solo lectura (ROM) o programables (PROM), por el fabricante quien es el responsable del funcionamiento de las partes que conforman a la computadora

parámetros, evaluación de expresiones aritméticas, y asignación dinámica de almacenamiento temporal.

Entrada/Salida. Prime 550 soporta operaciones directas a memoria de entrada/salida con los siguientes modos de acceso:

- DMA (Acceso Directo a Memoria) : provee una velocidad de transferencia de 2.5 Mb por segundo para periféricos de alta velocidad.
- DMC (Control Directo a Memoria) : proporciona una velocidad de transferencia de 960 Kb por segundo para periféricos de media velocidad.
- DMT (Transferencia Directa a Memoria): entrega una velocidad de transferencia de 2.5 Mb por segundo para controladores de alta velocidad, así como para los controladores del movimiento de las cabezas del disco.
- DMQ (Acceso directo utilizando estructura de colas): se posee una cola circular para comunicación de dispositivos.

2.2 ESTACIONES DE TRABAJO Y SERVIDOR

Los sistemas de computación distribuidos se han desarrollado como un competidor del enfoque centralizado tradicional de los sistemas de cómputo. A medida que se desarrollaban métodos para interconectar procesadores y otros dispositivos, se realizaron experimentos para investigar como variaba el servicio dado a los usuarios cuando las funciones de ese sistema se distribuían entre varios procesadores.

Todos los dispositivos están ligados y forman parte de una red LAN, estas son, una estación de trabajo, un servidor o un canal. Una estación de trabajo - estación de red donde la gente trabaja - es una computadora conectada a un red.

El deseo de distribuir las funciones de los sistemas de computación entre diferentes máquinas ha dado lugar al concepto de **servidor**, una entidad que proporciona un solo servicio en ese sistema. Un **servidor**, es cualquier hardware o software especial que se ejecuta en una computadora generalmente poderosa, dando servicios a clientes, estos pueden estar dentro del mismo. También es la red con camino diseñado, delegando responsabilidades para funciones específicas a especialistas; sin embargo no puede trabajar mas allá de su especialidad, cualquier otro dispositivo del sistema puede usarlo y se le llama **cliente**. No todos los usuarios de un sistema serán abonados durante una sesión, esto depende del trabajo que se tenga que realizar, aunque algunas de estas máquinas podrían ser utilizadas por todos los usuarios.

La provisión de capacidad de procesamiento a un sistema de computación distribuido es dar a cada usuario su propia estación de trabajo. Este enfoque se ha visto apoyado por la reducción del costo de esa característica, que ha hecho que el precio de una terminal y el de una computadora personal sean aproximadamente iguales. La mayoría de las necesidades de procesamiento del usuario se realizan localmente, sin ninguna interacción con la red, podría haber incluso algún almacenamiento no volátil en la estación de trabajo, como discos flexibles o duros.

SPARCstation ELC

El sistema de la SPARCstation tiene como características el SPARC single-chip entero y un procesador de punto flotante, hasta 64 Mb de memoria y un puerto SCSI para conectar una unidad de disco, cinta y periféricos de CD-ROM. Esto incluye un puerto Ethernet para una conexión cliente-servidor, un puerto de audio y micrófono para aplicaciones de multimedia y dos puertos seriales. Todas estas características son integradas sobre una pequeña tarjeta que usa un sistema convencional de enfriamiento, también se cuenta con una tarjeta de video de alta resolución con monitor monocromático. En suma, la puerta "pop-top" del CPU permite acceso a los técnicos a remover la tarjeta del sistema con facilidad para darle servicio y expandir la memoria.

La versatilidad del sistema SPARCstation ELC delibera la consistencia, la confiabilidad de una mejor red crítica para bases de datos, despliegue de documentos de imágenes y compilación de programas. La tabla 2.1 muestra las características principales y beneficios que se tienen al usar las SPARCstation ELC.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
33-MHz CMOS SPARC single-chip entero y procesador de punto flotante. 20,3 SPECmarks(23.7 MIPS y 3.4 MFLOPS).	Confiabilidad, bajo-costo mejor procesamiento y rapidez para descompresión de imágenes, bases de datos y compilación de programas.
64-MB RAM de capacidad (4-MB y 16-MB SIMMs).	Flexibilidad de expansión de memoria como mejor demanda de desarrollo.
Monitor monocromático de 17 pulgadas, 1152 X 900 pixeles, enfriamiento convencional, puerta "Pop-top" de acceso al CPU.	Silencioso. Monitor de alta resolución, ideal para procesamiento de imágenes y aplicaciones de bases de datos.
Cinco puertos de entrada (built-in): Puerto SCSI-2.	Fácil mantenimiento de memoria. Acceso al disco duro, dispositivos, CD-ROM y otros periféricos SCSI.
Puerto Ethernet (15 pines; puede ser conectado a un par twisted o un transceiver).	Conexión de red integral tipo Cliente-Servidor.
Dos puertos seriales RS-232C.	Soporte para impresoras, módems, terminales y otros.

Tabla 2.1 Características de las SPARCstation ELC.

CARACTERISTICAS	BENEFICIOS
Puerto de audio de E/S y micrófono.	Soporte para multimedia y aplicaciones de voz.
Ambiente	
Sistema operativo UNIX 4.1.1 o versiones posteriores.	Sistema multitarea y alta ejecución para aplicaciones de Red-Base.
Disco preinstalado de 207 MB SunOS con escritorio SCSI.	Rápida instalación (Plug-and-play).
Características avanzadas:	Soluciones binarias compatibles con más de 3600 SPARCware.
Interface gráfica.	Gráficos, manejo del ratón usando una interface multitarea con windows y menús del tipo pull-down. Aplicaciones UNIX intuitivas.
Ambiente gráfico de ventanas (OpenWindows).	Administrador de programas, correo, editor de textos, agenda.
Manuales de usuario.	
Actualización de equipo (Upgrades)	
Tarjeta-swap de actualización de equipo para SpareStation SLC users.	Incrementa la funcionalidad; protege el hardware y software.

Tabla 2.1 (Continuación).

Servidor SPARC SERVER 630 MP

Servidores. Con los SPARCserver (servidores) series 600MP, se tiene un mayor costo-efectivo. Esto ofrece eficiencia, expandibilidad, actualización de equipo y software para sus necesidades específicas.

Eficiencia. Estos servidores proporcionaron a la industria cuales son las medidas más importantes de ejecución para un workhorse server. Con manejo de datos bajo sistemas UNIX se hacen más competitivos y además han tenido empuje por todas las redes con mucha eficiencia.

Expandibilidad. Con su diseño modular, estos nuevos servidores facilitan el trabajo ofreciendo mucho más ventajas para la próxima generación de SPARC.

Actualización de equipo (UPGRADE). Los SPARCserver series 600MP son de tipo multiproceso, esto quiere decir, que hay mucho mas eficiencia para mas usuarios, como mas poder de red, reduciendo tiempos y ejecutando con mucho mas eficiencia sus aplicaciones, además la operación de estos modulos ofrece la ventaja de permitir la actualización del equipo, desde la instalación de otro procesador o de un nuevo modelo de modulo Mbus. Además elimina la necesidad de utilizar las tarjetas Sbus para entrada/salida.

Software. Hay una completa línea de productos de software para este tipo de servidores, proviéndolos de perfecta ejecución, sistema superior y facilidad en la administración de su sistema y respaldos.

Los servidores series 600MP para su ejecución balanceada. Ofreciendo una arquitectura de sistema multiproceso balanceado, ejecutando rápidamente discos SCSI y IPI, así como una alta tecnología de transmisión en BUS, estos servidores son tan elásticos en la principal industria, una por otra vez, cubren varias áreas: transacciones con base de datos (DataBase), rápidas ejecuciones de cálculo y eficiente manejo en las redes.

También cuentan con la característica de tener un diseño modular que ayuda a minimizar el costo para hacer una industria múltiple de CPUs.

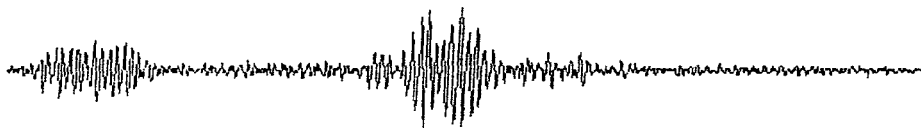
Cada módulo SPARC nuevo incluye dos procesadores que trabajan a 40 Mhz y hacen una conexión con la tarjeta del CPU.

La conexión con otro módulo hace que incremente su funcionamiento y debido a que usan un Sbus estándar y una interface VMEbus.

SPARCserver 630MP: Bajo-Costo, solución multiproceso. Ofreciendo el mejor valor para un grupo de trabajo pequeño, el SPARCserver 630MP es un servidor de costo-efectivo, manejador de archivos y bases de datos. Es ideal para resolver problemas de simulación EDA, análisis de diseños, simulaciones por default y rutas.

Especificaciones Técnicas. Este tipo de servidor cuenta con 2 ó 4 CPUs, una memoria máxima de 128 Mb, capacidad en disco de 26 Gb, expansión de BUS de 4 Sbus y 5 VME.

CAPITULO III



PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS

III. PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS

3.1 REGISTRO Y PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS.

El proceso de acelerogramas pasa por una serie de etapas desde el momento en que se registra el movimiento sísmico hasta la obtención de informes y publicaciones del mismo. En la figura 3.1 se muestra gráficamente cada una de estas etapas; para fines explicativos se han nombrado de la siguiente forma:

1. Registro del movimiento.
2. Recopilación de información.
3. Lectura y obtención de datos.
4. Almacenamiento.
5. Transferencia de datos.
6. Análisis del acelerograma.
7. Catalogación y respaldo de información.
8. Distribución de información.

En cada una de ellas se involucran diversas actividades como se muestra a continuación:

1. Registro del movimiento. Se cuenta con una red de observación acelerográfica, en donde se mantiene en operación un importante número de acelerógrafos para registro de temblores fuertes y los que pueden ser digitales o analógicos. Una de las características principales de estos aparatos es que utilizan un dispositivo de "disparo" y sólo comienzan a registrar cuando el movimiento rebasa un cierto umbral preestablecido. Además cuentan con un elemento de almacenamiento, en donde se graba la información. El equipo usualmente se fija sobre una base de concreto ligada al suelo, y se aloja dentro de una caseta o gabinete.

2. Recopilación de información. Se programan visitas periódicas a las estaciones de registro, durante las cuales se realiza tanto la inspección de los aparatos como la recolección de los datos registrados. El proceso de recabar los datos depende del tipo de aparato, ya que los diferentes modelos existentes tienen su propio elemento de almacenamiento. Los equipos más antiguos, como es el caso de los acelerógrafos del tipo analógico, utilizan como medio de almacenamiento una película fotográfica de 70 mm. Los más modernos captan la información en memorias de estado sólido o en cintas magnéticas.

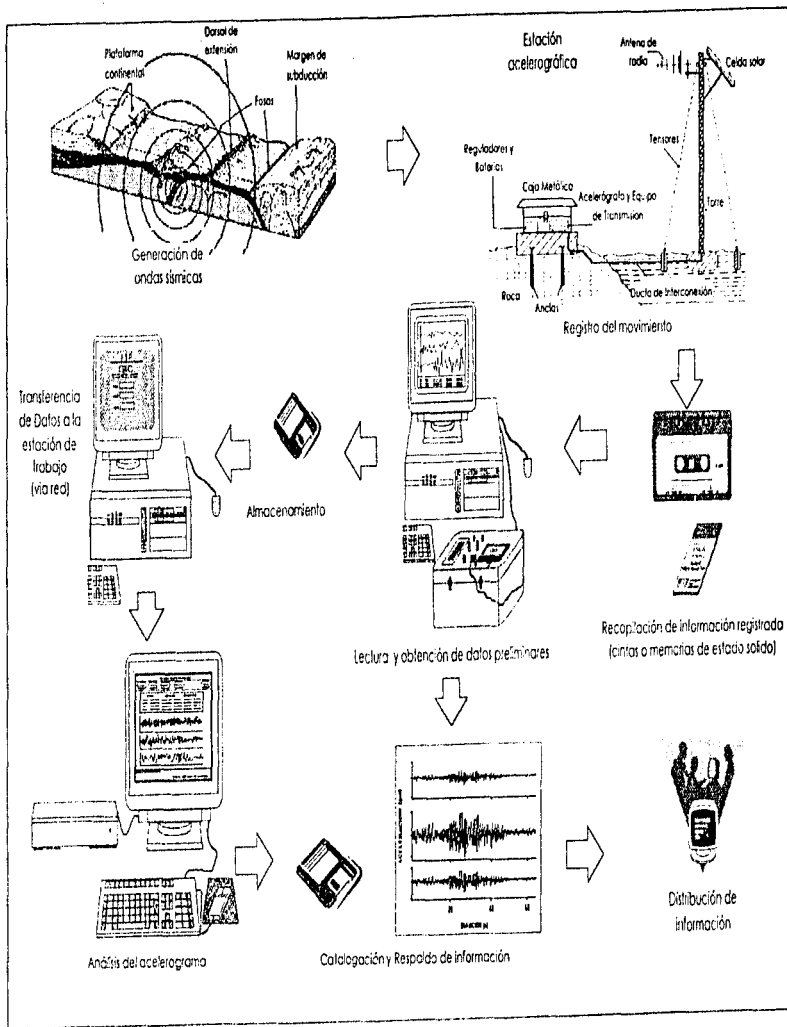


Figura 3.1 Procesamiento de acelerogramas.

3. Lectura y obtención de datos. Esta etapa consiste en obtener los archivos de datos de aceleración que representen el sismo. Se requiere de procesos especiales para realizar la lectura de los diferentes dispositivos de almacenamiento, por ejemplo, para el caso de las películas fotográficas de 70 mm es necesario revelarlas y digitalizarlas con ayuda de un scanner¹, para obtener un archivo de formato gráfico .TIF (Tag Image File), al que posteriormente se le aplica el proceso de digitización, el cual consiste en realizar la conversión de una gráfica continua a una serie de coordenadas X-Y que la representen. Por otro lado la información contenida en una cinta o cassette, es reproducida a través de una lectora especial, que envía la información hacia la computadora, en donde se almacena en un archivo del tipo binario. En los equipos más modernos se almacena la información en memorias de estado sólido, y su transferencia de datos se realiza directamente a la computadora.

Una vez obtenido el archivo que contiene los datos de aceleración se efectúa la inspección y edición de gráficas para determinar si se trata o no de un sismo y verificar el correcto funcionamiento del acelerógrafo. Como los archivos tienen diferente formato, debido a que cada fabricante utiliza sus propias rutinas para generar la información, es necesario aplicar un último proceso que consiste en convertirlos en un formato estándar.

4. Almacenamiento. Una vez obtenidos los archivos en formato estándar, se realiza la tarea de respaldar la información para posteriores usos.

5. Transferencia de datos. Para llevar a cabo el análisis de los acelerogramas, en el sistema SPA01 implementado en la estación de trabajo, es necesario transferir los archivos almacenados en computadoras tipo PC a las estaciones de trabajo. Para este caso la institución cuenta con una serie de computadoras conectadas a la red UNAM, el cual es el medio de comunicación para realizar dicha transferencia. El proceso consiste en enviar los archivos desde computadoras tipo PC a la estación de trabajo, formando como medio de transferencia la red. Existe un herramienta de cómputo que permite con facilidad realizar tal actividad y es conocido como FTP (File Transfer Protocol), el cual es un protocolo de comunicación que es accesado bajo el ambiente Windows de Microsoft, desde la PC (Fig 3. 2).

¹ El Scanner es un periférico que nos permite digitalizar imágenes de cualquier tipo. Este periférico requiere de ambiente Windows.

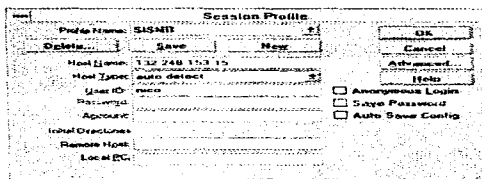


Figura 3. 2 Paquete de transferencia de archivos FTP.

