



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN

---

---

**SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE  
SISMICIDAD VOLCÁNICA**

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA UNA ORGANIZACIÓN  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

LICENCIADA EN INFORMÁTICA

PRESENTAN:

CYNTHIA LILIANA VIDAL GAONA

SUSANA GARCÍA PERALTA

ASESOR: DR. RICARDO RIVERA SOLER

MÉXICO, D.F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

2002



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# Paginación

# Discontinua

## AGRADECIMIENTOS

Ha llegado el momento de poder plasmar la palabra que desde hace tiempo te he venido diciendo: gracias Dios mio. Gracias, por todo lo que me has dado: una familia entre la que se han forjado mis principios y sentimientos, amistades que a su paso han dejado gratos recuerdos, gracias por todas las oportunidades que has puesto en mi camino. El trayecto ha sido duro y en ocasiones desesperante, pero ahí has estado, para guiarme por el camino que un día te pedí me permitieras recorrer y en el que hoy doy el primer paso.

Quiero que la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Susana García Peralta

FECHA: 07 / Noviembre / 2002

FIRMA: [Firma]

Mamá, papá: gracias por el inigualable amor que me han dado, gracias porque han procurado siempre lo mejor para los suyos. Ustedes han sido pieza esencial en mi formación, han apoyado mis sueños de la mejor manera y esto quiero que la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

No, no se me podían olvidar ustedes, también miembros de la familia: hermanos, a cada uno de ustedes le doy las gracias por el apoyo que me brindaron muy a su manera.

NOMBRE: Cynthia Liliana Vidal y Goana

FECHA: 07 / 11 / 2002

FIRMA: [Firma]

Gracias también a cada uno de los profesores que han participado en mi formación. Por la atención y paciencia brindada, gracias.

Gracias a nuestro asesor, que nos guió y acompañó durante la elaboración del presente, por la paciencia brindada y los conocimientos aportados, gracias.

Mi Alma Mater no podía faltar, gran cariño y agradecimiento siento por ti, mi querida Universidad, en mi corazón te llevo y en mi actuar mi procedencia confirmo.

*Susana García Peralta*

---

## DEDICATORIAS

La realización del presente la dedico a mis padres, que por primera vez tendrán la alegría de un logro de esta índole, quienes han comprendido los desvelos y preocupaciones que he causado en ellos, por el apoyo que me han brindado y por las horas que no he podido estar a su lado. Así como por los esfuerzos realizados y al amor brindado en todo este tiempo.

También quiero dedicar el presente a quienes han empeñado sus esfuerzos y han logrado importantes avances tecnológicos en pro del desarrollo humano y no así en el perjuicio y destrucción del mismo, para todos aquellos que tienen la convicción de que la tecnología puede ser una herramienta de gran ayuda, para quienes han hecho de tales herramientas una realidad, gracias a todo ellos.

*Susana García Peralta*

---

## AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios mío por todo lo que me has dado a lo largo de toda mi vida, por el infinito amor que siempre me has tenido y que quizá no merezco.

Te agradezco mamá por todo tu sacrificio, por el apoyo y cariño que siempre me has brindado, porque gracias a ti he llegado hasta aquí y seguiré luchando para que siempre te sientas orgullosa de mí.

Agradezco a todas aquéllas personas que colaboraron con nosotras en la realización de este material, en especial a Juan Sosa por su disposición y gran apoyo.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme abierto sus puertas y permitirme lograr este sueño tan anhelado para mí, por ofrecerme un futuro más amplio y extraordinario.

*Cynthia Liliuna Vidal Gaona*

---

## DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a los investigadores y a aquellas personas encargadas de efectuar el monitoreo de volcanes activos en el mundo, esperando este sistema sea de gran utilidad en la labor que realizan.

Con especial cariño quiero dedicar este trabajo a la Universidad Nacional Autónoma de México por el enorme esfuerzo que realiza por seguir educando especialmente a la gente joven de nuestro país ya que nosotros somos el futuro de México.

*Cynthia Liliana Vidal Gaona*

# ÍNDICE

<b>PREÁMBULO</b> .....	<i>xi</i>
------------------------	-----------

<b>PRÓLOGO</b> .....	<i>xiii</i>
----------------------	-------------

## **PARTE I: MARCO INTRODUCTORIO**

### **1. ANTECEDENTES**

1.1. Centro Nacional de Prevención de Desastres	
1.1.1. Objetivo del CENAPRED .....	3
1.1.2. Apoyo del gobierno de Japón .....	3
1.1.3. Colaboración con la UNAM .....	4
1.1.4. Comités Científicos Asesores del Sistema Nacional de Protección Civil .....	4
1.1.5. Estructura del CENAPRED .....	4
1.2. Sismicidad volcánica	
1.2.1. Conceptos .....	10
1.2.2. Breve historia de sismicidad volcánica .....	17
1.2.3. Breve historia eruptiva del volcán Popocatepetl .....	17
1.2.4. Importancia del monitoreo del volcán Popocatepetl .....	18

## **PARTE II: SISTEMA ACTUAL**

### **2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

2.1. Descripción del problema .....	23
2.2. Demarcación del fenómeno .....	23
2.3. Justificación del proyecto .....	23

### **3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL**

3.1. Identificación de necesidades del usuario	
3.1.1. Entrevista al Subdirector de Cómputo .....	25
3.1.2. Entrevista al usuario final .....	28

3.2.	Identificación de recursos actuales	
3.2.1.	Recursos humanos	32
3.2.2.	Recursos tecnológicos	32
3.3.	Descripción del sistema actual	36
3.4.	Modelado del sistema actual	
3.4.1.	Diagrama de flujo de datos	43
3.4.2.	Modelo esencial	48
3.4.3.	Modelo ambiental	49
3.4.4.	Modelo de comportamiento	51
3.5.	Conclusiones del análisis del sistema actual	61
3.6.	Propuesta de solución	
3.6.1.	Especificaciones	62
3.6.2.	Ventajas	62
3.6.3.	Declaración del propósito	63
3.6.4.	Alcance	63
3.6.5.	Limitaciones	64

### **PARTE III: NUEVO SISTEMA**

#### **4. ANÁLISIS DEL SISV**

4.1.	Descripción del SISV	67
4.2.	Análisis de viabilidad	
4.2.1.	Viabilidad económica	68
4.2.2.	Viabilidad técnica	68
4.2.3.	Viabilidad legal	68
4.3.	Identificación de recursos para el SISV	
4.3.1.	Equipo de trabajo	69
4.3.2.	Recursos tecnológicos	69

4.4.	Modelado del SISV	
4.4.1.	Diagrama de flujo de datos .....	71
4.4.2.	Modelo esencial .....	76
4.4.3.	Modelo ambiental .....	77
4.4.4.	Modelo de comportamiento .....	79
5.	DISEÑO DEL SISV	
5.1.	Descripción de subsistemas y módulos .....	91
5.2.	Diseño de subsistemas y módulos	
5.2.1.	Modelo de implementación del usuario .....	97
5.2.2.	Modelo de implementación del sistema .....	98
5.2.3.	Modelo de implementación del programa .....	100
5.2.4.	Especificación de procesos .....	105
5.2.5.	Diccionario de datos .....	132
6.	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	
6.1.	Identificación de entidades y atributos .....	133
6.2.	Identificación de relaciones entre entidades .....	134
6.3.	Identificación del tipo de relaciones entre entidades .....	135
6.4.	Identificación del grado de relaciones entre entidades .....	136
6.5.	Diagrama entidad-relación .....	138
6.6.	Diccionario de la base de datos .....	139
7.	DESARROLLO DEL SISV	
7.1.	Programación de subsistemas y módulos .....	141
7.2.	Documentación	
7.2.1.	Manual técnico .....	142
7.2.2.	Manual de usuario .....	147
7.3.	Pruebas .....	156

---

## 8. IMPLANTACIÓN

8.1. Presentación del SISV .....	159
8.2. Pruebas con el usuario .....	159
8.3. Liberación del SISV .....	160
CONCLUSIONES .....	161
GLOSARIO .....	163
BIBLIOGRAFÍA .....	169
ANEXOS .....	173

---

## **PREÁMBULO**

Sin duda alguna, el monitoreo de fenómenos naturales es imprescindible para la población de cualquier país, ya que nos permite tomar medidas preventivas sobre alguna posible situación de desastre, éste es justamente el principal objetivo del CENAPRED, institución para la cual fue diseñado y desarrollado el presente sistema. Dado que esta labor es muy importante también lo es el contar con herramientas que agilicen los procesos involucrados y además ayuden en la toma de decisiones por parte de las autoridades correspondientes, es por ello la importancia de contar con un sistema de información que les ayude a lograr sus objetivos.