Para realizar la transferencia de archivos mediante el paquete FTP se realizan los siguientes pasos: Se muestra una ventana en donde se proporcionan los datos correspondientes tanto de la máquina como la del usuario para realizar la conexión. Una vez establecida la conexión aparece otra ventana en donde se muestran tanto los archivos del sistema remoto como del sistema local (Fig 3.3). La transferencia se puede realizar en ambos sentidos. Para los fines que requiere el sistema, los archivos se transmiten en formato ASCII.

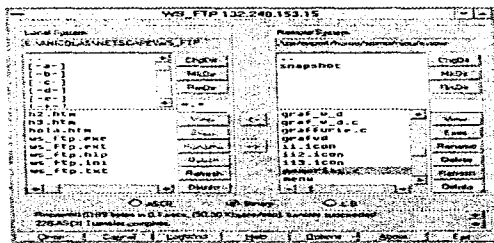


Figura 3.3 Caja de diálogo para conexión, via red, a computador remoto

6. Análisis del acelerograma. Una vez obtenidos los archivos de datos de aceleración, se procede a la elaboración de un análisis que consiste en obtener las historias de aceleración, velocidad y desplazamiento, así como a la determinación de los espectros de Fourier y de respuesta.

Este último proceso es el que se contempla en la realización de este trabajo. Anteriormente esta actividad se realizaba en una computadora Prime-550 con ayuda del programa TERRE. La migración de este sistema a la estación de trabajo (SUN) presenta grandes ventajas que mas adelante se explicaran.

7. Catalogación y respaldo de información. Se elabora un catálogo que contenga la información más importante de los registros procesados, para su fácil localización y se lleva a cabo el respaldo de la información para posteriores consultas.

8. Distribución de información. Se realiza la difusión de la información de los acelerogramas en catálogos y medios magnéticos (incluido el CD-ROM).

3.2 ARCHIVO ESTANDAR DE ACELERACION

Debido a la amplitud de la red de observación sísmica, la gran diversidad y tipos de instrumentos de registro y el enorme acervo de datos sísmicos recolectados, se consideró necesario integrar esta información que se encontraba dispersa y parcialmente inédita. Se propuso para ello crear la Base Mexicana de Sismos Fuertes (BMDSF) la cual permitirá visualizar en forma objetiva y clara la infraestructura de la instrumentación existente en el país; así como la compilación de los datos recolectados convertidos a un formato homogéneo y adecuado para facilitar su disseminación a nivel nacional o internacional (Ref 10).

Como parte del proceso para la creación de la BMDSF y en particular del banco de información de registros acelerográficos, se decidió establecer un nuevo formato único para los archivos de aceleración que manejará el sistema: El Archivo eStandar de Aceleración (ASA2.0) (Ref 11). Esta plataforma uniforme de datos permitirá procesar de una manera más eficiente la información, desde su captura, almacenamiento y finalmente distribución.

Las principales características del archivo ASA2.0 son:

Es un archivo ASCII, es decir de texto, formato que permite ver y editar los datos con mucha facilidad sin la necesidad de programas decodificadores especiales. Es totalmente autoexplicativo e integrado, consta de dos partes: la primera es un encabezado que contiene la información necesaria para su procesamiento y análisis. La segunda corresponde a los datos numéricos de aceleración (Fig 3.4).

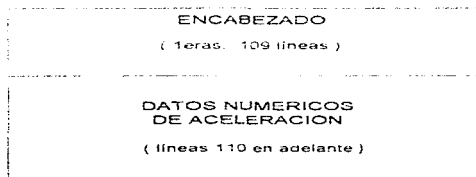


Figura 3.4. Distribución de bloques del ASA2.0.

Encabezado

Los datos del encabezado están organizados bajo doce rubros (Fig 3.5) y consta de 110 líneas (Fig 3.6):

1. Título del registro (líneas 1-6).
2. Identificación del tipo de archivo (líneas 7 y 8).
3. Nombre del archivo, fecha, hora de creación (líneas 9 y 10).
4. Referencia del registro en el Catálogo de Acelerogramas (línea 11).
5. Datos de la estación (líneas 15-32).
6. Datos del acelerógrafo (líneas 33-55).
7. Datos del sismo (líneas 56-66).
8. Datos del acelerograma (líneas 67-83).
9. Calidad del acelerograma (líneas 84-88).
10. Comentarios sobre el registro (líneas 89-99).
11. Espacio reservado para uso futuro (líneas 100-103).
12. Encabezado de los datos de aceleración (líneas 105 a 109).

Cada línea del encabezado está dividida en dos partes separadas por un delimitador ":" en la columna 40, de la columna 1 a la columna 39 es el área para el identificador del dato, de la columna 42 en adelante es el área para los datos. La columna 41 siempre tendrá un espacio y el primer carácter del dato comenzará siempre en la columna 42. En previsión de ser utilizado este formato para aparatos y registros con más de 3 canales, se ha considerado su estructura para contener información de 1 hasta 12 canales. Cuando en una línea se especifica más de un dato, cada uno debe iniciar con el separador "/" el cual servirá como identificador de uno nuevo.

Datos Numéricos de Aceleración

El área correspondiente a datos numéricos de aceleración, se encuentra distribuida en columnas, y puede variar de 1 a 12 dependiendo del número de canales del acelerógrafo. Los campos asignados para cada columna tienen un tamaño establecido de 10 caracteres, es decir, tanto el número de decimales como de enteros puede variar siempre y cuando no excedan el valor. En la línea 80 del encabezado se especifica el formato utilizado.

1. Título
2. Identificación del tipo de archivo
3. Nombre del archivo, fecha, hora de creación
4. Referencia del registro en el Catálogo de Acelerogramas
5. Datos de la estación
6. Datos del acelerógrafo
7. Datos del sismo
8. Datos del registro
9. Calidad del acelerograma
10. Comentarios
11. Espacio reservado para uso futuro
12. Datos de aceleración

Figura 3.5 Estructura del archivo ASA2.0.

1.	INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM	
2.	Organización de Ingeniería en Sísmos	
3.	Ciudad de Veracruz, Apartado Postal 10477, Mexico D.F.	
4.	Tel.: 52-99 402-3410 Fax: (52-99) 402-1114	
5.		
6.		
7.	ARCHIVO ESTACION DE ACCELERACION:	
8.	VERSION DEL ARCHIVO	: 1.0
9.	NOMBRE DEL ARCHIVO	: ACP09402.151
10.	FECHA Y HORA DE CREACION	: 25 de Enero 1995-12:15:10
11.	REF. CATALOGO ACELEROGRAMAS, SMID 1995	: NUM. REG. 2196/PAG. 119
12.		
13.		
14.		
15.	DATOS DE LA ESTACION:	
16.	NOMBRE DE LA ESTACION	: Acapulco Diana Pepe
17.	CLAVE DE LA ESTACION	: ACPD
18.	LOCALIZACION DE LA ESTACION	: Escuela Secundaria Federal No.1
19.		: Av. Pacifico N. 21,
20.		: Acapulco, Guerrero
21.		: Estacion de pago profunda
22.		: Sensores a 56 m
23.	COORDENADAS DE LA ESTACION	: 18.914 LAT. N
24.		: 101.963 LONG. W
25.	ALTITUD (metros)	: 1345
26.	TIPO DE SUELO	: Travertino con arena y limon
27.		
28.		
29.	INSTITUCION RESPONSABLE	: Instituto de Ingenieria, UNAM
30.		
31.		
32.		
33.	DATOS DEL ACELEROGRAFO:	
34.	MODELO DE ACELEROGRAFO	: 158-3602
35.	NUMERO DE SERIE DEL ACELEROGRAFO	: 348
36.	NUMERO DE CANALES	: 3
37.	ORIENTACION C1-C6 (Puede ser orientacion)	: /N15W/-L/-V/V/05E/-T
38.	ORIENTACION C7-C12 (Puede ser orientacion)	
39.	VEL. DE MUESTREO, C1-C6 (muestras/s)	: /250/250/250
40.	VEL. DE MUESTREO, C7-C12 (muestras/s)	
41.	ESQ. COMPLETA DE SENSORES, C1-C6 (g)	: /0.25/0.10/0.25
42.	ESQ. COMPLETA DE SENSORES, C7-C12 (g)	
43.	FREQ. NAT. DE SENSORES, C1-C6 (Hz)	: /31.5/32.4/30.5
44.	FREQ. NAT. DE SENSORES, C7-C12 (Hz)	
45.	AMPLITUDAMIENTO DE SENSORES, C1-C6	: /0.62/0.72/0.63
46.	AMPLITUDAMIENTO DE SENSORES, C7-C12	
47.	INTERVALO DE MUESTREO, C1-C6, (s)	: /0.004/0.004/0.004
48.	INTERVALO DE MUESTREO, C7-C12, (s)	
49.	UNIDAD DE MUESTREO, C1-C6, (g)	: /20/35/50
50.	UNIDAD DE MUESTREO, C7-C12, (g)	
51.	MEMORIA DE PRESENTO (s)	: 10
52.	TIEMPO DE SERVICIO (s)	: 30
53.		
54.		
55.		
56.	DATOS DEL SISMI:	
57.	FECHA DEL SISMI (GMT)	: 15 de abril 1994
58.	HORA EPICENTRO (GMT)	: 18:38:00
59.	MAGNITUD	: /Mb=5.3/Ms=5.2/Mc=6.5
60.	COORDENADA DEL EPICENTRO	: 15.912 LAT. N
61.		: 99.230 LONG. W
62.	PROFUNDIDAD FOCAL (km)	: 15
63.		

Figura 3.6 Arquitectura del ASA2.0.

63.	FUENTE DE LOS DATOS EXPERIMENTALES	Instituto de Ingeniería, UNAM						
64.		Coordinación de Sísmología						
65.		-----						
66.	SEÑAL REGISTRADA	-----						
67.	DATOS DE TIEMPO REGISTRADO	-----						
68.	HORA DE LA PRIMERA MUESTRA (GMT)	0414:12:34						
69.	SEGUNDA DEL TIEMPO (SEG)	0.001						
70.	DURACION DE LA MUESTRA (SEG) (T=0.1)	0.1000000000000000						
71.	DURACION DEL REGISTRO (SEG) (T=0.1)	. . .						
72.	NUM. TOTAL DE MUESTRAS (T=0.1)	7750/7750/7750						
73.	NUM. TOTAL DE MUESTRAS (T=0.1)	. . .						
74.	ACEL. MAX. (G) (T=0.1)	7=104.457439.56/159.32						
75.	ACEL. MAX. (T=0.1) EN LA MUESTRA	72458/2344/1754						
76.	ACEL. MAX. (G) (T=0.1)	. . .						
77.	ACEL. MAX. (G) (T=0.1) EN LA MUESTRA	. . .						
78.	UNIDADES DE LOS DATOS	Gal (cm/seg/seg)						
79.	FACTOR DE DESTINACION	2						
80.	FORMATO DATOS (PARTMAN,10 complemento)	3P10.2						
81.		-----						
82.		-----						
83.		-----						
84.	CALIDAD DEL ACELEROGRAMA:	-----						
85.	Registro analógico sin una parte al inicio. Carece de tiempo absoluto.	-----						
86.	La digitalización fue manual y semiautomática.	-----						
87.		-----						
88.		-----						
89.	COMENTARIOS:	-----						
90.	El sismo que genero este acelerograma produjo moderados danos en la zona	-----						
91.	La intensidad reportada en el lugar fue de IV. No hubo reportes de victimas	-----						
92.	Los datos estan filtrados con un filtro paso altas de 25 Hz	-----						
93.		-----						
94.		-----						
95.		-----						
96.		-----						
97.		-----						
98.		-----						
99.		-----						
100.		-----						
101.		-----						
102.		-----						
103.		-----						
104.		-----						
105.		-----						
106.	DATOS DE ACCELERACION:	-----						
107.		-----						
108.	335Hz=L	CANAL-2	CANAL-3	CANAL-4	CANAL-5	CANAL-6	CANAL-7	CANAL-8
109.		400V	405E-7					
110.		-0.94	12.79	-133.80				
111.		-0.88	12.71	95.41				

Figura 3.6 (Continuación).

3.3 CORRECCION DE ACELEROGRAMAS

La expansión de la electrónica hacia la instrumentación sísmica ha permitido la medición de eventos sísmicos a un costo razonable y sobre todo con una confiabilidad mayor que la obtenida con instrumentos mecánicos. Para que los acelerógrafos registren la señal sin afectar su forma, su respuesta amplitud-frecuencia debe ser plana en el rango de frecuencias de interés i.e. 0 - 50 Hz. Sin embargo, existen señales indeseables que interfieren con la información capturada, la cual recibe el nombre de ruido, de éste, se distinguen principalmente dos clases, ambiental y el eléctrico inducido por el equipo.

El ruido ambiental es provocado por vehículos, por el paso de un tren, ganado, tractores, tormentas, etc.; el cual es registrado pero no es propio del sismo. Por otro lado, se tienen también, las señales inducidas por el equipo, esto se debe a que el instrumento posee masa, rigidez y amortiguamiento que inducen velocidades y desplazamientos relativos en el equipo. Estas señales también son consideradas como ruido, esto ha motivado la necesidad de ajustar una línea base a las aceleraciones registradas, utilizando procedimientos matemáticos que en general inducen pequeños errores que son preferibles a los de procesar un acelerograma sin corregir, por lo que la corrección de línea base es un algoritmo que permite destacar a la señal con respecto al ruido y ajustarle una línea de referencia ó de aceleraciones nulas a cada componente del registro sísmico (Ref 12).

Por otro lado, si se llegara a integrar dos veces el acelerograma tal y como se lee del registro, se obtendrían desplazamientos muy grandes, los cuales no representarían al fenómeno original. Los errores que llevan a estos valores se han atribuido a que el desplazamiento y la velocidad iniciales no son nulos; como se supone, puesto que el disparador es accionado cuando la aceleración tiene un valor diferente de cero.

Uno de los problemas más importantes en el análisis de acelerogramas se presenta cuando se desea obtener la velocidad y el desplazamiento debido a los principales factores siguientes: desconocimiento de los valores iniciales y finales de ambas variables, en especial si el registro obtenido por el instrumento empieza después de iniciado el movimiento del sitio donde se encuentra colocado; la longitud finita del acelerograma, en donde generalmente se ha perdido la parte inicial y final del movimiento, corrimiento del cero del registro con respecto al cero real de aceleración; y distorsiones introducidas por los sensores, el medio de registro y/o la forma de convertir los datos de una señal continua en el tiempo en valores discretos que la representen adecuadamente (conversión analógico-digital A/D).

Las consecuencias en los resultados de cada uno de los factores mencionados es variable, dependiendo de las características particulares del acelerograma o del instrumento y medio empleados en la obtención del registro.

Algunos otros factores, cuya influencia dependerá de la calidad del instrumento, son: la respuesta del sensor ante aceleraciones transversales a su eje de medición, no linealidad en algunos circuitos de amplificación o filtrado, respuesta no lineal del propio acelerómetro en algunas frecuencias, efectos de temperatura y humedad, y envejecimiento de partes, entre otros, algunos de los cuales suelen detectarse mediante calibraciones periódicas del instrumento.

Corrección de línea base

Se conoce como línea base al lugar geométrico de un acelerograma en donde los valores son nulos, tal lugar no está siempre definido sobretodo en registros analógicos, por lo que es necesario aplicar un mecanismo de corrección a éstos.

Existen varios métodos para llevar a cabo las correcciones necesarias e integración del acelerograma que conduzcan a la obtención de valores que representen la velocidad y el desplazamiento, entre los que destacan los basados en los ajustes por mínimos cuadrados, en filtros digitales, en ajuste de polinomios, etc. La institución pionera en el registro y análisis de acelerogramas fue el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) en donde se realizó entre los años 1950 a 1970, un esfuerzo ordenado y sistemático para estudiar los datos obtenidos. Es en CALTECH donde se desarrolla un método diseñado especialmente para llevar a cabo la corrección e integración de acelerogramas, basado en el filtro desarrollado por Ormsby (Ref 13). El procedimiento fue adoptado rápidamente por un importante conjunto de instituciones dedicadas al estudio de datos de temblores fuertes, y se le conoce como el "Método de Caltech para corrección de acelerogramas". El cual se basa en eliminar parcialmente los contenidos de baja y alta frecuencia del acelerograma mediante el filtro digital de Ormsby (Fig 3.7).