El diseñar un sistema de información implica el seguimiento de una metodología, en la cual, se tiene que realizar un análisis de necesidades del usuario, un estudio de los recursos con los que se cuenta y la comprensión del proceso que se realiza, con el propósito de entender la problemática que origina la necesidad de contar con un sistema de información y dar la mejor solución posible a ella.

Durante el desarrollo del presente documento se presenta el sistema denominado SISV (Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica), el cual maneja, administra y procesa la información sísmica del volcán Popocatepetl, permitiendo al usuario realizar consultas de ítems como sismogramas, gráficas del número de exhalaciones, planos de ubicación de sismos, de manera comparativa, apoyando a la toma de decisiones de manera ágil y precisa.

Es recomendable que el lector cuente con conocimientos en cómputo, tales como programación de sistemas, desarrollo de aplicaciones en web, bases de datos, entre otros, con el fin de lograr una mejor comprensión del presente documento.

Sobre la temática del sistema, no se pretende que el lector tenga conocimientos sobre ella, ya que se presenta un capítulo dedicado especialmente a introducir al lector en dicha temática, y como apoyo adicional, existe un glosario en el que se definen con mayor precisión algunos conceptos relacionados con el tema.

Este material se encuentra dividido en tres partes y 8 capítulos, a continuación se presenta una breve descripción de cada uno de ellos.

En el capítulo 1 se dan a conocer al lector los antecedentes de la organización para la cual se ha diseñado el sistema. Así mismo, se presenta la temática fundamental del mismo, se abordan términos como sismicidad, vulcanismo, etc.

En el siguiente capítulo se encuentra la descripción del problema, así como los motivos que justifican la realización del presente sistema.

---

El estudio efectuado de la problemática que le dio origen al nuevo sistema, la identificación de necesidades, la identificación de recursos así como el modelo del sistema actual se abordan en capítulo 3.

En el capítulo 4 se trata el análisis efectuado del Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica. Para ello se empleó la metodología de Análisis Estructurado propuesta por Edward Yourdon y diagramas de flujo de datos independientes a esta metodología.

En el siguiente capítulo se encuentra el diseño del SISV, el cual fue desarrollado a través de técnicas propuestas por Edward Yourdon, entre otras técnicas de diseño de sistemas.

En el capítulo 6 se presenta el diseño de la base de datos que es parte fundamental del SISV, se empleó la metodología de Oracle para el modelado de la misma.

En el capítulo 7 podemos encontrar la planeación del desarrollo del SISV, así como los manuales técnico y de usuario que forman parte de la documentación del sistema, además se plasman los resultados de las pruebas efectuadas al sistema.

Finalmente, el capítulo 8 describe la implantación del sistema, consistente en la presentación del mismo ante los usuarios, el resultado de las pruebas realizadas por éstos y por último la liberación del sistema.

Este sistema no pretende ser un sustituto del proceso de análisis realizado sobre todas las variables y mediciones relacionadas con el estudio del volcán Popocatepetl, sin embargo, es una valiosa herramienta para este proceso ya que permite la evaluación y comparación de variables sísmicas de un volcán, además en una próxima etapa el SISV será expandido de manera que abarque todas las variables que son estudiadas en el volcán Popocatepetl, dando la facilidad de emplearse en cualquier otro volcán susceptible de ser analizado.

---

## PRÓLOGO

El Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica desarrollado y explicado en el presente trabajo, es una herramienta que será utilizada por las diferentes Coordinaciones que componen al CENAPRED, en especial las áreas de Monitoreo volcánico y Riesgos volcánicos debido a que éstas son las responsables de la adquisición, procesamiento y almacenamiento de la información proveniente del volcán Popocatepetl.

El objetivo como se describe en el documento es automatizar el proceso de consulta de información así como su almacenamiento, estas labores se deben realizar de forma fácil y rápida, lo cual satisface el actual trabajo. Otra de las ventajas que se integra es que el proyecto puede seguir creciendo, debido a que el producto final que se contempla es contar con una herramienta para la toma de decisiones de las autoridades.

Este sistema es la versión inicial, debido a que en esta fase son contempladas solamente las variables sísmicas, que son las más representativas de la actividad del volcán, sin embargo serán contempladas próximamente todas las variables que son estudiadas en el monitoreo de un volcán activo.

*Ing. Gilberto Castelán Pescina*  
Subdirector de Monitoreo volcánico  
CENAPRED

---

## PARTE I: MARCO INTRODUCTORIO

### 1. ANTECEDENTES

#### 1.1. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

- 1.1.1. OBJETIVO DEL CENAPRED
- 1.1.2. APOYO DEL GOBIERNO DE JAPÓN
- 1.1.3. COLABORACIÓN CON LA UNAM
- 1.1.4. COMITÉS CIENTÍFICOS ASESORES DEL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
- 1.1.5. ESTRUCTURA DEL CENAPRED

#### 1.2. SISMICIDAD VOLCÁNICA

##### 1.2.1. CONCEPTOS

- 1.2.1.1. Vulcanismo
- 1.2.1.2. Sismicidad
- 1.2.1.3. Volcanes activos en México
- 1.2.1.4. Registros acelerográficos

##### 1.2.2. BREVE HISTORIA DE SISMICIDAD VOLCÁNICA

##### 1.2.3. BREVE HISTORIA ERUPTIVA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

##### 1.2.4. IMPORTANCIA DEL MONITOREO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

- 1.2.4.1. Descripción del volcán Popocatepetl

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

La responsabilidad principal del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) consiste en apoyar al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) en los requerimientos científicos y técnicos que su operación demanda.

Debido a las consecuencias catastróficas del sismo de 1985, en México surgieron diversas iniciativas para crear una institución que estudiara los aspectos técnicos de la prevención de desastres.

Por un lado, el Gobierno Federal emprendió la tarea de establecer el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Por otra parte, el gobierno de Japón ofreció su apoyo para mejorar los conocimientos existentes en relación con la prevención de desastres sísmicos.

Finalmente, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) decidió impulsar a su personal académico de alto nivel para que se dedicara a actividades de investigación y desarrollo en prevención de desastres.

Las tres iniciativas concurren en la creación, el 19 de Septiembre de 1988, del Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, con carácter de órgano administrativo desconcentrado, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Gobernación. Con el apoyo económico y técnico de Japón se construyeron las instalaciones del Centro, la UNAM aportó el terreno para su construcción y proporciona personal académico y técnico especializado. La Secretaría de Gobernación provee los recursos para su operación.

El CENAPRED fue inaugurado el 11 de mayo de 1990.

#### 1.1.1. OBJETIVO DEL CENAPRED

Aportar los elementos necesarios dentro del ámbito de su competencia para mitigar los efectos negativos de los fenómenos naturales y/o producidos por el hombre, así como coadyuvar en el proceso de consolidar mejores canales de información que permitan preparar a la población para enfrentar estos sucesos.

#### 1.1.2. APOYO DEL GOBIERNO DE JAPÓN

La creación y el desarrollo del CENAPRED fueron posibles gracias al apoyo del gobierno de Japón. En el inicio de su operación se estableció un Convenio de Cooperación Técnica y se instaló una misión de expertos japoneses, quienes colaboraron en su fundación.

---

La cooperación técnica consistió en:

- ❖ Envío de expertos japoneses para la planeación y la ejecución de proyectos conjuntos.
- ❖ Capacitación de personal del CENAPRED en Japón.
- ❖ Donación de equipo.

### **1.1.3. COLABORACIÓN CON LA UNAM**

Ambas instituciones realizan proyectos de investigación conjunta, además, la UNAM participa en el Comité Técnico Asesor del CENAPRED. El convenio firmado por ambas instituciones asegura que personal académico universitario de alto nivel contribuya en las actividades de investigación, capacitación y difusión del CENAPRED.