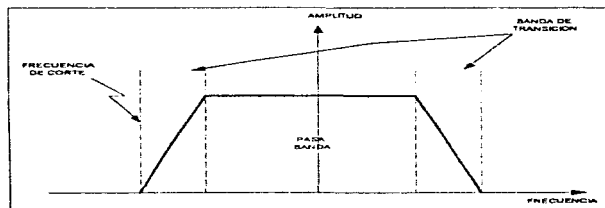


Figura 3.7 Filtro digital de Ormsby con frecuencia de corte.

La corrección por ruido inducido por el equipo, se basa en modelar al acelerógrafo como un sistema de un grado de libertad (Fig 3.8), para de esta manera, conocer la respuesta del sistema (acelerógrafo) dada una señal (sismo):

La corrección instrumental se basa en la ecuación que gobierna la respuesta de un sistema de un grado de libertad :

$$a(t) = -\ddot{u}(t) - 2\omega_n \zeta \dot{u}(t) - \omega_n^2 u(t)$$

donde $\ddot{u}(t)$, $\dot{u}(t)$, $u(t)$ y $a(t)$ son funciones que representan la aceleración, velocidad y desplazamiento del instrumento y la aceleración de la base, respectivamente;

$\omega_n = \left(\frac{k}{m}\right)^{0.5}$ es la frecuencia natural, $\zeta = \frac{c}{2m\omega_n}$ la fracción del amortiguamiento crítico, m es la masa del sistema, k la rigidez y c la del amortiguamiento.

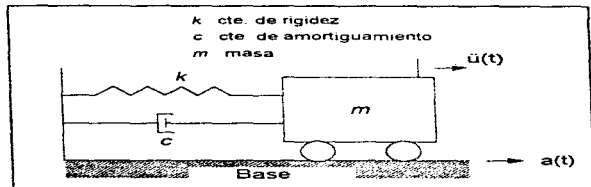


Figura 3.8 Diagrama de un sistema de un grado de libertad .

Una vez destacada la señal con respecto al ruido, podemos situar la línea base del acelerograma a la altura de la aceleración media nula, restándole a cada ordenada el promedio aritmético de todas las aceleraciones. Las siguientes etapas del proceso, requieren conocer de antemano la línea de aceleraciones nulas o línea base, pues es a partir de ésta que se pueden medir las aceleraciones de cada componente de manera confiable.

Proceso de Caltech

El proceso consiste en interpolar el acelerograma a un incremento de tiempo (DT) constante, realizar una extensión del mismo, para efectuar un filtrado a paso-bajas y eliminar el ruido de alta frecuencia, decimar la función resultante, derivarla y finalmente con las funciones resultantes calcular la aceleración del terreno.

Con el acelerograma corregido por el efecto del transductor se está en posibilidades de corregir la línea base y calcular las historias de velocidad y desplazamiento. Para reducir el tiempo de cómputo total, en un segundo paso se eliminan los errores con tendencias lineales, como el corrimiento de cero e inclinación de la línea de cero, tanto en aceleración como en velocidad, mediante ajustes por mínimos cuadrados, apoyándose en el hecho de que la aceleración y velocidad son nulas antes del temblor, muy pequeñas en el instante de inicio de operación de instrumento, y que deben tender a cero al final del registro.

Finalmente se procede con el filtrado e integración para calcular la velocidad y desplazamiento, siguiendo el procedimiento que se indica en la figura 3.9. Los pasos siguientes son :

1. Extender el registro para proceder a un prefiltrado paso-bajas con promedios móviles de igual peso.
2. Decimar el registro para reducir tiempo de cómputo.
3. Filtrado paso-bajas con diferentes pesos y el promedio de los promedios.
4. Interpoliar los puntos resultantes al mismo intervalo que los datos originales y restarlo del acelerograma para producir el acelerograma filtrado y eliminar nuevamente tendencias lineales por mínimos cuadrados.
5. Integrar, eliminar tendencias lineales y filtrar paso-bajas para producir la velocidad corregida.
6. Integrar y volver a filtrar para obtener el desplazamiento.

Al extenderse el acelerograma hacia ambos extremos para proceder con el filtrado de los puntos iniciales y finales, se produce en consecuencia una distorsión al inicio y final del mismo, que afecta a la velocidad y desplazamientos obtenidos, principalmente en el caso en que los valores aceleración inicial (A_0) y aceleración final (A_f) sean muy diferentes de cero. Si el filtrado seleccionado es adecuado, dichas distorsiones serán mínimas; sin embargo, si el registro consiste de pocos puntos, ésta distorsión es más acentuada y afecta a un mayor porcentaje del mismo, por lo que los resultados proporcionados por este método deberán emplearse con mucho cuidado en el caso de registros con pocos puntos.

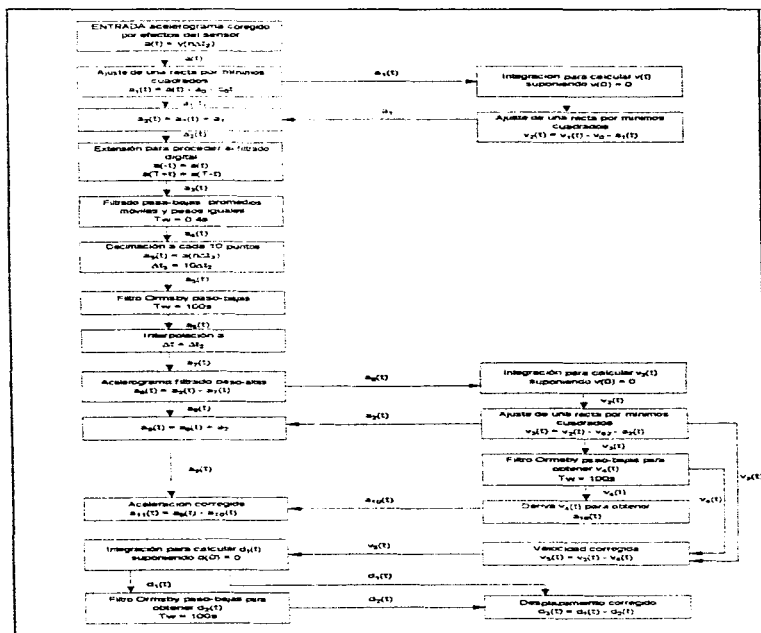


Figura 3.9 Algoritmo utilizado para llevar a cabo el proceso de corrección línea base por el método de CALTECH (Ref 14).

3.4 ANALISIS DE FOURIER

A mediados del siglo XIX, Joseph Fourier desarrolló una técnica matemática que constituye un poderoso instrumento en el análisis de señales en el dominio del tiempo. En general, una función periódica puede expresarse por una serie de Fourier, cuyos términos son funciones seno y coseno; los coeficientes respectivos pueden calcularse integrando en un periodo el producto de la función periódica multiplicada por la función seno o por la función coseno.

La representación de señales en el dominio del tiempo a señales en el dominio de la frecuencia se define por medio de la Transformada de Fourier, la operación se simboliza como:

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

donde:

$F(w)$ es la señal en el dominio de la frecuencia,

$f(t)$ es la señal en el dominio del tiempo y

$$w = 2\pi / T$$

W es la frecuencia en Hz.

T es el periodo del en seg.

$$j^2 = -1$$

El espectro de amplitudes de Fourier se obtiene del valor absoluto de la raíz de la suma de los cuadrados de las partes real e imaginaria de F:

$$|F(w)| = \sqrt{R(w)^2 + jX(w)^2}$$

donde:

$$R(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos(\omega t) dt$$

$$X(w) = -\int_{-\infty}^{\infty} f(t) \sen(\omega t) dt$$

Sin embargo, en el caso de cualquier acelerograma sólo se cuenta con valores uniformemente espaciados de 100, 200 ó 250 muestras por segundo, el acelerograma entonces, no es una función sino una serie de puntos, lo que implica que la serie temporal continua es desconocida, así que se supone que la señal discreta representa a la señal continua, por lo que para el cálculo del espectro de amplitudes de Fourier se utiliza el concepto de la Transformada Discreta de Fourier (DFT, Discrete Fourier Transform). Para reducir el número de operaciones de la DFT se utiliza un algoritmo llamado Transformada Rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform). El desarrollo del algoritmo ha favorecido el avance de muchas disciplinas científicas.

Actualmente es posible encontrar que el empleo de la FFT se extiende a campos tan diversos como la medicina, economía, comunicaciones, física, óptica, psicología, teoría de probabilidades y estudio de sistemas, entre otros. Su aplicabilidad incluye cualquier proceso que involucre una variable que sea función del tiempo.

Metodología para calcular la FFT

La definición de transformada de Fourier (TF), para el caso de señales continuas, es (Ref 15):

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t)e^{-j2\pi ft} dt \tag{3.1}$$

donde h(t) es la función del tiempo t y H(f) la transformada de Fourier en función de la frecuencia f. Por simplificación, la ecuación 4.1 suele escribirse como:

$$H(f) \longleftrightarrow h(t)$$

En el caso de señales discretas de longitud finita, se tiene que la DFT es (Ref 16):

$$G(n / N\Delta t) = T \sum_{k=0}^{N-1} g(k\Delta t)e^{-j2\pi kn/N} \tag{3.2}$$

para n = 0, 1, 2, ... N-1. Δt = incremento en tiempo.

Como 1/NΔt puede representarse como Δf, la ecuación 3.2 resulta en:

$$G(n\Delta f) = T \sum_{k=0}^{N-1} g(k\Delta t)e^{-j2\pi kn/N} \tag{3.3}$$

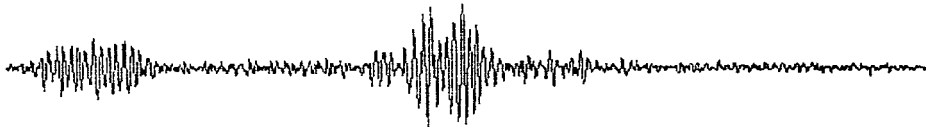
Los principales aspectos de la teoría de la transformada de Fourier, de la DFT y la FFT, así como sus propiedades, se pueden encontrar en la referencia 17. También allí se presenta, de manera clara, una descripción del algoritmo desarrollado por Cooley y Tukey (Ref 18) para el cálculo de la FFT, en el cual se basan la gran mayoría de los programas de cómputo.

El factor $e^{-j2\pi kx/N}$ de la ecuación 3.2 se desarrolla mediante la suma de una función seno y una coseno para acelerar el cálculo, además de que en el algoritmo hace uso de la inversión de bits, para realizar las operaciones para una FFT de 1024 puntos, es de solo unos cuantos segundos.

La inclusión de $j = \sqrt{-1}$ conduce a que la serie $G(f)$ sea un conjunto de valores complejos de la forma $G(k\Delta f) = R(k\Delta f) + jI(k\Delta f)$, donde el módulo $|G(k\Delta f)|$ y el ángulo de fase θ son:

$$|G(k\Delta f)| = \sqrt{R(k\Delta f)^2 + I(k\Delta f)^2} \qquad \tan \theta = I(k\Delta f) / R(k\Delta f) \qquad (3.4)$$

CAPITULO IV



SISTEMA DE
PROCESAMIENTO
DE ACELEROGRAMAS
SPA 01

IV. SISTEMA DE PROCESAMIENTO DE ACELEROGRAMAS SPA01

El desarrollo de sistemas puede considerarse, en general, formado por dos grandes componentes: el análisis y el diseño. El primero es el proceso de clasificación e interpretación de hechos, diagnóstico de problemas y empleo de la información. El diseño, por consiguiente, es el proceso de planificar, reemplazar o complementar un sistema organizacional existente. Pero antes de llevar a cabo esta planeación es necesario comprender, en su totalidad, el viejo sistema (Ref 19).

Existen diversas metodologías, enfocadas al desarrollo de sistemas de información, entre las cuales podemos mencionar: el ciclo de vida, prototipos de sistemas y análisis estructurado. Estas a su vez siguen sus propias fases de desarrollo, es decir cada una sigue su propio flujo de pasos, como se muestra, brevemente, en el apéndice A.

En realidad no existe un método que se pueda seguir al pie de la letra o que se ajuste uniformemente, pero esto no quiere decir que no exista un método adecuado para la realización de un sistema de información.

Cualquier sistema implementado por el hombre, pasa por diferentes fases. Su ciclo empieza en un grupo de planeación, al principio como una idea conceptual muy general, que posteriormente toma forma en un grupo de diseño. Si se considera factible el proyecto desde diversos puntos de vista, se desarrolla e implementa para ponerse en marcha y culminar con su operación, es decir se satisface una necesidad.

Una de las características más importantes para los usuarios de un sistema de información es la salida que éste produce, si ésta no tiene un mínimo de calidad o no satisface ciertas expectativas entonces todo el sistema puede parecer a los usuarios poco necesario que evitan usarlo.

Para el desarrollo de este trabajo se usó una especie de mezcla de todas las metodologías, es decir se utilizó una hibridación entre el ciclo de vida de un sistema, construcción de prototipos y análisis estructurado dadas las características propias del proyecto. La metodología empleada se muestra en la figura 4.1, en donde se nombran cada una de las fases a desarrollar.

El objetivo del sistema SPA01 para estaciones de trabajo es proporcionar al usuario una herramienta mucho más poderosa y dinámica que la que se tenía anteriormente (Sistema TERRE); como también 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 estimación de la transformada rápida de Fourier.

El proceso básico que realiza el sistema 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, todo esto dentro de OPENWINDOWS. El cual es un ambiente gráfico que pone un nuevo estilo de trabajo, brinda mas control sobre las tareas que hay que realizar, permite utilizar al máximo la capacidad de la estación de trabajo, la habilidad de ejecutar más de una aplicación a la vez, la facilidad de transferir información entre ellas y su poderosa interfaz gráfica, todas estas características ofrecen un ambiente de trabajo más intuitivo y eficiente.

Para cubrir cada uno de los conceptos indicados, se han implementado cinco módulos 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.

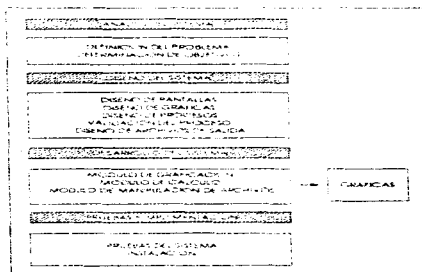


Figura 4.1 Fases de la metodología propuesta.

4.1 PLATAFORMA DE DISEÑO.

El sistema SPA01 fue implementado para el equipo de cómputo SUN Sparc Station ELC el cual utiliza el sistema operativo UNIX que cuenta con el software OPENWINDOWS versión 2. Se desarrolló como una aplicación más de OPENWINDOWS debido a que permite tener una comunicación más directa con una aplicación determinada. El usuario tiene la facilidad de seleccionar ya que la interface está representada regularmente por una o mas ventanas, iconos y menús (Fig 4.2).

Una aplicación en Windows ofrece una serie de ventajas para los usuarios, una de ellas es que se pueden tener varias de ellas abiertas, como es el caso del administrador de archivos, reloj, correo electrónico, entre otras y tener la facilidad de pasar de una a otra.

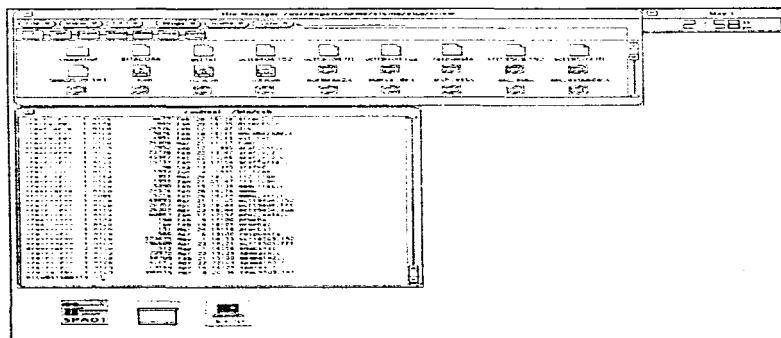


Figura 4.2 Ambiente operativo del sistema OPENWINDOWS.

Codificación y compilación.

El código de todos los módulos que conforman el sistema SPA01 se escribió en lenguaje C (ANSI C). La determinación de utilizar este lenguaje se basó en que el sistema operativo UNIX está escrito en lenguaje C, el código fuente está disponible y escrito en un lenguaje de alto nivel, lo cual lo hace fácil de adaptar a exigencias particulares (Ref 20).

Se empleó el compilador de C llamado cc, el cual es propio del sistema operativo UNIX. La sintaxis de compilación es declarada de la siguiente forma:

```
$cc -I/usr/openwin/include -O spamain.c acerca_de.c memorias.c asc_bin.c
diezma.c fourier.c -o SPA02 -lm -lXview -lX11 -L${OPENWINHOME}/lib
```

donde:

-I/usr/openwin/include	Declaración de la ruta de acceso de librerías a incluir.
-O	Indicación para optimizar el código objeto.
spamain.c, acerca_de.c, memorias.c, asc_bin.c, diezma.c y fourier.c	Nombre de los módulos a compilar
-o SPA02	Nombre del archivo de salida (ejecutable).
-lm -lXview -lX11	Indicación de las librerías a utilizar.
-L\${OPENWINHOME}/lib	Direccionamiento de librerías, propias de OPENWINDOWS.

Los módulos implementados están estructurados de la siguiente forma:

spamain.c	Es el módulo principal, en donde se realiza la declaración de cada uno los elementos que conforma el ambiente operativo del sistema SPA01. Además, se tienen las rutinas para realizar las gráficas, así como la llamada de los otros módulos.
acerca_de.c	Contiene rutinas para mostrar información sobre el sistema
memorias.c	En este módulo se implementaron las rutinas necesarias para realizar el envío de datos de aceleración a memoria.
asc_bin.c	Contiene las rutinas del proceso de conversión de archivos de formato ASCII a binario y viceversa.
diezma.c	Rutinas para realizar el proceso de decimación a archivos que lo requieran.
fourier.c	Módulo que se encarga de realizar el cálculo de la transformada rápida de Fourier.

Una vez compilados sin error cada uno de los módulos, la instrucción misma de cc. se encarga de ligar cada uno de los programas objeto, creado para obtener finalmente el archivo ejecutable llamado SPA01, el cual se puede llamar ya sea seleccionando con el Mouse el icono en el administrador de archivos o ejecutarlo desde la línea de comandos.

\$SPA01_1

4.2 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

El sistema se desarrolló tomando como base una ventana, distribuida en diferentes secciones. Cada una de estas secciones tiene una función diferente, que mas adelante se mencionarán. Por otro lado la interacción usuario-maquina, que presenta el sistema, está basada en el uso de ventanas, las operaciones o funciones que puede realizar el usuario es por medio de una serie de "pushbuttons", menús "pop-up" o "pull-down" (menús en cascada), de tal forma que facilite el manejo del proceso al usuario, ya que una aplicación típica bajo Windows presenta todas las opciones posibles (en forma de objetos visuales) en la pantalla para ser seleccionados.

Pantalla principal. El sistema consta, exclusivamente, de una pantalla principal (Fig 4.3); la cual está formada por las siguientes secciones:

- Barra de título
- Barra de menús
- Área de graficación
- Barra de mensajes

Barra de título. Muestra el nombre de la aplicación, así como la fecha y hora de inicio de sesión.

Barra de menús. Se muestran los menús disponibles. Cada uno contiene una lista de comandos o acciones que se pueden realizar. Para abrirlo basta con seleccionar el nombre, con ayuda del mouse, y hacer un "click", este exhibirá un submenú en forma descendente el cual contiene la lista de comandos. Los elementos que contienen son en su mayoría comandos. Sin embargo, también pueden ser características que se asignen a gráficos, texto, lista de ventanas, archivos abiertos, nombre de menús en cascada, que son listas de comandos adicionales.

Área de graficación. En esta área se imprimen las gráficas de aceleración y espectros de fourier.

Barra de mensajes. Esta se encuentra dividida en tres partes, en la primera se envían los mensajes correspondientes al proceso que se esté realizando, en la segunda se muestran los nombres de los procesos que se realizan, y en la última se indica el número de memoria y el nombre del registro que se está procesando.

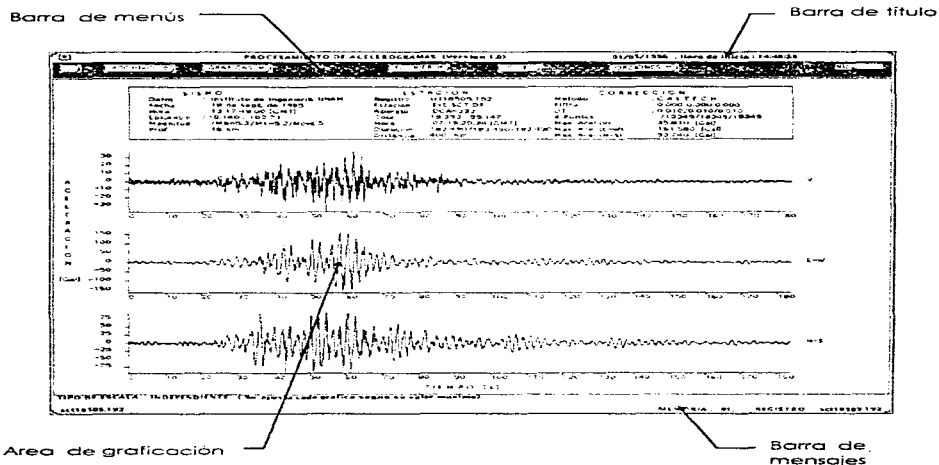


Figura 4.3 Sistema SPA01 (Pantalla Principal).

Convenciones utilizadas en los menús del sistema :

Puntos suspensivos (...) a continuación del nombre del elemento.	Cuando se elija, aparecerá un cuadro de diálogo con las opciones que deberán seleccionarse para poder ejecutar el comando.
Un triángulo (>) a continuación del elemento.	Si se selecciona éste elemento, aparecerá un menú en cascada, que presentará una lista de los comandos adicionales disponibles. En los menús principales se presenta el símbolo (V).

Uso de los cuadros de diálogo.

Los puntos suspensivos (...) a continuación de un comando de menú significan que, al elegir ese comando, aparecerá un cuadro de diálogo (Fig 4.4). En el cual se pide al usuario que proporcione cierta información o que seleccione algunos parámetros para poder llevar a cabo el proceso solicitado. Una vez especificada dicha información, se debe escoger un botón de comando, a continuación de los cuales, dicho comando será ejecutado. En un cuadro de diálogo puede aparecer información adicional o mensajes que indiquen las operaciones que se están realizando o en caso de error, muestra los mensajes correspondientes.

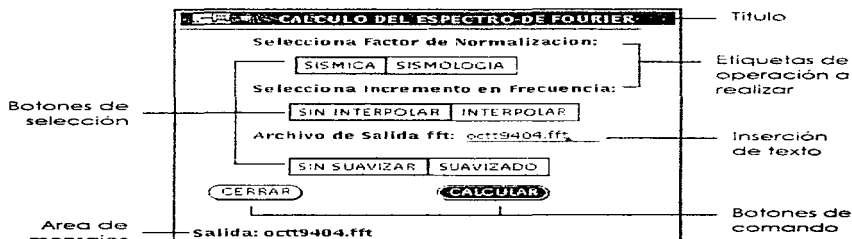


Figura 4.4 Estructura de un cuadro de diálogo.

Comandos

El conjunto de instrucciones que integran el MENÚ de tareas que pueden ejecutarse en el programa SPA01 ha sido dividido en seis grupos.

1. Acerca del sistema SPA01 (representado por tres puntos suspensivos);
2. Archivo
3. Gráficas
4. Fourier
5. C.L.B.
6. Opciones

La ejecución del sistema se inicia con el despliegue en pantalla de la ventana correspondiente al ambiente de trabajo, en donde se muestra el menú principal a partir del cual se escogen las diferentes tareas a realizar. La estructura del menú se presenta en la figura 4.5.

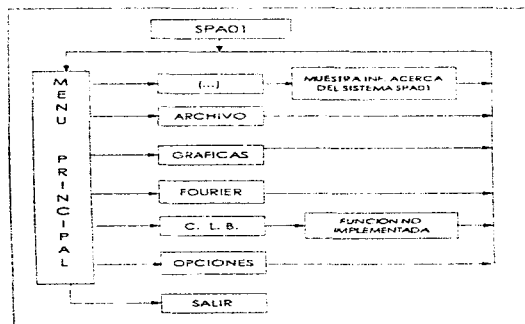


Figura 4.5 Diagrama de bloques principal del sistema SPA01.

Cada grupo, además, presentara una lista de comandos disponibles, que a continuación se describen:

1. 

- Acerca de ... Muestra la información correspondiente al sistema SPA01 (Fig 4.6).

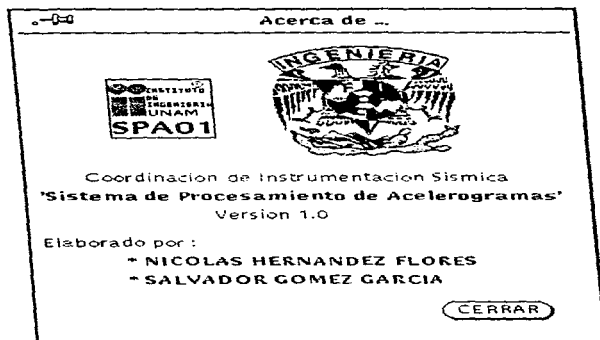


Figura 4.6 Acerca del sistema SPA01.

2. ARCHIVO ▾

El menú archivo contiene los comandos encargados de lectura y manipulación de archivos, en la figura 4.7 se muestra el diagrama funcional y a continuación se describe la función de cada uno de ellos.

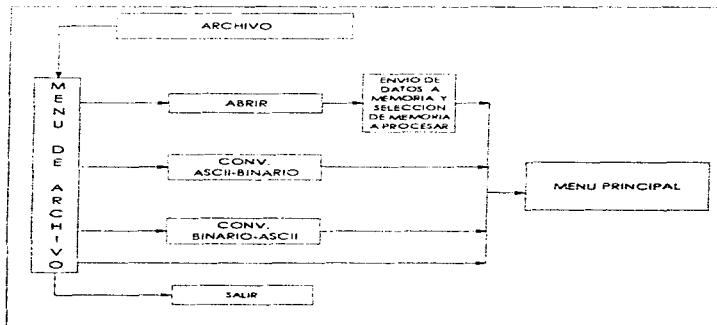


Figura 4.7 Submenú de archivo.

- **Abbrir.** Se presenta una ventana en donde se pide al usuario que proporcione el nombre del archivo que desea procesar (Fig 4.8a). Dentro de esta opción el usuario tiene la facilidad de ver el directorio con tan solo oprimir el botón derecho del Mouse, en el área donde se encuentra la petición de archivo (Fig 4.8b). Si es teclado un archivo que no exista, se envía un mensaje como el que se muestra en la figura 4.8c, en caso contrario se procede a enviar los datos de aceleración a memoria, una vez finalizado el envío se crea un icono que contiene el nombre del registro (Fig 4.8d); este proceso se puede realizar hasta contener como limite cinco archivos de 50,000 muestras cada uno (Fig 4.8e). También, desde esta ventana se selecciona el registro a procesar.

La función de memorias es de las mas importantes dentro del sistema SPA01; surgió debido a la necesidad de procesar de una manera directa los archivos de aceleración, esta forma fue almacenando los datos en memoria; para procesos de graficación el acceso a

datos es mucho más rápido que si se tomaran de algún dispositivo secundario, los tiempos de respuesta son mucha más rápidos.

La forma de como se realizó el almacenamiento fue usando la técnica de asignación dinámica de C, esto es, una vez compilados, todos los programas de C organizan la memoria de la computadora en cuatro regiones, que contienen el código del programa, los datos globales, la pila y el montón. El montón es el área de memoria libre que es gestionada por las funciones **malloc** y **free**.

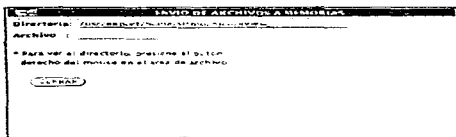
La función **malloc** asigna memoria y devuelve un apuntador al comienzo de ella y **free** devuelve al montón memoria previamente asignada para que pueda ser reutilizada. Los prototipos de **malloc** y **free** son:

```
void *malloc(size_t num_bytes);  
void free(void *p);
```

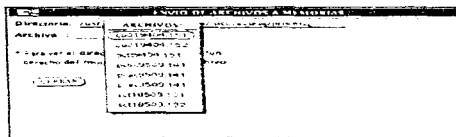
Ambas funciones usan el archivo de cabecera **stdlib.h**. Aquí, **num_bytes** es el número de bytes requerido. Si no hay suficiente memoria libre para satisfacer la petición **malloc** devuelve un nulo. El tipo **size_t** está definido en **stdlib.h** como para contener la mayor cantidad posible de memoria que se pueda asignar de una vez con **malloc**. Es importante llamar a **free** sólo con un apuntador válido, previamente asignado; de otro modo, se puede causar daño en la organización del montón e incluso se puede producir un fallo del programa.

Cabe mencionar que el montón no es infinito, siempre que se asigne memoria, es necesario comprobar antes de usar el apuntador el valor devuelto por **malloc**, para asegurar que no es nulo. Si se utiliza un apuntador nulo casi seguro que el programa fallara.

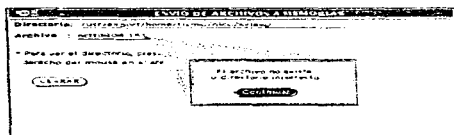
La figura 4.9 muestra el diagrama de flujo correspondiente.



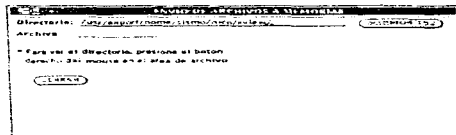
(a)



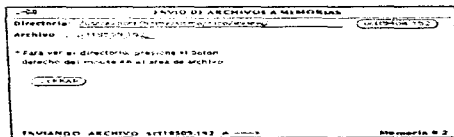
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 4.8 Abrir un archivo (envio de datos a memoria).

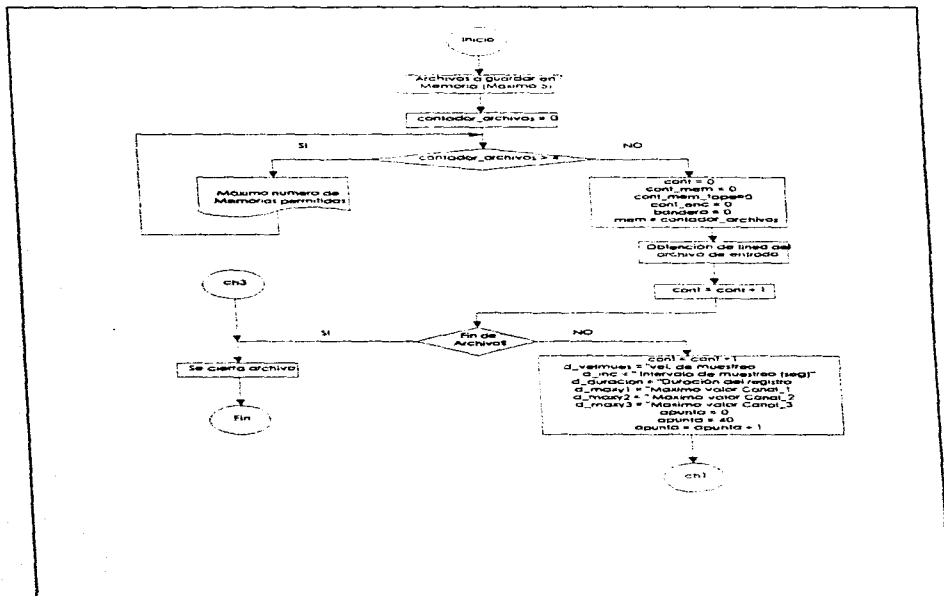


Figura 4.9 Diagrama de flujo de Memorias.