### **1.1.4. COMITÉS CIENTÍFICOS ASESORES DEL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL**

El 6 de junio de 1995 se crearon los Comités Científicos Asesores del Sistema Nacional de Protección Civil, como órganos técnicos de consulta en la prevención de desastres originados por fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitarios y finalmente en lo concerniente a los aspectos sociales de los desastres. Su función es emitir opiniones y recomendaciones, mediante el CENAPRED como Secretario Técnico, a efecto de orientar técnicamente la toma de decisiones para la prevención de desastres.

### **1.1.5. ESTRUCTURA DEL CENAPRED**

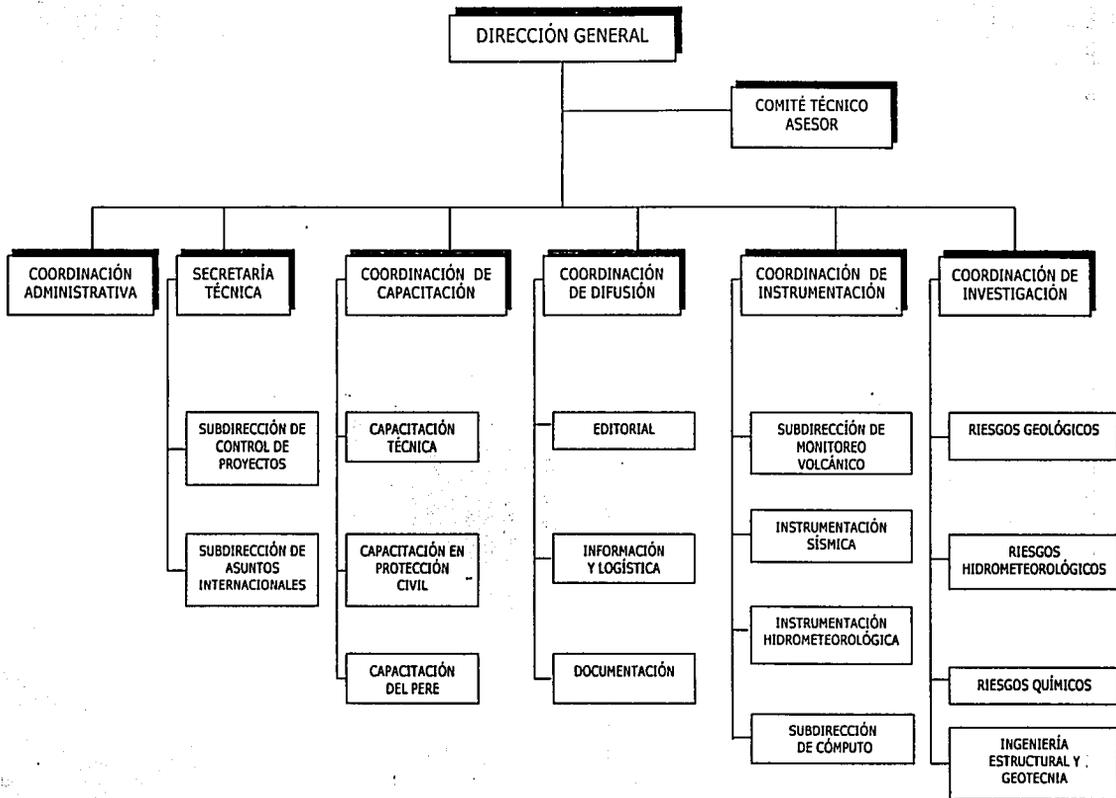
EL CENAPRED está estructurado en cuatro Coordinaciones y una Secretaría Técnica, las cuales atienden las actividades sustantivas, de apoyo técnico, administrativo e institucional, todas bajo la supervisión del Ing. Roberto Quaas Weppen, Director General del CENAPRED.

Como órgano superior, existe una Junta de Gobierno, la cual es presidida por el C. Secretario de Gobernación, y está integrada por representantes de las dependencias responsables de prevenir y atender desastres.

Las Coordinaciones son:

- ❖ Coordinación de Investigación
- ❖ Coordinación de Instrumentación
- ❖ Coordinación de Capacitación
- ❖ Coordinación de Difusión
- ❖ Coordinación Administrativa

# ORGANIGRAMA DEL CENAPRED



---

#### ❖ Coordinación de Investigación

Ningún programa de desarrollo sustentable puede realizarse sin tomar en cuenta los riesgos asociados a diversos fenómenos naturales, así como los derivados de la actividad humana. La naturaleza de esos fenómenos y el cómo evitar que deriven en catástrofes son los objetivos centrales de los programas de investigación que se realizan en esta Coordinación. Esa es la idea central de la prevención de desastres.

Los investigadores, técnicos y estudiantes que conforman la Coordinación están distribuidos en cuatro áreas:

- Riesgos geológicos
- Riesgos hidrometeorológicos
- Riesgos químicos
- Ingeniería estructural y geotecnia

#### ❖ Coordinación de Instrumentación

Su objetivo es coordinar, regular y actualizar permanentemente las acciones de monitoreo, vigilancia y alertamiento de fenómenos naturales a nivel nacional, para prevenir y mitigar los desastres. Está formada por las siguientes áreas:

- Subdirección de Monitoreo volcánico

Su principal objetivo es diseñar, implementar y en su caso, operar redes de instrumentos especializados para la observación y monitoreo de volcanes activos en México. Además se encarga de vigilar en forma sistemática y continua la actividad que presenten los volcanes instrumentados, particularmente el volcán Popocatepetl, para poder detectar en forma oportuna cualquier cambio significativo en su actividad y poder alertar e informar a las autoridades de Protección Civil, así como a la población en general sobre una condición de riesgo.

Entre sus actividades se encuentran:

- ⇒ Diseñar e instrumentar redes para el monitoreo de los volcanes, basadas en estaciones sísmicas, de deformación, de detección de flujos y de monitoreo visual.
- ⇒ Operar y mantener en forma óptima las estaciones y los sistemas de medición.
- ⇒ Concentrar la información mediante sistemas de telemetría en el centro de registro y procesamiento del CENAPRED.
- ⇒ Vigilar permanentemente la actividad del volcán Popocatepetl, durante las 24 horas del día con personal capacitado, así como realizar reportes diarios de dicha actividad para darlos a conocer a través de: teléfono, fax, internet y el sistema de envío de información a radiolocalizadores (POPOBIP).

- ⇒ Procesar y evaluar oportunamente la información recolectada por el sistema de monitoreo.
- ⇒ Publicar y difundir la información e intercambiarla con otras instituciones de investigación a nivel nacional e Internacional.
- ⇒ Diseñar y desarrollar nuevos instrumentos y tecnologías de medición, especializados para mejorar la eficiencia y confiabilidad de los sistemas en operación.

Se realiza un análisis de la información obtenida del monitoreo, con lo cual se obtienen las recomendaciones relativas al nivel de alertamiento, las cuales son tomadas por el Comité Técnico Asesor, integrado por eminentes investigadores de la UNAM y del CENAPRED. Mediante reportes especiales, autoridades del gobierno y de Protección Civil son informadas periódicamente acerca del nivel de actividad del volcán Popocatepetl. Para el público en general se dispone de un buzón telefónico con mensajes sobre su estado de actividad.

- Instrumentación sísmica

El CENAPRED cuenta con un sofisticado sistema de observación sísmica que está integrado por 15 estaciones acelerográficas para el registro de temblores y un sistema centralizado de recepción y procesamiento de datos, además se tienen 2 estaciones adicionales que se encuentran instrumentadas con acelerógrafos de fabricación nacional. Esta red fue instalada a principios de 1990 y ha estado en operación continua por un periodo de 6 años produciendo desde entonces importante información sísmica.

- Instrumentación hidrometeorológica

Su objetivo es desarrollar nuevas tecnologías para la vigilancia y el alertamiento de fenómenos hidrometeorológicos y ambientales con el fin de auxiliar en la toma de decisiones a las autoridades de Protección Civil y alertar a las poblaciones en riesgo ante la presencia de estos fenómenos.

El área de Instrumentación hidrometeorológica surge de la colaboración entre la Coordinación de Instrumentación y el área de Riesgos hidrometeorológicos de la Coordinación de Investigación ante la creciente necesidad de contar con un sistema de vigilancia de lluvias intensas que pudieran afectar a la población, sobre todo a aquella que vive en zonas de alto riesgo.