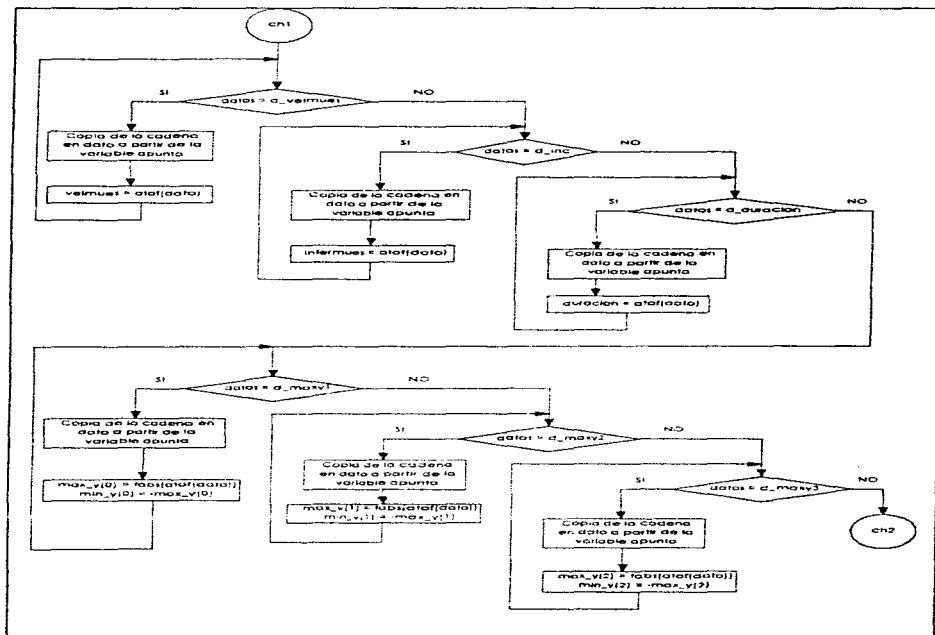


Figura 4.9 (Continuación).

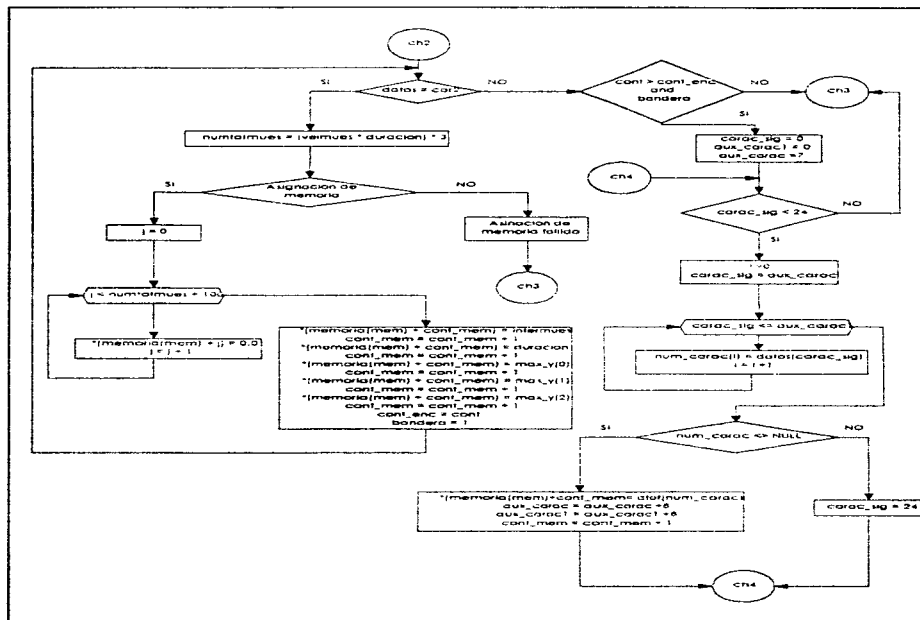


Figura 4.9 (Continuación).

- **Conversión ASCII-Binario.** Tiene un importante desempeño debido al menor espacio que ocupan los archivos en disco, que si se guardaran en forma ascii. Su proceso es identificar el archivo estándar de aceleración, se copian las líneas de encabezado y a partir de donde empiezan los datos de aceleración, se hace la transformación binaria, esto es, en un arreglo de tres elementos se almacena el dato de cada canal, mediante una instrucción de C se realiza la conversión y se manda a imprimir en un archivo de tipo binario. El tiempo requerido de proceso es muy corto y dependerá del tamaño del archivo original. (Fig 4.10a), su diagrama de flujo se muestra en la figura 4.11.

- **Conversión Binario-Ascii.** Esta es el inverso de la anterior, su implementación se debió principalmente a proporcionar un archivo legible (ASCII ó texto) para los usuarios. (Fig 4.10b) su diagrama de flujo se muestra en la figura 4.12.

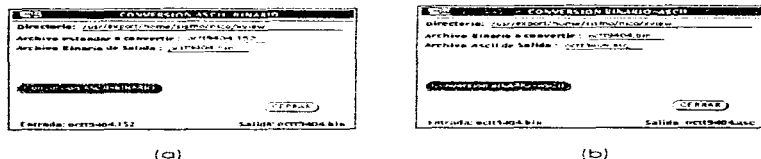


Figura 4.10. Conversión de archivos.

- **Salir.** Fin de sesión. Se envía un mensaje que indica al usuario si esta seguro de salir, en caso de ser afirmativo sale del sistema, de lo contrario a este.

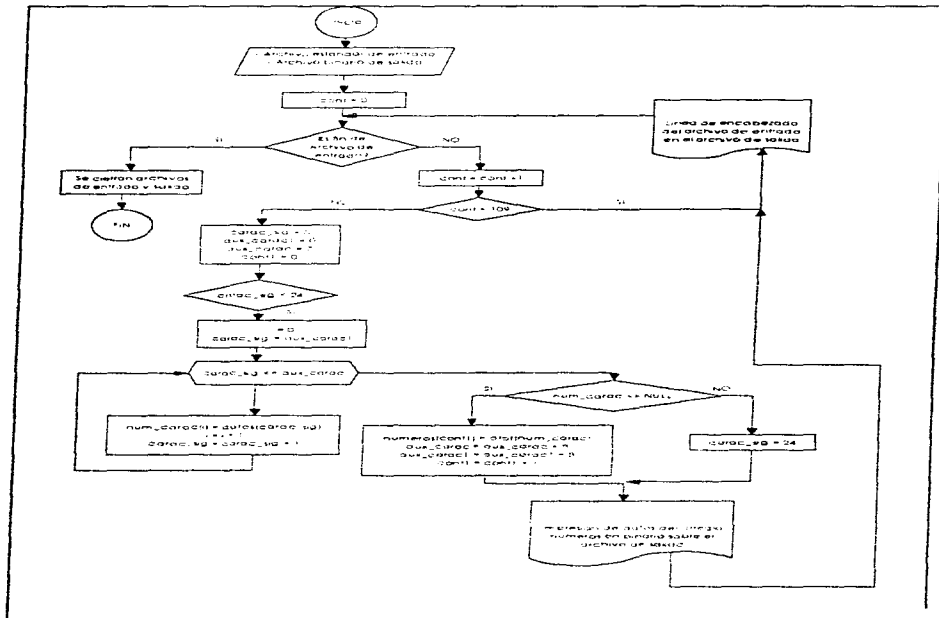


Figura 4.11 Diagrama de flujo conversión ASCII-BINARIO.

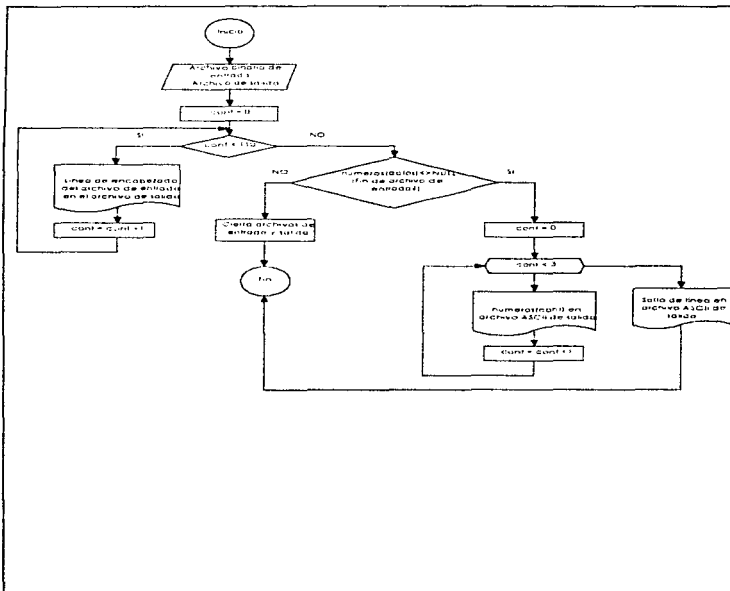


Figura 4.12 Diagrama de flujo conversión BINARIO-ASCII.

3. **GRAFICAS**

El menú de graficación (Fig 4.13), a través de sus distintos comandos, permite las siguientes opciones :

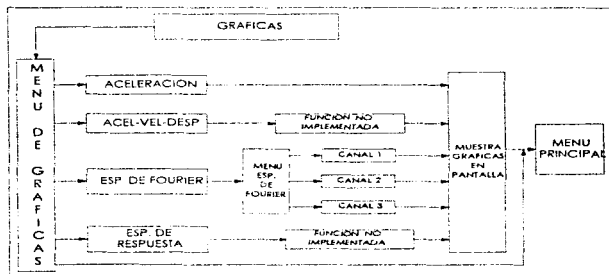


Figura 4.13 Submenú de gráficas

- **Aceleración.** Se muestran las gráficas de las tres componentes que conforman un registro (componentes longitudinal, vertical y transversal), así como el encabezado correspondiente. (Fig 4.14).

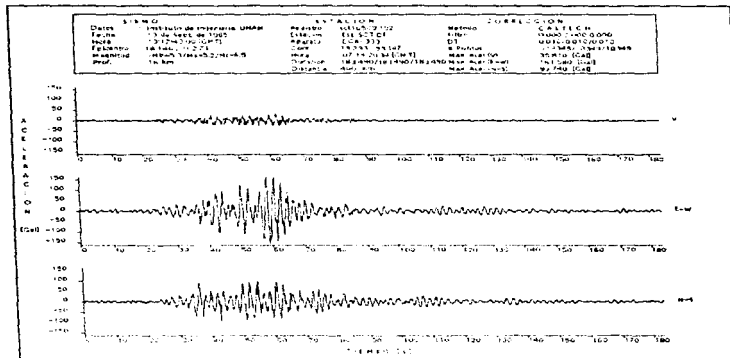


Figura 4.14 Gráfica de aceleración.

- **Accl-Vel-Desp.** Función no implementada. Una vez realizado el cálculo de corrección línea base, ésta función se encargará de mostrar las gráficas en pantalla.
- **Espectro de Fourier.** Se presenta el cuadro de diálogo para la gráfica del espectro de Fourier de un canal, el cual es seleccionado por el usuario (Fig 4.15).

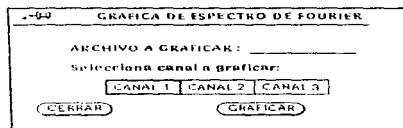


Figura 4.15 Archivo para gráfica del espectro de Fourier.

Una vez que se proporcionaron todos los parámetros, se procede a mostrar la gráfica del canal que se solicitó, como ejemplos observe las figuras 4.16 a 4.21.

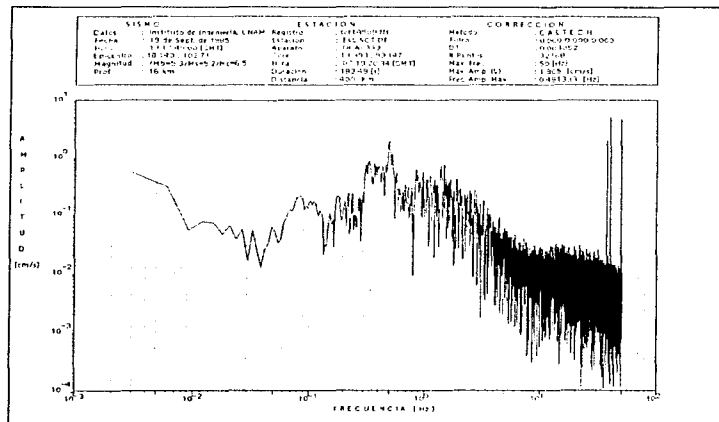


Figura 4.16 Espectro de Fourier (registro SCT1850.191, canal 'V').

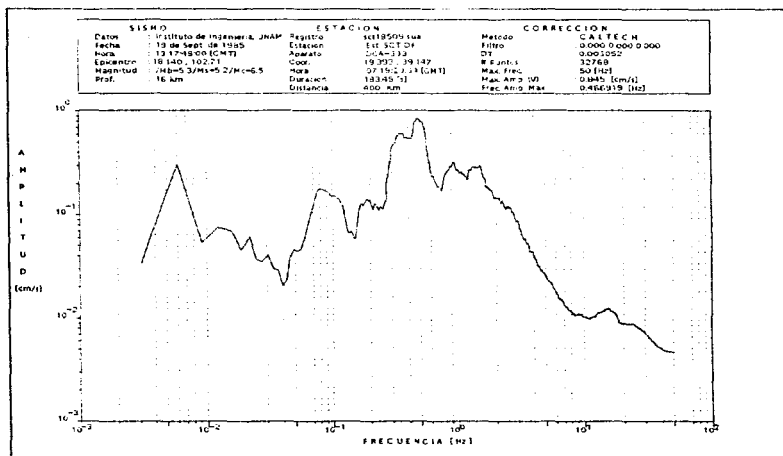


Figura 4.17 Espectro de Fourier suavizado (registro SCT1850.191, canal 'V').

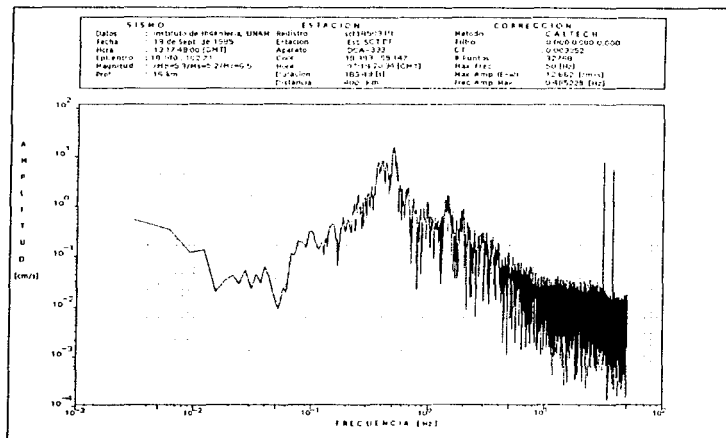


Figura 4.18 Espectro de Fourier (registro SCT1850.191, canal E-W).

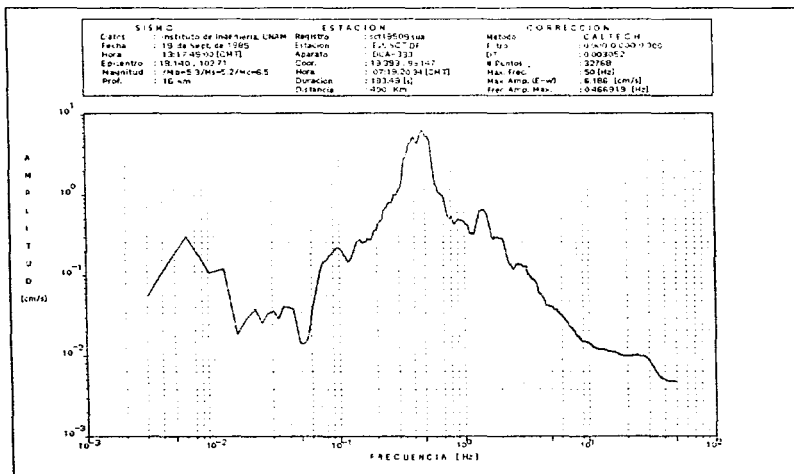


Figura 4.19 Espectro de Fourier suavizado (registro SCT1850.191. canal E-W).

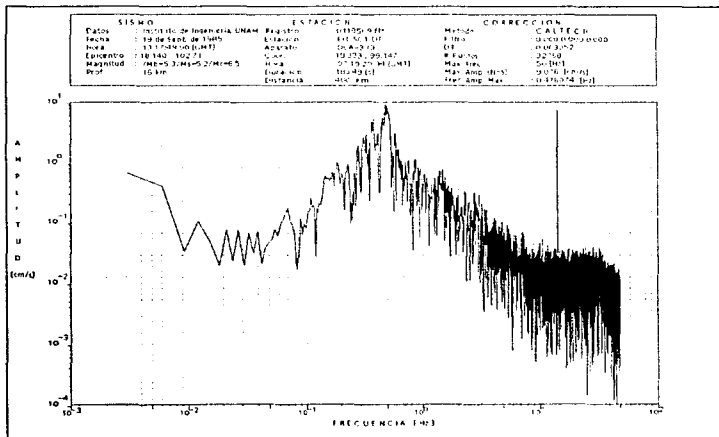


Figura 4.20 Espectro de Fourier (registro SCT1850.191, canal N-S).

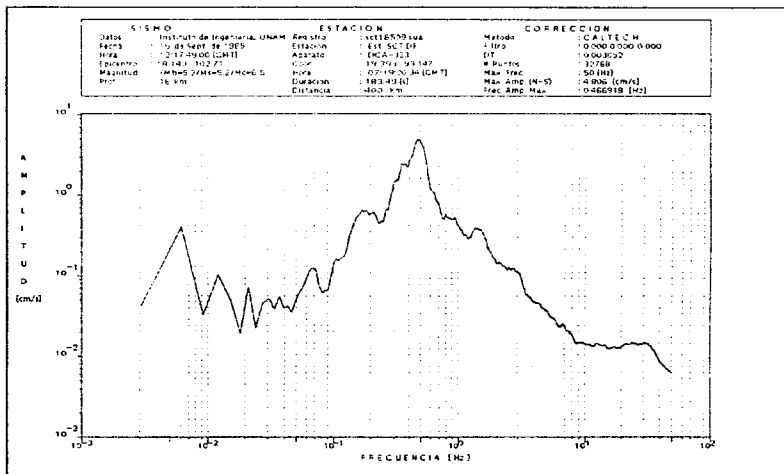


Figura 4.21 Espectro de Fourier suavizado (registro SCT1850.191, canal N-5).

4. **FOURIER**

El menú de Fourier (Fig 4.22), a través de sus distintos comandos, permite las siguientes opciones :

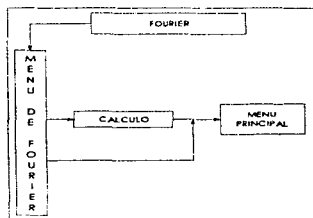


Figura 4.22 Submenú de Fourier

- **Cálculo del espectro de Fourier.** El sistema SPA01 tiene la capacidad de calcular la FFT (Fig 4.23) de la serie de tiempo (acelerograma sin corregir). Dado que cada uno de los canales indicados puede tener hasta 50000 valores, la FFT resultante puede estimarse para hasta 2^{16} .



Figura 4.23 Inicio del Cálculo de Fourier.

Una vez solicitado el cálculo se muestra una ventana de diálogo (Fig 4.24), donde se aplica el proceso a la memoria que se tiene seleccionada. En esta parte se pide al usuario que proporcione los parámetros necesarios, que serán explicados a continuación. Para calcular el espectro de Fourier, así como el archivo de salida donde se almacenarán los datos calculados.

Opciones de factor de normalización y número de puntos. Como se pudo observar en la ecuación 3.2 del capítulo III del análisis de Fourier, el cálculo de G es afectado directamente por la duración de la serie de tiempo $N\Delta t$, cuyo valor dependerá del número de datos N e intervalo de muestreo Δt . Dado que un acelerograma es una muestra finita, en donde el principio y el fin del registro no necesariamente coinciden con sus correspondientes inicio y término del movimiento del terreno, es conveniente que la amplitud de los valores de la FFT sea independiente de la duración, por lo cual se implementó esta opción.

Como consecuencia, se tienen las mismas amplitudes espectrales de una señal senoidal independiente del tamaño del intervalo analizado. Por lo cual se le solicita al usuario que seleccione el factor de normalización. El predeterminado es SISMICA, (los resultados son independientes de la duración) y la opción SISMOLOGIA, calcula la FFT de manera estándar.

-99- CALCULO DEL ESPECTRO DE FOURIER

Selecciona factor de Normalización:

Selecciona Incremento en frecuencia:

Archivo de Salida fft:

Figura 4.24 Presentación de datos para cálculo de Fourier.

El algoritmo empleado en el cálculo de la FFT requiere que el número de datos de entrada sea igual a alguna potencia de 2, y define al incremento en frecuencia Δf resultante como $1/NT$, donde NT es la duración. Para cumplir con los requerimientos del algoritmo se han incorporado dos opciones: Aquí se solicita que escoja el incremento en frecuencia, estando por defecto SIN INTERPOLAR, que completa el número de datos que se tienen con ceros hasta llegar a la potencia de dos siguiente (si se tienen 510 valores se seleccionará $2^9 = 512$, con 513 valores se tomará $2^{10} = 1024$) e INTERPOLAR, donde se busca un Δt tal que el número de datos resultante sea la potencia de dos más próxima al número de datos originales (Fig 4.24).

La opción SIN INTERPOLAR combinada con la de SISMOLOGIA, harán variar la duración, y por consiguiente cambiarán las amplitudes espectrales calculadas. En caso de análisis espectrales de varios acelerogramas, en donde se requiera que la duración sea igual para todos los registros, se recomienda tomar un tramo del mismo con la misma duración antes

de proceder al cálculo de las FFT's. En consecuencia, los cálculos resultarán con la misma potencia de 2 (número de puntos) y con el mismo incremento en frecuencia Δf .

Debe recordarse que el número total de valores de la FFT que son significativos es de $NFFT/2+1$, donde NFFT es el 2^n seleccionado por cualquiera de las dos opciones indicadas anteriormente, ya que el total de resultados contiene los valores para frecuencias positivas y negativas (Ref 21), y de que la frecuencia máxima que puede analizarse es de $1/2\Delta t$. Estas limitaciones son consecuencia de la duración del acelerograma y del intervalo de muestreo, los que son invariantes en la mayoría de los registros de este tipo.

Suavizado. En esta parte, se le pide al usuario el archivo de salida donde quedará almacenado el cálculo de la FFT, este archivo estará en forma binaria, a su vez se solicitará que escoja SIN SUAVIZAR o SUAVIZADO (Fig 4.24). Por defecto está SIN SUAVIZAR donde el vector complejo conserva todos sus valores y el SUAVIZADO, que se trata del uso de un filtro de un tercio de octava aplicado sobre el módulo, sin afectar los puntos donde aparecen los máximos y solo en un pequeño porcentaje, la amplitud de los mismos.

Como el resultado de la FFT es una serie de números complejos de la forma $G(f) = R(f) + j I(f)$, al realizar el filtrado sobre el módulo se pierde el ángulo de fase.

Una vez proporcionados todos los datos, se procederá a CALCULAR ó CERRAR, como lo muestra la figura 4.25. CALCULAR determinará los valores de la FFT de los tres canales y CERRAR desaparecerá la ventana de diálogo sin realizar ningún cálculo.

CALCULO DEL ESPECTRO DE FOURIER

Selecciona Factor de Normalizacion:

SISMICA SISMOLOGIA

Selecciona Incremento en Frecuencia:

SIN INTERPOLAR INTERPOLAR

Archivo de Salida fft: octt9404.ftt

SIN SUAVIZAR SUAVIZADO

CERRAR CALCULAR

Salida: octt9404.ftt

Figura 4.25 Parámetros necesarios para el cálculo de Fourier.

Al término se envía un mensaje (Fig 4.26), cabe mencionar que esta ventana cuenta también con los correspondientes mensajes de error en caso de que hiciera falta algún dato.

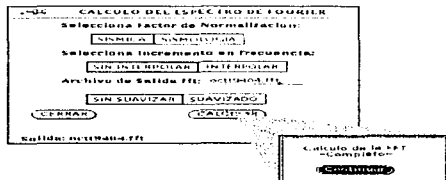


Figura 4.26 Cálculo de Fourier realizado.

5. **C.L.B.**

- **Cálculo de Corrección Línea Base.** Función no implementada. Se pretende que este comando se encargue de realizar el proceso de corrección de los datos de aceleración para obtener las historias de velocidad y desplazamiento con valores más exactos.

6. **OPCIONES**

El menú de opciones (Fig 4.27), a través de sus distintos comandos, permite las siguientes opciones:

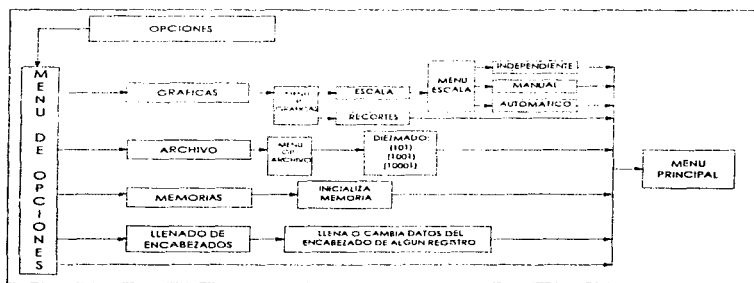


Figura 4.27 Submenú de opciones

- **Gráficas.** En esta opción se presentan las diferentes funciones que nos permiten, en cierta forma, manipular las gráficas de aceleración, mostradas en pantalla. Los comandos presentados adicionalmente son:

- **Ajuste de escalas**- se selecciona el tipo de escala a la cual se desean imprimir las gráficas, esta función realiza el ajuste de escalas a partir de los valores del eje de las abscisas (eje de amplitudes), como se muestran en las figuras 4.28 a 4.30.

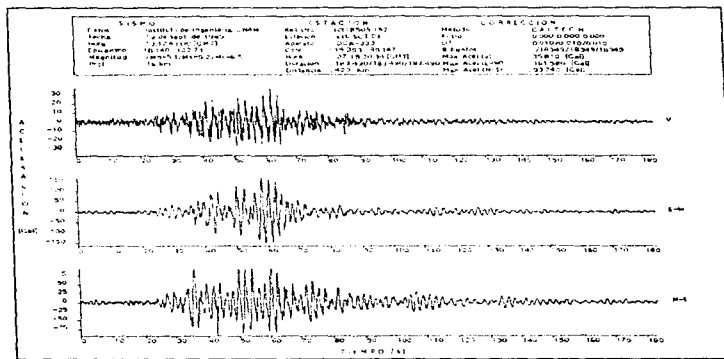


Figura 4.28 Aceleración (ajuste de escala - independiente)

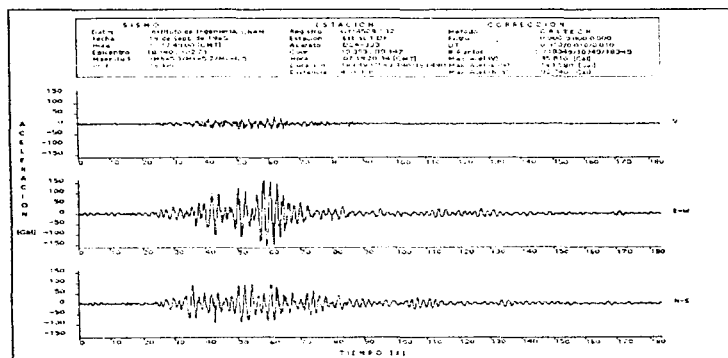


Figura 4.29 Aceleración (ajuste de escala - automática)

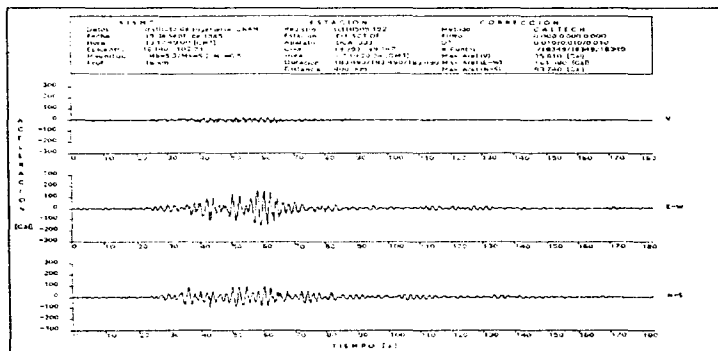


Figura 4.30 Aceleración (ajuste de escala - manual)

- **Recortes**- el usuario tiene la facilidad de realizar una ampliación de una determinada sección del registro, en este comando se presenta una caja de diálogo en la cual se piden los límites de la porción gráfica que se desea ampliar.

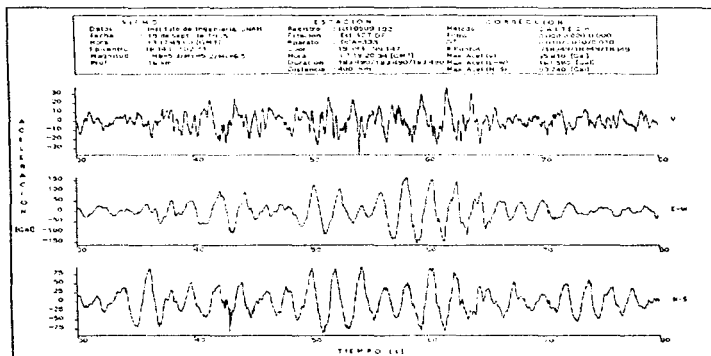


Figura 4.31 Aceleración (recorte)

- **Archivo**. Se presenta un comando adicional el cual consiste en decimar los archivos que estén demasiado grandes (Fig 4.32), esto es, eliminar puntos del archivo estándar de aceleración original y para esto hay tres tipos : 101, 1001, 1001.

A veces los registros contienen una duración de mas de 180 segundos a diferentes intervalos de muestreo, lo que crea un archivo estándar demasiado grande, que no podría ser procesado en el sistema o también a los propios investigadores no les interesa procesar un archivo con tantos datos. Con estas opciones se pueden eliminar muestras reduciendo su tamaño, afectando el intervalo de muestreo, el numero de muestras, pero conservando la duración del registro.

La forma en que se realiza el diezmado (101) es la siguiente: se toma un dato y otro no sucesivamente hasta encontrar el fin de archivo. Las otras opciones son similares solo cambia la forma en que se toman los datos, en el diezmado (1001) se salta de dos en dos y en el diezmado (10001) lo hace de tres en tres. El diagrama de flujo se muestra en la figura 4.34.

-94- DIEZMADO DE ARCHIVOS
 Directorio: CHILE/1974/INSTRUMENTACION/1974/01
 Archivo a Diezmar: _____
 Archivo de Salida: _____
 DIEZMADO (100) DIEZMADO (1001) DIEZMADO (10001)
 CERRAR

Figura 4.32 Decimación de archivos.

- **Llenado de encabezados** . Se presenta una caja de diálogo en donde se pide al usuario que proporcione los datos faltantes del registro seleccionado ó en su caso corregirlos (Fig 4.33).

-95- LLENADO DE ENCABEZADO : octt9404.152
 SISMO
 Lugar : _____
 Datos : Instituto de Ingeniería, UNAM
 Fecha : 15 de abril 1994
 Hora : 18:38:20.00
 Lat. Epic. : 15.912
 Long. Epic. : 99.230
 Magnitud : Mb=5.3
 Profundidad (km) : 15
 ESTACION
 Estacion : Ocotitlo
 Aparato : DCA-333
 Lat. Est. : 18.714
 Long. Est. : 101.963
 Hora Reg : 10:10:10
 GRAFICAR

Figura 4.33 Llenado de Encabezado.

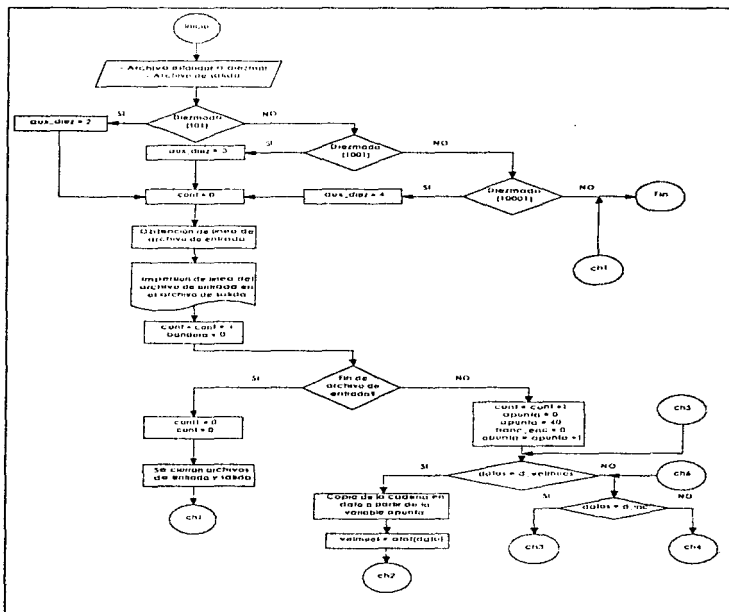


Figura 4.34 Diagrama de flujo de Diezmados.