De esta forma nacen los Sistemas de Alerta Hidrometeorológica (SIAT), los cuales constituyen una herramienta técnica auxiliar para las autoridades en la toma de decisiones sobre la evacuación de la población que pudiera resultar afectada.

---

- Subdirección de Cómputo

Se encarga de la administración, transporte y almacenamiento de la información que el Centro adquiere, utilizando para ello la tecnología informática.

Entre sus funciones se encuentran:

- ⇒ Administrar los recursos informáticos (hardware y software) del Centro, mantener en operación la red de datos, así como brindar asesoría técnica a las diferentes áreas.
- ⇒ Mantener en óptima operación los recursos informáticos con los que cuenta el Centro, para permitir el desarrollo de las actividades de las diferentes áreas, obteniendo el máximo beneficio de los elementos informáticos de los que se dispone.
- ⇒ Desarrollar herramientas que permitan el procesamiento de datos que son adquiridos por las diferentes áreas del Centro, agilizando con ello la generación de información que permita a las autoridades encargadas de la toma de decisiones una respuesta oportuna y eficaz.
- ⇒ Difundir de forma electrónica los resultados del seguimiento del monitoreo de los diferentes fenómenos naturales que afectan al territorio nacional, con el fin de ofrecer a las autoridades, a los medios de comunicación y a la sociedad expuesta a la contingencia de un desastre, medidas de preparación y autoprotección.

- ❖ Coordinación de Capacitación

La Coordinación de Capacitación tiene a su cargo la planeación, diseño, organización, realización y evaluación de cursos en materia de protección civil, así como cursos especializados. Brinda apoyo a instituciones que realizan actividades de capacitación y actualización profesional, específicamente en los aspectos relacionados con la prevención de desastres, la preparación de programas de protección civil y la seguridad sísmica de las construcciones.

Los diferentes organismos del sector público, privado y social envían al personal que integra las Unidades Internas de Protección Civil para que sea capacitado sobre las medidas recomendables a aplicar ante los diferentes fenómenos que pueden presentarse en nuestro país.

Está compuesta por las siguientes áreas:

- Capacitación técnica
- Capacitación del Plan de Emergencia Radiológica Externo (PERE) de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde
- Capacitación en protección civil

#### ❖ Coordinación de Difusión

Su objetivo es planear, diseñar y difundir publicaciones especializadas y de divulgación general que promuevan un mayor conocimiento de los fenómenos potencialmente destructivos y una cultura para la reducción de desastres, además de coordinar la producción de materiales que apoyen la divulgación de conocimiento y que promuevan conductas de autoprotección en la población (carteles, folletos, trípticos, etc.).

Además, se encarga de divulgar a través de los canales disponibles de comunicación los conocimientos y desarrollos tecnológicos que se realizan tanto en el CENAPRED como en otras Instituciones, nacionales y extranjeras.

Se compone de las siguientes áreas:

- Editorial
- Información y logística
- Documentación

#### ❖ Secretaría técnica

Los objetivos de esta Secretaría consisten en apoyar las actividades técnicas y académicas que realizan las Coordinaciones de Investigación e Instrumentación, sistematizar la información referente a las actividades desarrolladas en este Centro, para control de gestión e implementación de los programas de adquisición, y llevar a cabo el mantenimiento y desarrollo de los diversos equipos de esta institución.

La Secretaría Técnica está dividida en dos áreas de trabajo:

- Subdirección de Control de Proyectos
- Subdirección de Asuntos Internacionales

---

## 1.2. SISMICIDAD VOLCÁNICA

### 1.2.1. CONCEPTOS

#### 1.2.1.1. Vulcanismo

En muchos lenguajes, la palabra volcán significa literalmente "montaña que humea". En castellano "volcán" proviene del latín vulcano, referido al Dios del Fuego de la mitología romana.

También se puede decir que un volcán es una abertura en la corteza terrestre de donde salen materiales calientes como lava, ceniza, rocas, gases y vapores del interior de la Tierra, dichos materiales pueden ser expulsados por las grietas o por el cráter. Parte de estos materiales se acumulan alrededor del lugar de salida, formando montañas que llegan a alcanzar grandes alturas.

Los materiales rocosos que emite un volcán pueden ser fragmentos de las rocas viejas que conforman la corteza o la estructura del volcán, o bien rocas nuevas o recién formadas en la profundidad. Las rocas nuevas pueden ser arrojadas por el volcán en estado sólido o fundidas. El *magma* es la roca fundida que se encuentra en la parte interna del volcán, que cuando alcanza la superficie, pierde parte de los gases que lleva en solución. *Lava* es el magma o material rocoso nuevo, líquido o sólido, que ha sido arrojado a la superficie.

Comúnmente, las lavas recién emitidas se encuentran en el rango de temperaturas entre 700 °C y 1200 °C, dependiendo de su composición química. Todas las rocas que se han formado a partir del enfriamiento de un magma se llaman *rocas ígneas*. Cuando el enfriamiento tuvo lugar en el interior de la tierra, y las rocas fundidas no llegaron a emerger a la superficie, se llaman *rocas ígneas intrusivas*. Cuando la roca se ha formado a partir del enfriamiento de lava en la superficie, se denomina *roca ígnea extrusiva*. A todas las rocas que han sido producidas por algún tipo de actividad volcánica, sean intrusivas o extrusivas, se les llama *rocas volcánicas*. No todas las rocas ígneas son volcánicas.

Existen grandes masas de rocas ígneas intrusivas, denominada *plutónicas*, que se han enfriado a gran profundidad, sin estar asociadas a ningún tipo de actividad volcánica. Algunas de las rocas plutónicas más comunes son ciertos tipos de granito.

Una *erupción volcánica* es la emisión de material rocoso y gases a alta temperatura. Cuando ésta es el resultado directo de la acción del magma o de gas magmático, se tiene una *erupción magmática*. Las erupciones pueden resultar también como efecto del calentamiento de cuerpos de agua por magma o gases magmáticos. Cuando el cuerpo de agua es un acuífero subterráneo, la erupción generada por el sobrecalentamiento de éste por efectos magmáticos, se denomina *erupción freática*. Este tipo de erupciones generalmente expulsa fragmentos de roca sólida vieja, producidos por las explosiones de vapor. En algunos casos, este tipo de erupciones puede emitir también productos magmáticos mezclados con los de la erupción de vapor, si éste es el caso, la erupción se denomina *freatomagmática*.

Es común que, después de una gran erupción magmática o freatomagmática, una formación de lava muy viscosa empiece a crecer en el fondo del cráter por la chimenea

volcánica, formando una estructura en forma de cúpula a la que se llama *domo*, que puede crecer hasta cubrir por completo al cráter.

Los materiales rocosos fragmentados emitidos por una erupción, lanzados en forma sólida o líquida, se denominan *piroclastos*. La fragmentación de los piroclastos depende de la intensidad de la erupción explosiva. Éstos, al depositarse en el suelo, pueden cementarse por varios procesos, tales como solidificación, por enfriamiento si venían fundidos, o por efecto del agua. Los piroclastos cementados forman las *rocas piroclásticas*.

Una forma genérica de referirse a los productos piroclásticos es *tefra*. A los fragmentos de tefra de menor tamaño (menores de 2mm) se les llama *ceniza*, y a los mayores *lapilli*. El magma, antes de emerger en una erupción, se acumula bajo el volcán a profundidades de unos cuantos kilómetros en una *cámara magmática*.

Las erupciones explosivas pueden producir densas columnas de tefra que ocasionalmente penetran la estratosfera y alcanzan alturas superiores a los 20 km, éstas son las *columnas eruptivas*.

Durante una erupción explosiva, el magma al alcanzar la superficie, produce grandes cantidades de gas, que traía en solución y libera enormes cantidades de energía por diversos procesos.

### ***Tipos de volcanes***

Por su morfología, los volcanes se pueden clasificar en:

#### ❖ Conos de ceniza

Estos conos se forman por el apilamiento de escorias o cenizas durante las erupciones basálticas, en las que predominan los materiales calientes solidificados en el aire, y que caen en las proximidades del centro de emisión. Las paredes de un cono no pueden tener en este caso pendientes muy altas, por lo que generalmente tienen ángulos comprendidos entre 30° y 40°. Son de forma cónica, base circular. Como ejemplo se puede mencionar al volcán Xitle, ubicado en la falda norte del Ajusco, D.F. y otros muchos volcanes que se encuentran en la zona de Michoacán-Guanajuato.

#### ❖ Volcanes en escudo

Son aquellos cuyo diámetro es mucho mayor que su altura. Se forman por la acumulación sucesiva de corrientes de lava muy fluidas, por lo que son de poca altura y pendiente ligera. Su topografía es suave y su cima forma una planicie ligeramente incorporada. Como ejemplo de este tipo de volcanes están los volcanes hawaianos y los de las Islas Galápagos. Ocasionalmente se observan volcanes de escudo con un cono de ceniza o escoria en su cúspide, como es el caso del volcán Teutli en Milpa Alta, D.F.

#### ❖ Volcanes estratificados

Son los formados por capas de material fragmentado y corrientes de lava intercaladas, lo que indica que surgieron en épocas de actividad explosiva, seguidas por

otras donde se arrojaron corrientes de lava fluida. El Popocatépetl pertenece a esta categoría.

### **Tipos de erupciones**

Las erupciones volcánicas pueden ser clasificadas en varias categorías, de acuerdo con sus características. Una de las más tradicionales es aquella basada en los nombres de los volcanes de los cuales constituye una actividad típica, o de alguna erupción históricamente famosa, como por ejemplo los volcanes de Hawai, el Stromboli, el Vulcano, el Monte Pelée, o de la erupción del Vesubio en el año 79 D.C., descrita por Plinio El Joven, etc.

<b>TIPO</b>	<b>NATURALEZA DEL MAGMA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Islandiana	Fluido (basáltico)	Erupción de fisura, emisiones no explosivas de medianos a grandes volúmenes de lava basáltica. Producen extensos campos planos de lava y algunos pequeños conos de salpicaduras de escoria.
Hawaiana	Fluidos (basáltico)	Similar a la Islandiana, pero con actividad central más pronunciada. Frecuente aparición de grandes fuentes de lava.
Strombollana	Moderadamente fluido, dominan los basaltos	Erupciones más explosivas que las Hawaianas, con una mayor proporción de fragmentos y piroclastos. La actividad puede ser rítmica o continua. Producen conos de escoria de tamaño pequeño a regular. Ejemplo: Paricutín, 1943.
Vulcaniana	Viscoso	Explosividad moderada a violenta con emisiones de fragmentos sólidos o semisólidos de lava juvenil, bloques líticos, cenizas y pómez. Producen conos de ceniza, de bloques o combinaciones. Ejemplo: El Chichón, marzo 28 de 1982.
Pelééana	Viscoso	Similar a la vulcaniana, pero más explosiva, con emisiones de violentos flujos piroclásticos. Produce domos, espinas y conos de ceniza y pómez.
Pliniana	Viscoso	Emisión de grandes columnas eruptivas y flujos piroclásticos. Intensas explosiones producen extensas lluvias de ceniza y lapilli. Pueden producir colapso del edificio volcánico y formación de calderas. Ejemplo: El Chichón, abril 4 de 1982.
Ultrapliniana	Viscoso	Erupción tipo pliniana pero extremadamente grande y destructiva.
Flujos riolíticos	Viscoso	Enormes flujos de ceniza que con volúmenes de varias decenas o centenas de km <sup>3</sup> pueden cubrir grandes extensiones con cenizas o pómez semi-fundidas.

### 1.2.1.2. Sismicidad

La Tierra está formada por varias capas de roca y otros materiales muy duros, el centro del planeta se encuentra a muy altas temperaturas. La última de estas capas es lo que llamamos corteza terrestre, es decir, donde vivimos.

La corteza terrestre es la más delgada de las capas del planeta, sin embargo, tiene varios kilómetros de grueso y está formada a su vez por varias capas de tierra y roca llamadas placas. Estas placas llegan a chocar entre sí debido a la presión interna del planeta, cuando ésto ocurre, los que vivimos en la corteza terrestre sentimos un temblor de tierra.

Un temblor es un fenómeno natural que se produce en la corteza terrestre, se manifiesta con movimientos que pueden ser leves o muy bruscos y en distintas direcciones.

El foco o epicentro de un temblor es el lugar que queda exactamente arriba del sitio donde se inicia un temblor, a partir de ese lugar se producen las vibraciones o los movimientos. Mientras más cerca se esté del foco o lugar de inicio, más fuerte se sentirá el temblor.

Existen diversas causas que producen temblores. En el interior de la corteza terrestre hay cavernas naturales que llegan a derrumbarse, y el reajuste del suelo produce movimientos que en la superficie se registran como temblores.

Otra causa es cuando nace un volcán, o cuando alguno existente entra de pronto en actividad también se producen temblores que generalmente no alcanzan grandes distancias pero que pueden ser muy fuertes en sus cercanías.

Antes de un temblor fuerte pueden presentarse otros de menor intensidad, a estos temblores pequeños se les llama *premonitores*. Generalmente se producen temblores pequeños después de alguno muy fuerte, y éstos cesarán hasta que la corteza terrestre vuelva a encontrar su equilibrio.

La profundidad a la que se encuentran las placas cuando chocan entre sí, determina la intensidad de un temblor. Entre más profundas estén las placas, más leve se siente el temblor. En cambio, cuando chocan las placas superficiales, que están a menos de 60 kilómetros de profundidad provocan temblores intensos.

#### **Actividad sísmica en volcanes**

Uno de los propósitos fundamentales para el estudio de la sismología volcánica es conocer los patrones de actividad sísmica que permitan establecer oportunamente la probabilidad de una erupción. La actividad sísmica en volcanes suele presentarse con meses o años de anticipación a cualquier manifestación observable en el exterior, por ejemplo la emisión de vapor, gases o cenizas o bien el calentamiento del agua de la laguna que puede formarse en el cráter. Es por ello que la sismología volcánica es considerada como una de las herramientas más útiles en el conocimiento del fenómeno volcánico y determinante, en consecuencia, para la protección de las poblaciones cercanas.

---

## ***Tipos de sismos***

Los sismos pueden agruparse, tomando en cuenta su origen de la siguiente forma:

### ❖ Tectónicos

Los sismos llamados tectónicos son aquellos producidos por rupturas de grandes dimensiones en la zona de contacto entre placas tectónicas (sismos interplaca) o bien en zonas internas de éstas (sismos intraplaca). En México, estos sismos comúnmente tienen sus epicentros en la costa occidental, con profundidades típicas entre 15 y 20 Km

Las profundidades de estos sismos pueden variar entre unos cuantos kilómetros hasta 70 u 80, en el caso de nuestro país.

### ❖ Volcánicos

Como resultado del movimiento de fluidos y gases, así como de la generación de fracturas o bien del colapso de cavidades ocasionadas por salidas de magma, se originan los sismos volcánicos. En las etapas previas a episodios de actividad volcánica mayor, estos eventos se presentan en número reducidos (algunos sismos por día o por mes). Sin embargo, poco antes y sobre todo durante una erupción, la actividad sísmica aumenta hasta presentar decenas o cientos de sismos en unas horas.

Los sismos volcánicos muy pocas veces han rebasado los 6 grados en la escala de magnitud. Por tanto, la probabilidad de que un volcán pueda llegar a ocasionar daños por la actividad sísmica es muy baja. La magnitud promedio de sismos en el Popocatepetl se ha mantenido en 2.4 a partir de diciembre de 1994. La magnitud máxima alcanzada hasta ahora es de 3.9.

### ❖ De colapso

Estos últimos son producidos principalmente por el derrumbamiento de techos de cavernas o minas y sólo son percibidos en áreas reducidas.

## ***Sismos volcánicos***

Se han establecido cuatro categorías de sismos volcánicos, usadas a escala mundial:

### ❖ Tipo "A"

Con apariencia similar a los tectónicos, normalmente se presentan a profundidades hasta de 20 km y con carácter impulsivo en sus fases iniciales. La localización del hipocentro de estos eventos señala su agrupamiento en un volumen definido y de manera numerosa. Se considera que se deben a fracturas de materiales corticales.

### ❖ Tipo "B"

Son de poca profundidad y muestran un aumento gradual de sus amplitudes con el tiempo. La fuente de este tipo de eventos es en buena proporción ondas superficiales, muy probablemente la resonancia, debida a presiones transitorias en un conducto o una fractura saturada con fluidos.