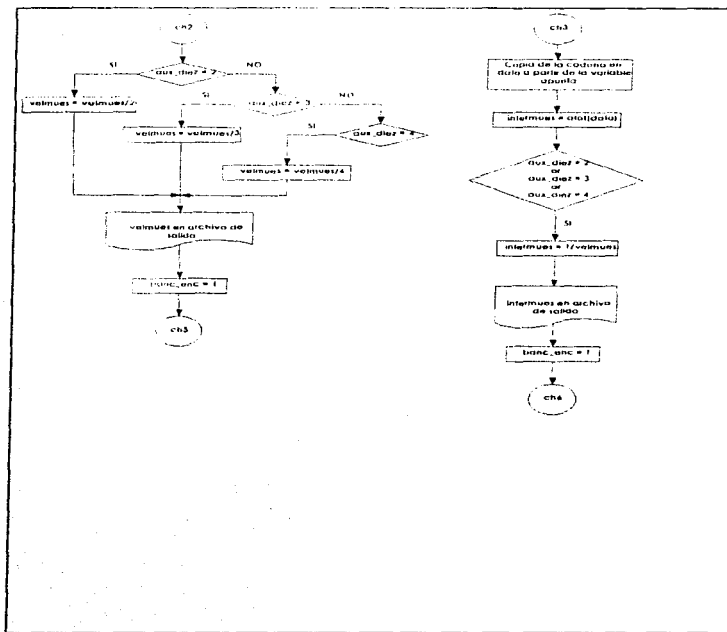


Figura 4.34 (Continuación).

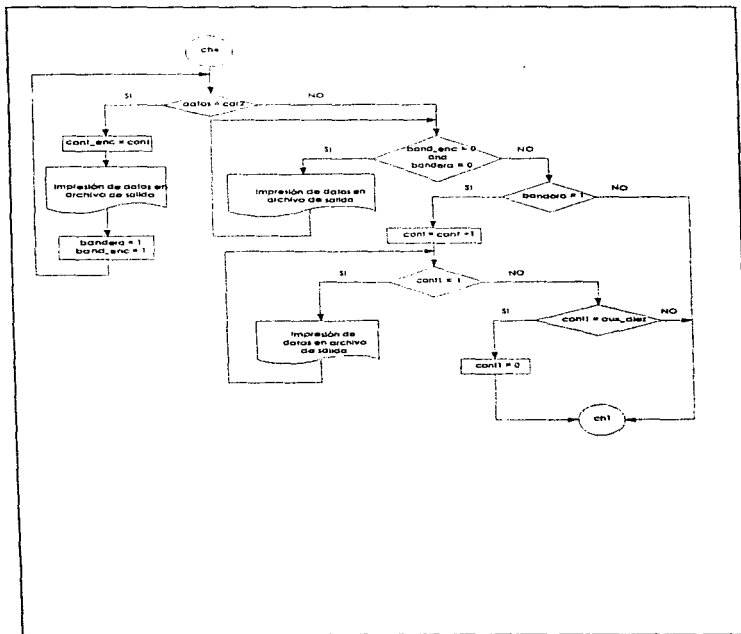


Figura 4.34 (Continuación).

4.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

Al realizar el diseño del SPA01 para estaciones de trabajo se tomaron en cuenta sus principales alcances y limitaciones considerando los datos a procesar, los resultados que se desean obtener y la forma en que comúnmente se presentan, así como las especificaciones técnicas del equipo en donde se empleará.

Durante las etapas de definición de las características del sistema SPA01 se consideraron primordialmente los siguientes puntos:

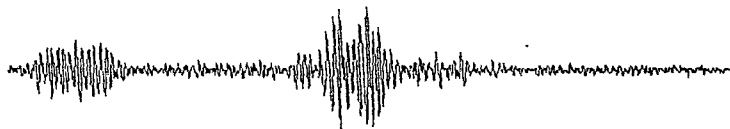
- El sistema recibe como entrada el archivo cuyo formato es utilizado en la BMDSF (ASA2.0).
- La longitud de los acelerogramas. En esta primera versión puede almacenar y procesar en memoria hasta 5 archivos diferentes.
- El número de muestras aceptado por cada archivo tiene como límite hasta 50,000 por canal. El sistema está diseñado para leer archivos que contengan como máximo tres canales.
- Los datos se alojan en memoria RAM para que el proceso sea mas rápido en cuestiones de graficación y de cálculo para realizar el proceso de la transformada rápida de Fourier , cuyos resultados se almacenan en un archivo de tipo binario.
- El sistema se dividió en módulos que agrupan al conjunto de rutinas necesarias para realizar alguna tarea, de tal forma que es relativamente sencillo localizar alguna para revisarla, modificarla o sustituirla. Los módulos implementados están distribuidos de la siguiente forma: spmain, memorias, asc_bin, diezma, Fourier.
- La interface gráfica que presenta el sistema OPENWINDOWS es muy atractiva para el usuario, ya que todas las opciones posibles se presentan por medio de objetos visuales.
- La selección de los objetos que se muestran en pantalla son seleccionables por medio del Mouse, lo cual facilita el acceso a los comandos del sistema.

4.4 MEJORAS DEL SISTEMA

El sistema SPA01 puede ser expandido o sufrir mejoras en sus módulos ya implementados, entre los que destacan:

- Corrección Línea Base, en el cual se realiza el proceso de corrección de acelerogramas para posteriormente obtener los datos de aceleración, velocidad y desplazamiento.
- De graficación de velocidad y desplazamiento.
- Rutinas del cálculo de espectros de respuesta.
- De graficación de espectros de respuesta.
- Rutinas necesarias para la conexión de una impresora en la estación de trabajo y mandar las gráficas que genera el sistema SPA01 a ese periférico de salida.
- Tener la posibilidad de generar en una pantalla, dos o más gráficas al mismo tiempo, de los datos obtenidos del cálculo del transformada rápida de Fourier, donde se le permita al usuario una mejor visión y comparación de las señales.
- Implementación de rutinas necesarias para que el sistema pueda ser ejecutado desde el servidor, como una herramienta compartida, para que el acceso se pueda realizar desde cualquier terminal conectada a éste; lo cual facilitará el manejo del mismo.

CAPITULO V



CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

Tal vez la meta más ambiciosa de la Sismología moderna sea la predicción inminente de grandes sismos, es decir, la posibilidad de saber con un nivel socialmente aceptable de error la magnitud, localización y fecha de un futuro terremoto. A pesar de que existe un esfuerzo científico internacional encaminado a satisfacer este propósito estamos aún lejos de tener un método seguro y consistente para predecir sismos. Mientras tanto, nuestras mejores defensas ante estos fenómenos serán un buen sistema de protección civil y el cumplimiento de normas y procedimientos de construcción civil adecuados para las diferentes zonas sísmicas de nuestro país.

El estudio de los procesos sísmicos no sólo involucra las disciplinas del área de Ciencias de la Tierra, sino que es un campo multidisciplinario en donde intervienen otras ramas de la ingeniería como son la Electrónica y la Computación.

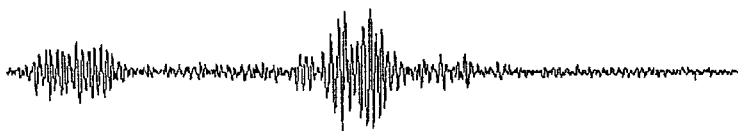
Como conclusión de éste trabajo se puede aceptar que dentro del amplio campo de estudio que abarca la Sismología, el procesamiento de datos constituye una parte fundamental. El desarrollo de programas sobre estaciones de trabajo enfocados al análisis de fenómenos físicos requiere de la interacción de varias disciplinas tanto científicas como tecnológicas; tal es el caso del Sistema de Procesamiento de Acelerogramas (SPA01), cuya base teórica se encuentra fundamentada en herramientas de análisis para la ingeniería sísmica y de metodologías de desarrollo de sistemas de computo tales como el diseño y programación estructurada por módulos.

Entre las principales características que presenta el SPA01 tenemos:

- Se desarrolló en una plataforma de hardware basada en sistemas Multitareas como las estaciones de trabajo [WorkStation ELC 360], que comparado con el sistema PRIME-550, se tiene mucho más comodidad en procesos, mejor resolución de imágenes y mayor potencialidad en el manejo de datos.
- El SPA01 trabaja en un ambiente gráfico estándar en el mercado para WorkStation SUN, esto le da al sistema características especiales, tales como: ambiente de trabajo amigable, interacción estándar con el usuario (cuadros de diálogo, menús, ventanas, uso del mouse), despliegue puramente gráfico, etc.
- El programa fué desarrollado mediante técnicas de programación estructurada por módulos, característica sumamente importante ya que permitió un desarrollo más rápido y mejor, reusabilidad de código y por ende, una mayor flexibilidad en el caso de cambios en el programa para la realización de futuras versiones del mismo.
- El diseño del programa contempló aspectos tales como la interacción usuario-computadora, la presentación de resultados y los tipos de entradas al programa, entre otros.

- La velocidad de proceso y despliegue de resultados es esencial en este sistema, el programa utiliza la memoria disponible para su ejecución, teniendo un excelente tiempo de respuesta, a pesar del proceso numerico realizado.

Esta y otras características dan al sistema SPA01 gran versatilidad en sus posibles aplicaciones, pudiendo ser usado en otras instituciones como Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, ya que estas instituciones en conjunto con el Instituto de Ingeniería, UNAM, tomaron el acuerdo en tener un solo formato para archivos provenientes de acelerogramas "El archivo estándar de aceleración", mismo que es usado por el SPA01.

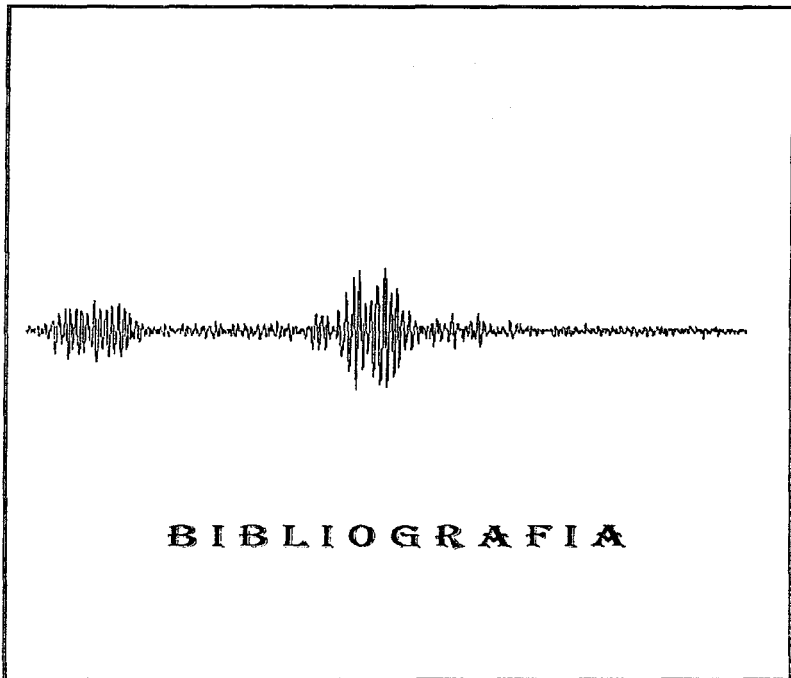


REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Mena E, et al., "**Catálogo de Acelerogramas Procesados del Sismo del 19 de septiembre de 1985**", parte I, Series del Instituto de Ingeniería, México, 1986, p 1-7.
2. Carmona C, et al., "**Catálogo de Acelerogramas Procesados del Sismo del 19 de septiembre de 1985**", parte II, Series del Instituto de Ingeniería, México, 1987, p 1-6.
3. Alcántara L, et al., "**Catálogo de Acelerogramas Procesados del Sismo del 19 de septiembre de 1985**", parte III, Series del Instituto de Ingeniería, México, p 3-8.
4. Alcántara L, et al., "**Catálogo de Acelerogramas Procesados del Sismo del 19 de septiembre de 1985**", parte IV, Series del Instituto de Ingeniería, México, 1992, p 1-8.
5. Quaaas R, et al.: "**Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes Catálogo de Estaciones Acelerográficas 1960-1992**", Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A.C., México, 1993, p 1-4.
6. Quaaas R, et al. "**Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes: Catálogo de Acelerogramas 1960-1993**", Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A. C., México, 1995, p 3-4.
7. Alcántara L, et al., "**Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes. Catálogo (1960-1995) y registros de Aceleración (1992-1995)**". Disco compacto, vol I, SMIS, 1997, p 3.
8. Manuales de PRIME Computer Inc. "**Operating System Manuals**", Varios números, USA, 1980-1984, p 1-2 a la 1-10.
9. Manuales de PRIME Computer Inc. "**The System Architecture Reference Guide PDR-3060**", USA, 1980, p 2-1 a la 2-10.
10. Quaaas R, et al., "**Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes Catálogo de Estaciones Acelerográficas 1960-1992**", op cit p 3.
11. Quaaas R, et al. "**The Mexican Standard Aceleration File**", Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, México, 1996, p 1-3.
12. Mendoza M. "**Instrumentación Sísmica para Registro de Temblores Fuertes**", Tesis de licenciatura, Facultad de Ingeniería UNAM, México, 1993, p 78.
13. Mena E, Carmona C. "**TERRE: Sistema para Proceso de acelerogramas**", Vol II; Publicación SIS-4 del Catálogo de las Series del Instituto de Ingeniería, México, 1987.
14. Hudson D. "**Reading and Interpreting strong-motion vibrations**", the Macmillan Press Ltd, England, 1983.

15. Brigham E., "The fast fourier transform ", Ed. Prentice Hall Inc., 1976, p 91-94.
16. Idem p 94-99.
17. Idem p 148-170.
18. Cooley and Tukey, " Machine Calculation of Complex Fourier Series ", 1965, p 297-301.
19. Senn J. "Análisis y Diseño de Sistemas de Información", McGraw-Hill, 1991, p 5-6.
20. Kernighan B, Ritchie D. "El lenguaje de programación C", Ed. Prentice Hall, 1991, p 1-4.
21. Brigham E, op cit p 160.
22. Senn J. op cit, p 32.
23. Idem p 33.
24. Idem p 38.
25. Idem p 42.

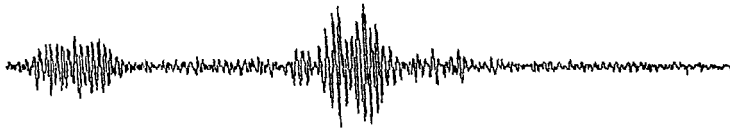


BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Barkakati N, " **Turbo C Bible** ", Ed. the waite group's, 1991.
2. Ceballos Francisco Javier, "**Curso de programación con C Microsoft** ", Ed. Macrobit, 1990.
3. Hopper W. "**Diseño de redes locales**"
4. Kernighan B, Ritchie D. "**El enlomo de programación UNIX**", Ed. Prentice Hall, 1993.
5. Lipka J, "**Computaciones Gráficas y Mecánicas**", C.E.C.S.A.
6. Lipshutz S, Poe A, "**Programación con Fortran**", Ed. Mc Graw Hill.
7. Manuales de PRIME Computer Inc. "**LOAD and SEG Reference Guide**", PDR-3524. USA, 1980.
8. Manuales de PRIME Computer Inc. "**PRIME DIPILOT Reference Guide**", PE-T230. USA, 1980.
9. Manuales de PRIME Computer Inc. "**Subroutines Reference Guide**", PDR-3621. USA, 1980.
10. Manuales de PRIME Computer Inc. "**The FORTRAN Reference Guide**", USA, 1980.
11. Manuales de PRIME Computer. Inc. "**The FORTRAN 77 Reference Guide**", IDR-4029. USA, 1980.
12. Manuales de PRIME Computer Inc. "**The Source Level Debugger Guide**", USA, 1980.
13. Mamey V, "**Networking and data communication**".
14. Mena E, "**Sistema de Procesamiento Avanzado de Acelerogramas de el Cenapred**", Coordinación de Instrumentación Sísmica, 1990.
15. Shildt H, "**Manual de referencia C**", Ed. Mc Graw Hill.
16. Suárez, G., Jiménez Z. "**Sismos de la Ciudad de México y el Terremoto del 19 de Septiembre de 1985**", Cuadernos del Instituto de Geofísica de la UNAM, México, 1988.
17. SUN Microsystems Inc. "**Sun System User's Guide**", Ed. Sun Microsystems, 1991.
18. Tenenbaum A, Langsam Y, Augenstein M, "**Estructuras de datos en C**", Ed. Prentice Hall, 1993.