### ❖ Tremor armónico

Es una vibración de carácter continuo que puede prolongarse por varias horas con amplitudes regulares y que muestra un contenido de frecuencia más o menos estable. Su origen aún no está completamente explicado, aunque se piensa que se deben a la oscilación continua de elementos del aparato volcánico, o al desplazamiento de magma.

### ❖ Volcánico explosivo

Este tipo de sismos llegan a presentarse durante erupciones explosivas, tienen magnitudes generalmente pequeñas y pueden percibirse a corta distancia del volcán. Estos eventos no representan en sí algún riesgo para las construcciones por la vibración que produce en el suelo, ya que la mayor parte de la energía de la explosión se disipa en el aire, pudiendo arrojar fragmentos de diversos tamaños a distancias considerables.

En el caso del Popocatepetl, se han presentado los tres primeros tipos de eventos, además de aquellos que han sido denominados exhalaciones, que tienen un crecimiento gradual hasta alcanzar amplitudes de consideración, asociados particularmente a la emisión de cenizas.

Para el análisis de los sismos volcánicos se debe tener presente que existen diferencias importantes respecto de los sismos tectónicos, en las características de las fuentes, las trayectorias que siguen las ondas y la disposición de las estaciones para su registro.

Los mecanismos de la fuente presentan mayores complejidades en el caso de sismos volcánicos, debido principalmente a que implican la dinámica adicional de gases, fluidos y sólidos en la generación de vibraciones. Por otra parte, la estructura de un volcán, a través de la cual se transmiten las señales sísmicas, es sumamente compleja, con numerosas interfaces irregulares a lo largo de su trayectoria de viaje, antes de ser registradas por un sismógrafo.

En consecuencia, lo que se observa en un registro sísmico o sismograma, son los efectos mezclados de la fuente, la trayectoria de propagación y las características geológicas del sitio donde se registró el movimiento. Por ésto, los sismogramas tienen ordinariamente formas con algunas diferencias en su contenido de frecuencias, sus amplitudes y su duración.

Usualmente, los volcanes activos cuentan con varias estaciones de registro instaladas sobre y alrededor del cono. Esto permite, entre otras cosas, tener conocimiento claro de la variación de las profundidades de los sismos, aspectos de suma importancia en la estimación de probabilidades de una erupción mayor.

---

### **1.2.1.3. Volcanes activos en México**

Los principales volcanes activos en México son:

- ❖ Tres Vírgenes en Baja California Sur
- ❖ Bárcena y Everman en las Islas Revillagigedo
- ❖ Ceboruco y Sangangüey en Nayarit
- ❖ La Primavera en Jalisco
- ❖ Volcán de Colima en la frontera de Jalisco y Colima
- ❖ Parícutín y Jorullo en Michoacán
- ❖ Xitle en el Distrito Federal
- ❖ Popocatepetl en los estados de México y Puebla
- ❖ Los Hornos y Pico de Orizaba en los estados de Puebla y Veracruz
- ❖ San Martín Tuxtla en Veracruz
- ❖ El Chichón y Tacaná en Chiapas

### **1.2.1.4. Registros acelerográficos**

El instrumento esencial para estudiar los temblores es el sismógrafo. Este es un aparato que registra el movimiento del suelo causado por el paso de una onda sísmica.

Para registrar el movimiento del suelo es necesario referirlo a un punto fijo en el espacio, si se quisiera referirlo a un punto anclado al mismo suelo sería imposible obtener un registro, puesto que el punto también se movería junto con el suelo al que se está anclado. Para salvar esta dificultad, se puede recurrir al principio de inercia de los cuerpos, es decir, todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento o a variar su velocidad.

Así, el movimiento del suelo puede ser medido con respecto a la posición de una masa suspendida por un elemento que le permita permanecer en reposo por algunos instantes con respecto al suelo.

Al instrumento capaz de realizar dicha medición se le conoce como sismógrafo vertical, ya que detecta la componente vertical del movimiento del suelo. El papel donde se traza dicho movimiento se conoce como sismograma.

Como el movimiento del suelo tiene lugar en las tres dimensiones del espacio, los movimientos del suelo también tienen dos componentes horizontales, para medir este movimiento se emplea un sismógrafo horizontal.

### **1.2.2. BREVE HISTORIA DE SISMICIDAD VOLCÁNICA**

En Roma en la época antigua, Séneca identificó el esquema básico de origen de los volcanes, explicando que éstos son sitios por donde sale material fundido del interior de la Tierra, contrarrestando la idea de Platón, quien sostenía la existencia de ríos de fuego subterráneos, y aquella de Aristóteles quien explicaba que en el interior de la tierra había aire comprimido que llegaba a incendiar el azufre allí contenido, dando origen a un volcán.

En el año 79 tuvo lugar la erupción del Vesubio, que causó la destrucción de Pompeya y Herculano, ciudades del Imperio Romano, considerada como una de las más importantes en toda la historia. Plinio El Viejo, hombre interesado en las rocas, los minerales y los fósiles, murió cuando presenciaba la erupción. Sin embargo, su sobrino conocido como Plinio El Joven, escribió varias cartas en las que describió las valiosas observaciones de su tío acerca de la actividad sísmica y volcánica.

Plinio El Joven construyó un sismógrafo electromagnético basado en tubos horizontales parcialmente llenos de mercurio, que permitía obtener un registro en papel, de ese modo era posible estimar la dirección principal del movimiento así como su duración y amplitud relativa. Este instrumento, que se considera uno de los pasos más importante para la construcción de los sismógrafos modernos, fue usado años después en Japón con propósitos similares.

### **1.2.3. BREVE HISTORIA ERUPTIVA DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL**

Desde 1993 el volcán Popocatepetl comenzó a mostrar una reactivación al incrementarse sus actividades fumarólica y sísmica hasta llegar al 21 de diciembre de 1994. En ese día se produjo la primer emisión de ceniza en casi 70 años, la cual produjo gran inquietud entre la población y autoridades, por lo que algunos de los poblados más vulnerables en el flanco noreste tuvieron que ser evacuados. Actividad fluctuante, aunque decreciente, persistió a lo largo de 1995.

El 5 de marzo de 1996 el volcán inició un nuevo episodio de actividad con nuevas emisiones de ceniza comparables a las de diciembre de 1994. Al final del mismo mes se observó el crecimiento de un domo de lava en el fondo del cráter. Algunas explosiones importantes acompañaron este crecimiento, la mayor de ellas ocurrió el 30 de abril de 1996 cuando cinco alpinistas, ignorando las advertencias de peligro, perecieron al escalar el volcán. El domo siguió creciendo a una tasa moderada hasta julio de 1996, cuando paulatinamente comenzó a decrecer. Para septiembre de 1996, la tasa de crecimiento ya no pudo ser medida y las emisiones de ceniza comenzaron también a ser más pequeñas.

Después de ese mes, las emisiones de ceniza fueron cada vez menos frecuentes pero mayores en intensidad y con una tendencia a ser más explosivas. El evento del 30 de junio de 1997 es el más grande registrado en el presente episodio que inició a finales de 1994.

---

## 1.2.4. IMPORTANCIA DEL MONITOREO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

### 1.2.4.1. Descripción del volcán Popocatepetl

Localización:	19.02° N, 98.62° W
Tipo:	Estratovolcán Andesítico-Dacítico
Altura:	5,452 msnm (metros sobre el nivel del mar)
Diámetro mayor del cráter:	900m
Profundidad del cráter:	150m
Área del edificio volcánico:	500 km <sup>2</sup>
Ubicación:	A 60 Km al sureste de la Ciudad de México y a 45 Km al oeste de la Ciudad de Puebla.

México se encuentra situado en una región con importante actividad volcánica. Existen aproximadamente 2,000 volcanes en el país, de los cuales 16 son considerados activos.

La única manera de percibir y evaluar el estado de actividad y riesgo asociados a un volcán, es a través de la observación y vigilancia sistemática mediante diversos métodos visuales e instrumentales. Si estos se aplican en forma anticipada en las fases previas a un proceso eruptivo, es posible en la mayoría de los casos, detectar oportunamente un cambio cualitativo y cuantitativo de la actividad, que inclusive pudiese conducir a una predicción en el corto plazo de un proceso eruptivo inminente y poner en marcha de parte de las autoridades de Protección Civil el plan de emergencia previamente establecido.

Una muestra de un sistema de vigilancia y monitoreo oportunamente establecido es el del volcán Popocatepetl. En un esfuerzo conjunto del CENAPRED, la Secretaría de Gobernación, los Institutos de Geofísica e Ingeniería de la UNAM y con la colaboración del Cascades Volcano Observatory del U.S. Geological Survey (USGS), se estableció en los últimos años un complejo sistema de observación telemétrico con una central de adquisición y procesamiento de datos.

Se han establecido cuatro tipos de monitoreo del volcán:

- ❖ Visual
- ❖ Sísmico
- ❖ Geodésico
- ❖ Geoquímico

De éstos el más importante es el sísmico.

La red de monitoreo del Popocatepetl está compuesta por 15 estaciones localizadas en las laderas circundantes del volcán en sitios con altitudes de hasta 4300 m y a 1.5 Km del cráter. La instrumentación consta de 8 sismógrafos triaxiales de periodo corto, 4 de banda ancha, 4 inclinómetros biaxiales para medir deformación, una cámara de video con enlace de microondas, un radar doppler meteorológico y diversos equipos para mediciones geodésicas, análisis químicos y determinación de las concentraciones de gases SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Más de 50 señales de telemetría son transmitidas en forma continua hacia un puesto central de registro y procesamiento localizado en el CENAPRED.

Mediante una extensa red de computadoras, la actividad es monitoreada y procesada las 24 horas del día. Al detectarse cualquier incremento anormal de la actividad sísmica del volcán, se activa un sistema de alarma acústica y a través de un sistema de marcado automático se envían mensajes a teléfonos particulares celulares y localizadores del personal de guardia.

Con la participación de diversas instituciones y un enorme esfuerzo realizado por parte del personal encargado, se ha logrado en un plazo corto, poner en operación una extensa infraestructura de registro y monitoreo que permite la vigilancia estrecha del volcán así como la detección oportuna de cualquier cambio en su estado de actividad.

---

## **PARTE II: SISTEMA ACTUAL**

### **2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

- 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**
- 2.2. DEMARCACIÓN DEL FENÓMENO**
- 2.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

### **3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL**

- 3.1. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DEL USUARIO**
  - 3.1.1. ENTREVISTA AL SUBDIRECTOR DE CÓMPUTO**
  - 3.1.2. ENTREVISTA AL USUARIO FINAL**
- 3.2. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS ACTUALES**
  - 3.2.1. RECURSOS HUMANOS**
  - 3.2.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS**
- 3.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**
- 3.4. MODELADO DEL SISTEMA ACTUAL**
  - 3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS**
    - 3.4.1.1. DFD general**
    - 3.4.1.2. DFD específico**
  - 3.4.2. MODELO ESENCIAL**
  - 3.4.3. MODELO AMBIENTAL**
    - 3.4.3.1. Propósito**
    - 3.4.3.2. Lista de eventos**
    - 3.4.3.3. Diagrama de contexto**
  - 3.4.4. MODELO DE COMPORTAMIENTO**
    - 3.4.4.1. DFD nivel 0**
    - 3.4.4.2. DFD nivel 1**
    - 3.4.4.3. DFD nivel 2**
    - 3.4.4.4. Diagrama de transición de estados**
    - 3.4.4.5. Diagrama entidad-relación**
    - 3.4.4.6. Diccionario de datos**

---

### **3.5. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL**

### **3.6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

#### **3.6.1. ESPECIFICACIONES**

#### **3.6.2. VENTAJAS**

#### **3.6.3. DECLARACIÓN DEL PROPÓSITO**

#### **3.6.4. ALCANCE**

#### **3.6.5. LIMITACIONES**

## **2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El problema fundamental consiste en la gran cantidad de tiempo que consumen las actividades que en la actualidad se realizan manualmente, tales actividades van encaminadas a proveer los recursos necesarios para realizar el análisis final, el cual no puede ser automatizado porque requiere de análisis en base al criterio y algunas otras características que sólo el humano posee.

Por tales motivos se pretende realizar un sistema que pueda automatizar aquellas actividades que consumen demasiado tiempo y que afectan al análisis final.

El escenario actual es el estudio del volcán Popocatépetl, sin embargo este sistema podría ser útil para procesar información sísmica sobre cualquier volcán siempre y cuando la información cumpla con los requisitos de entrada al sistema.

La consecuencia del desarrollo de este sistema será evidentemente el reemplazo de la forma manual de realizar las actividades por el uso del sistema, lo cual reducirá considerablemente el tiempo destinado para tales actividades, logrando eficiencia en las mismas.

### **2.2. DEMARCACIÓN DEL FENÓMENO**

El lugar donde se presenta actualmente el fenómeno es en el área de Monitoreo volcánico del CENAPRED, el sistema será diseñado y desarrollado específicamente para el volcán Popocatépetl, de tal manera que cubra los requerimientos del Centro, sin embargo, este sistema puede ser útil a otros centros o instituciones que realicen estudios de sismicidad volcánica.

La delimitación del problema se hará con base en las necesidades de los usuarios, investigadores del Centro.

### **2.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

EL CENAPRED tiene la necesidad de contar con una herramienta que le permita centralizar y organizar la información sísmica del volcán Popocatépetl de tal manera que el proceso de análisis de dicha información sea optimizado, reduciendo con ello el tiempo invertido para tal proceso.

---

Se tiene el apoyo de un grupo de profesionales del Centro que aprueban y respaldan totalmente la realización de este proyecto:

- |                                  |                                    |
|----------------------------------|------------------------------------|
| ❖ Ing. Roberto Quaas Weppen      | Director General del CENAPRED      |
| ❖ Ing. Enrique Guevara Ortiz     | Coordinador de Instrumentación     |
| ❖ Ing. Gilberto Castelán Pescina | Subdirector de Monitoreo volcánico |
| ❖ Ing. Alicia Martínez Bringas   | Investigadora                      |

Por lo tanto se propone el desarrollo de un sistema de información que cubra con las necesidades del Centro en cuanto a una mejor organización de la información sísmica proveniente del volcán Popocatepetl.

La aportación de un sistema de información para el CENAPRED optimizará el proceso previo al análisis final sobre dicha información permitiendo el mayor aprovechamiento del tiempo y recursos del Centro.

Como consecuencia se obtendrá un beneficio para los investigadores de la UNAM o de cualquier otra institución vinculados con el estudio del volcán Popocatepetl, así como para las instancias relacionadas con la prevención de desastres y protección civil a nivel nacional, logrando con ello un avance y mejora en el país.

Aunado a ésto, la realización de este proyecto significa una pequeña retribución a la UNAM por la grandiosa labor de formación que realiza y por las aportaciones que realiza al país en materia de investigación.

### 3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DEL USUARIO

Para identificar las necesidades del usuario se aplicaron dos entrevistas, una de ellas dirigida al usuario final y otra para el Subdirector de Cómputo.

##### 3.1.1. ENTREVISTA AL SUBDIRECTOR DE CÓMPUTO

P	<i>¿Cuál es el principal objetivo del desarrollo del nuevo sistema?</i>
MP	Conocer el punto de vista del Subdirector de Cómputo para cotejarlo con la perspectiva del usuario y obtener semejanzas y diferencias. Su respuesta respaldará de alguna forma la realización del sistema.
P	<i>¿Qué motivos hacen necesario dicho sistema?</i>
MP	Saber si es evidente que los usuarios necesitan en realidad un sistema de información.
P	<i>¿Qué prioridad le daría al desarrollo de este sistema?</i>
MP	Saber si se tiene el apoyo e interés necesarios por parte de las personas que aprueban el desarrollo de proyectos para la realización del presente.
P	<i>¿Considera viable el desarrollo de dicho sistema?</i>
MP	Saber si el Subdirector de Cómputo considera factible la realización del sistema, así como detectar alguna problemática que impidiese la realización del proyecto.
P	<i>¿Qué aspectos, en cuanto a tecnología se refiere, se deben considerar durante el desarrollo y puesta en marcha del sistema?</i>
MP	Explorar las ideas iniciales de solución del Subdirector de Cómputo en cuanto a requerimientos tecnológicos para la realización del sistema.
P	<i>¿Qué limitantes considera que se darán durante el desarrollo?</i>
MP	Visualizar posibles limitantes y si es posible prevenirlas.
P	<i>¿En cuánto tiempo cree obtener el sistema terminado?</i>
MP	Por nuestra parte existe una limitante de tiempo, ya que siguiendo el reglamento de exámenes profesionales tenemos como máximo dos semestres para terminar y presentar el diseño del sistema, es por ello que necesitamos saber la estimación de tiempo.
P	<i>¿Con qué recursos de hardware se cuentan para desarrollar dicho sistema?</i>
MP	Tener una idea de los recursos con que se contarán para la realización del presente sistema.