A P E N D I C E A



**METODOLOGIAS PARA EL
DESARROLLO DE SISTEMAS**

METODOLOGIAS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS.

A medida que las computadoras son empleadas cada vez más por personas que no son especialistas en computación, el rostro del desarrollo de sistemas de información adquiere una nueva magnitud. Los propios usuarios emprenden ya el desarrollo de algunos de los sistemas que ellos emplean.

El desarrollo de sistemas es un proceso formado por diferentes etapas, comienza cuando la administración o algunos miembros del personal encargado de desarrollar sistemas, detecta que la empresa necesita desarrollar un sistema que satisfaga sus necesidades.

Todas estas situaciones están representadas por tres distintos enfoques al desarrollo de sistema de información en computadora (Ref 22):

1. Método del ciclo de vida para el desarrollo de sistemas.
2. Método del desarrollo del análisis estructurado.
3. Método del prototipo de sistemas.

Método del ciclo de vida para el desarrollo de sistemas.

El método de ciclo de vida es el conjunto de actividades que los analistas, diseñadores y usuarios realizan para desarrollar e implementar un sistema de información. En la mayor parte de las situaciones dentro de una empresa todas las actividades están muy relacionadas, en general son inseparables, y quizá sea difícil determinar el orden de los pasos que se siguen para efectuarlos.

Una idea básica del ciclo de vida del desarrollo de sistemas es que es un proceso bien definido en el cual se percibe una aplicación, se desarrolla y se realiza. El ciclo de vida le da estructura a un proceso creativo. Con el fin de manejar y controlar el esfuerzo de desarrollo, se hace necesario conocer que se debería haber hecho, que se ha hecho y aun que falta por cumplir. Las fases en el ciclo de vida proveen una base para la administración y el control en razón de que definen los segmentos de flujo de trabajo que se pueden identificar para propósitos administrativos y especificar los documentos u otros resultados que van a ser producidos en cada fase.

Las fases en el ciclo de vida para el desarrollo de sistemas de información son descritos por varios autores, pero las diferencias están principalmente en la cantidad de detalle y en la forma de categorización. Hay un acuerdo general en el flujo de pasos de desarrollo y la necesidad de procedimientos de control en cada etapa.

El método de ciclo de vida para el desarrollo de sistemas consta de las siguientes actividades (Ref 23):

1. **Investigación preliminar.** En esta etapa el analista interpreta las peticiones del usuario. Así como realizar un estudio de factibilidad en donde se evalúan los diferentes aspectos que influyen para la realización del proyecto, los cuales pueden ser en el aspecto técnico y/o económico, entre otros.
2. **Determinación de requerimientos.** Se establecen los elementos que conformarán el sistema.
3. **Diseño del sistema.** Se identifican los reportes y salidas que debe producir el sistema, así como se identifican los datos de entrada, aquellos que serán calculados y los que deben ser almacenados. Se detallan los procedimientos de cálculo. Los diseñadores seleccionan las estructuras de archivo y los dispositivos de almacenamiento, tales como discos, cintas magnéticas, etc.
4. **Desarrollo de software.** Los encargados de desarrollar software se encargan ya sea de implementar o de adquirir algunos sistemas a la medida del solicitante.
5. **Pruebas del sistema.** En esta fase el sistema, una vez finalizado, se emplea de manera experimental para asegurarse de que el software no tenga fallas, se pide al usuario o solicitante que realice las pruebas que el crea pertinentes.
6. **Implantación y evaluación.** La implantación es el proceso de verificar e instalar nuevo equipo, capacitar a los usuarios, instalar la aplicación y construir todos los archivos de datos necesarios para utilizarla.

Método del desarrollo del análisis estructurado.

Muchos especialistas en sistemas de información reconocen la dificultad de comprender de manera completa sistemas grandes y complejos. El método de desarrollo del análisis estructurado tiene como finalidad superar esta dificultad por medio de la división del sistema en componentes y la construcción de un módulo del sistema. El método incorpora elementos tanto de análisis como de diseño.

El análisis se concentra en especificar lo que se requiere que haga el sistema o la aplicación. No se establece cómo se cumplirán los requerimientos o la forma en que se implementará la aplicación (Ref 24). Mas bien permite que las personas observen los elementos lógicos (lo que hará el sistema) separados de los componentes físicos (computadoras, terminales, sistemas de almacenamiento, etc.). Después de esto se puede desarrollar un diseño físico eficiente para la situación donde será utilizado.

El análisis estructurado es un método para el desarrollo de sistemas manuales o automatizados, que conduce al desarrollo de especificaciones para sistemas nuevos o para efectuar modificaciones a los ya existentes. Además permite al analista conocer un sistema o proceso (actividad) en una forma lógica y manejable al mismo tiempo que proporciona la base para asegurar que no se omita ningún detalle pertinente.

Los elementos esenciales del análisis estructurado son símbolos gráficos, diagramas de flujo y el direccionamiento centralizado de datos.

Símbolos gráficos. Una de las formas de describir un sistema es preparar un bosquejo que señale sus características, identifique la función para la que sirve e indique como interactúa con otros elementos, entre otras cosas. Sin embargo, describir de esta manera un sistema grande es un proceso tedioso y propenso a errores ya que es fácil omitir algún detalle o dar una explicación que quizá los demás no entiendan.

Diagramas de flujo. El modelo del sistema recibe el nombre de diagrama de flujo de datos. La descripción completa de un sistema está formado por un conjunto de diagramas de flujo de datos.

Para desarrollar una descripción del sistema por el método del análisis estructurado se sigue un proceso descendente (top-down). Cada uno puede desglosarse en diagramas de flujo de datos cada vez más detallados, esta secuencia se repite hasta que se obtienen suficientes detalles que permiten al analista comprender en su totalidad la parte que se encuentra bajo investigación.

Direccionamiento centralizado de datos. Todas las definiciones de los elementos en el sistema (flujo de datos, procesos y almacenamiento de datos) están en forma detallada en el diccionario de datos. Si algún miembro del proyecto desea saber alguna definición del nombre de un dato o el contenido particular de un flujo de datos, esta información debe encontrarse disponible en el diccionario de datos.

Diseño Estructurado. El diseño estructurado es otro elemento del análisis estructurado. Emplea la descripción gráfica, se enfoca en el desarrollo de especificaciones del software. La meta es crear programas formados por módulos independientes unos de otros desde el punto de vista funcional. Este enfoque no sólo conduce hacia mejores programas sino que facilita el mantenimiento de los mismos cuando surja la necesidad de hacerlo.

El diseño es una técnica específica para la realización de programas y no un método de comprensión (Ref 25). Es decir, no indica nada relacionado con la creación de archivos o base de datos, la presentación de entradas o salidas, la secuencia de procesamiento o el hardware que dará soporte a la aplicación. Esta técnica conduce a la especificación de módulos de programas que son funcionalmente independientes.

La herramienta fundamental del diseño estructurado es el diagrama estructurado. Al igual que los diagramas de flujo de datos, son de naturaleza gráfica, evitan cualquier referencia relacionadas con el hardware o detalles físicos. Su finalidad no es mostrar la lógica de los programas, sino describir la interacción entre módulos independientes junto con los datos que de uno pasa a otro cuando interacciona con él. Estas especificaciones funcionan para los módulos que se proporcionan a los programadores antes que dé comienzo la fase de escritura de código.

Método del prototipo de sistemas.

El prototipo es un sistema que funciona, desarrollado con la finalidad de probar ideas y suposiciones relacionadas con el nuevo. Al igual que el sistema basado en la computadora, está constituido por software que acepta entradas, realiza cálculos, produce información ya sea impresa o presentada en una pantalla, o que lleva a cabo actividades significativas, es la primera versión o iteración de un sistema de información, es el modelo original.

Los usuarios evalúan el diseño y la información generada por el sistema. Lo anterior solo puede hacerse con efectividad si los datos utilizados, al igual que las situaciones, son reales. Por otra parte, deben esperarse cambios a medida que es utilizado.

El desarrollo de un prototipo para una aplicación se lleva a cabo en una forma ordenada, sin impartir las herramientas utilizadas. Las etapas que conforman el método de prototipo son las siguientes (Fig. A.1):

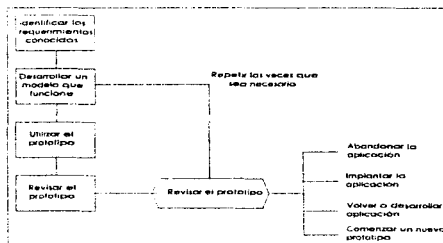


Figura A.1 Pasos a seguir en el método del desarrollo del prototipo.

Identificación de requerimientos conocidos. Antes de crear el prototipo, los analistas y usuarios deben trabajar juntos para identificar los requerimientos conocidos que tienen que satisfacerse. Para hacerlo determinan los fines para los que servirá el sistema y el alcance de sus capacidades.

Desarrollo de un modelo que funcione. Para comenzar la primera iteración tanto los usuarios como los analistas identifican de manera conjunta los datos que son necesarios para el sistema y especifican la salida que debe producir la aplicación. En esta etapa es más importante la rapidez con la que se construye el prototipo que la eficiencia de

operación. Es por esto que el analista no intenta optimizar la velocidad de operación del sistema.

Utilizar el prototipo. Es responsabilidad del usuario trabajar con el prototipo y evaluar sus características y operación. La experiencia con el sistema bajo condiciones reales permite obtener la familiaridad indispensable para determinar los cambios o mejoras que sea necesarios, así como la eliminación de características inadecuadas o innecesarias.

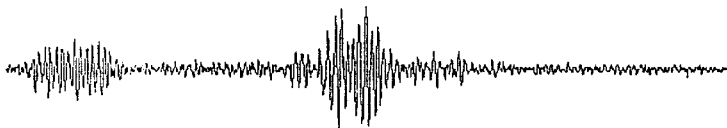
Revisión del prototipo. Se realiza la evaluación del prototipo para determinar si cumple con los requerimientos del usuario. Los cambios son planificados antes de llevarlos a cabo. Sin embargo el analista es el responsable de realizar sus modificaciones.

El proceso antes descrito se repite las veces que sea necesario como se muestra en la figura A.1, finaliza cuando los usuarios y analistas están de acuerdo en que el sistema ha evolucionado lo suficiente como para incluir todas las características necesarias o cuando ya es evidente que no se obtendrá mayor beneficio con una iteración adicional.

Cuando el prototipo es terminado, el siguiente paso es tomar la decisión sobre cómo proceder. Existen cuatro caminos a seguir después de evaluar la información obtenida con el desarrollo y uso del prototipo: abandonar el proyecto de aplicación, implantar el prototipo, volver a desarrollar la aplicación o comenzar con otro prototipo.

Cualquiera que sea el camino, la construcción de prototipos de aplicación favorece el proceso de desarrollo.

APENDICE B



CARACTERISTICAS DEL EQUIPO
DE COMPUTO

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA PRIME-550

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CARACTERISTICAS
MODELO	P- 550 MK-II
MEMORIA PRINCIPAL	2 Mbytes
MEMORIA CACHE	2 Kbytes
LONGITUD DE PALABRA	32 bits
LONGITUD DE PAGINA	1024 palabras
LONGITUD DE SEGMENTO	64 paginas (65.536 palabras)
ACCESO A MEMORIA CACHE	80 nanosegundos
UNIDADES DE DISCO	2 de 80 Mbytes c/u
TIPO DE DISCO	5 superficies
UNIDAD DE CINTA	1 de 9 tracks, 800/1600 bpi
NUMERO DE LINEAS	8 terminales y 4 de entrada de datos
TIPO DE TERMINALES	5 tektronix 4010 y 3 prime PT/45
NUMERO MAXIMO DE LINEAS	63 (15 con la actual configuración)
NUMERO MAXIMO DE TAREAS	128 (simultaneas)
TAMAÑO MAXIMO DE PROGRAMA	32 Mbytes
IMPRESORA	ATI - II
GRAFICADOR	Versatec V-80
SISTEMA OPERATIVO	PRIMOS, rev 18.3
FORMA DE TRABAJO	Tiempo compartido
LENGUAJES	Fortran, Fortran-77, Basic, Basic/vm, CPL, PMA
UTILERIAS	Midas, Debugger, Diplot, Irving

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA
SUN SPARC STATION ELC**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CARACTERÍSTICAS
Procesador	Ejecución: 20.3 SPECmarks (23.7 MIPS y 3.4 MFLOPS). Unidad entera: procesador SPARC RISC Unidad de punto-flotante: estándar 754 SPARC IEEE Memoria cache: 64 K.B.
Administración de memoria	Tipo: MMU Sun-4 Contexto: 8 en hardware. Interface de E/S: DVMA.
Memoria principal	Grupos de entrada paginados-mapeados: 128 PMEGs. Ram estándar: 8 MB (dos SIMMs de 4MB). Expansión en RAM: SIMMs de 4MB y 16MB. RAM máxima: 64MB (Cuatro SIMMs de 16MB), 40MB (dos SIMMs de 4MB y dos SIMMs de 16MB) y 16MB (cuatro SIMMs de 4MB).
Interface Ethernet:	Tipo de interface: AUJ.
Interface SCSI	Velocidad de datos: 10MB/seg.
Puertos de E/S	Conector: 15-pin "D-sub".
	Conector: SCSI-2 (síncrono).
	Seriales: Dos RS-232C cada una de 25-pines tipo "D-sub"; el primero para modem de control asíncrono/síncrono, el segundo con modo asíncrono con datos leads solamente.
	Audio: 8 KHz, 8 bits de código modulado con pulso-bajo, micrófono interno.
Monitor	Tipo: Monocromático de 17 pulgadas.
	Resolución: 1152 (h) X 900 (v) pixeles.
	Puntos por pulgada: 100.
	Relación de pixeles: 1:1
	Velocidad de refresco: 60Hz, noninterlaced/93MHz de brillo, contraste
	Antiglare/antistatic: ESF coating.
	Alimentación: 110-120/200-240 VAC, full ranging.
Teclado	107 teclas.
Mouse	Óptico de 3 botones.
Software	Sistema Operativo: SunOS 4.1.1 (UNIX).
	Lenguajes opcionales: C, Pascal, Modula-2, Fortran, Sun Lips, Cobol.
	Soporte estándar de comunicaciones y opciones gráficas:
	Ethernet, NFS.
	TCP/IP, SunVision, Xlib, Pixwin.
	Sistema Windows: OpenWindows, Xview.
	Conectividad con productos IBM/DEC.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CARACTERÍSTICAS
Bus de sistema	Tipo: Sbus
Disco duro	Bus de dirección: 25 bits. Bus de datos: 32 bits. Formato: disco de 3.5 pulgadas. Capacidad de formato: 207 MB y 424 MB.
Unidad de cinta	Formato: 8 mm. Capacidad de formato: 150 MB.
CD-ROM	Formato: CD-ROM de 5.25 pulgadas. Capacidad de formato: hasta 644 MB. Velocidad de transferencia Burst: 1.2 MB/seg.
Ambientales	Temperatura para operar: 10° C a 40° C (50° F a 104° F) Temperatura para no operar: -20° C y 60° C (-4 y 140° F) Humedad para operar: 20% a 80% de noncondensing Humedad para no operar: 95% noncondensing
Eléctricas	Voltaje de AC: 100-120 o 200-240 VAC. Frecuencia de AC: 50-60 Hz. Corriente: 2.2A/ 1.2A
Dimensiones Monitor:	Altura: 36.7 cm (14.5 pulgadas) Ancho: 40.9 cm (16 pulgadas) Profundidad: 39.5 cm (15.6 pulgadas)