P	¿Qué herramientas de software cree que serían las más adecuadas para desarrollar el sistema? ¿Por qué?
MP	Se pretende que el Subdirector de Cómputo brinde su opinión sobre la mejor propuesta de software para desarrollar el sistema considerando alcances y limitaciones, de esa manera tendremos una idea más clara de las herramientas de software a utilizar, en caso de estar disponibles.
P	¿Actualmente el Centro cuenta con dichas herramientas de software y hardware?
MP	De no contar con tales herramientas, saber si existe la posibilidad de adquirirlas.
P	¿Qué conocimientos posee al respecto?
MP	Conocer si el Subdirector de Cómputo posee esos conocimientos y será capaz de asesorar técnicamente al equipo de desarrollo del sistema.
P	¿Cómo estructuraría el sistema?
MP	Identificar el punto de vista del Subdirector de Cómputo en cuanto al sistema en general y un primer intento de solución.
P	¿Qué metodología propone para desarrollar el sistema?
MP	Identificar si existe una metodología deseable o idónea para la realización del sistema.
P	¿Cómo se lograría la portabilidad del sistema, dado que es necesario que trabaje en multiplataforma?
MP	Al desarrollar un sistema es importante considerar este factor ya que el sistema resultante no tendrá como limitante de uso la portabilidad, considerando un posible crecimiento.
P	¿Cuántos usuarios estarían accediendo simultáneamente el sistema?
MP	Considerar en el momento adecuado qué tan robusto debe ser el sistema.
P	¿Cuál es el impacto de la cantidad de información a procesar en el desempeño del sistema?
MP	Al igual que la pregunta anterior, se tienen que considerar factores como este al diseñar un sistema para que pueda funcionar adecuadamente, conocer la cantidad de la información con la que se tendrá que trabajar y de qué tipo es.

P      Pregunta

MP     Motivo de la pregunta.

Analizando los resultados obtenidos de la entrevista al Subdirector de Cómputo, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Se aprueba el desarrollo del nuevo sistema.
2. El desarrollo del nuevo sistema tiene una prioridad alta, siendo viable su desarrollo.
3. Se conocieron los recursos actuales con los que cuenta el Centro para el desarrollo del nuevo sistema
4. Además, se conocieron los requerimientos para el óptimo funcionamiento del nuevo sistema en cuanto a hardware y software.
5. Así mismo se tuvo un panorama inicial del alcance y limitantes del desarrollo del nuevo sistema.
6. Se pudieron identificar los conocimientos técnicos con que debe contar el equipo de desarrollo del nuevo sistema, mismos que el asesor técnico (Subdirector de cómputo) cubre casi en su totalidad.
7. Además se percibió el impacto considerable que tendrá la gran cantidad de información con que cuenta el Centro sobre el alcance de la base de datos que administrará el nuevo sistema.

### 3.1.2. ENTREVISTA AL USUARIO FINAL

P	<i>¿Cuáles son las principales tareas que actualmente realiza?</i>
MP	Conocer las etapas del proceso actual.
P	<i>¿Qué fuentes de información se tienen?</i>
MP	Saber de dónde se obtiene la información que es manipulada durante el proceso de desarrollo de las actividades actuales.
P	<i>¿Con qué herramientas trata actualmente dicha información?</i>
MP	Conocer las herramientas que tratan actualmente la información, así como detectar ventajas y desventajas de ellas.
P	<i>¿Qué resultados obtiene del tratamiento de la información?</i>
MP	Saber cuál es el producto resultante del tratamiento de la información, de manera que el nuevo sistema produzca esos mismos resultados, optimizando el proceso actual.
P	<i>¿Qué hace con estos resultados?</i>
MP	Conocer para qué le es útil al usuario esta información resultante, es decir qué hace con ella y por qué, con el fin de detectar tareas innecesarias y que de alguna manera le restén eficiencia al proceso.
P	<i>¿Qué ventajas cree usted que presenta el actual modo de trabajo?</i>
MP	Conocer, según la perspectiva del usuario, los puntos buenos de la forma actual de hacer las cosas, de manera que el nuevo sistema posea también esas ventajas. Además se pretende evaluar la posible resistencia al cambio por parte del usuario con la implantación del nuevo sistema.
P	<i>¿Qué desventajas cree usted que presenta el actual modo de trabajo?</i>
MP	Conocer los puntos malos del proceso actual, según el punto de vista del usuario, con la finalidad de que el sistema pueda vencer o al menos evitar esas desventajas.
P	<i>¿Considera necesaria la creación de un nuevo sistema, sería conveniente? ¿Por qué?</i>
MP	A través de esta pregunta se pretende evaluar la posición del usuario respecto a la implantación de un nuevo sistema que sustituya el proceso actual, es decir, si está de acuerdo o no, e inclusive si acepta o rechaza incondicionalmente la implantación del sistema.

P	<i>¿Qué necesita que haga el nuevo sistema?</i>
MP	Con esta pregunta se pretende conocer de manera general las necesidades del usuario, basándose en los resultados que el usuario necesita obtener a través del sistema.
P	<i>¿La realización de este sistema le traerá beneficios, cuáles?</i>
MP	Conocer desde el punto de vista del usuario qué beneficios cree que podrá obtener de la implantación y uso del sistema.
P	<i>¿Qué personas se verán beneficiadas con el nuevo sistema?</i>
MP	Saber si habrá más personas beneficiadas con el nuevo sistema.
P	<i>¿Cuáles puntos considera que son de suma importancia para desarrollar un sistema que sustituya al proceso actual? ¿Por qué?</i>
MP	Identificar los puntos más importantes a tomar en cuenta para el desarrollo del sistema, en los cuales se centrará el desarrollo del mismo, ya que estos puntos podrían servir como delimitadores del alcance del sistema.
P	<i>¿Visualiza algunas desventajas en el nuevo sistema, cuáles?</i>
MP	Se pretende que el usuario explique los motivos por los cuales considera que el sistema no podría sustituir completamente al proceso actual, o bien presentar ciertas desventajas. Esta pregunta es muy importante porque se podrá conocer no sólo la posición del usuario sino la existencia de posibles inconvenientes o desventajas al desarrollar el sistema.
P	<i>¿Dónde cree usted que radica principalmente el problema?</i>
MP	Identificar cuál es el problema en sí o bien el motivo principal que origina el problema.
P	<i>¿Existe algún otro problema?</i>
MP	Identificar los problemas colaterales al problema principal y que tienen que considerarse.
P	<i>¿Con la utilización del nuevo sistema se resolvería(n) el(los) problema(s) mencionado(s)? ¿Por qué?</i>
MP	Conocer si el usuario considera que el sistema podrá resolver los problemas que se presentan actualmente.
P	<i>¿Qué resultados necesita que el nuevo sistema arroje?</i>
MP	Conocer los resultados finales que el sistema debe arrojar a partir de la información inicial, dependiendo de las necesidades del usuario.

P	<i>¿Con qué frecuencia usaría el nuevo sistema?</i>
MP	Comprobar que el nuevo sistema sustituirá al proceso actual y será usado con la misma frecuencia que el sistema actual.
P	<i>¿Cuál sería la manera más fácil en que usted comenzara a sustituir el modo actual de trabajar por el nuevo sistema?</i>
MP	Conocer el medio por el cual al usuario se le facilitaría más la sustitución del proceso actual por el uso del sistema, finalmente lo que se busca es que el usuario utilice el sistema.
P	<i>¿Cuántos y cuáles factores se consideran en el estudio de la sismicidad del volcán?</i>
MP	Conocer cuáles son los factores o parámetros que se estudian para determinar la sismicidad del volcán.
P	<i>¿En qué consiste cada uno de ellos?</i>
MP	Conocer más detalladamente los factores que intervienen en la sismicidad del volcán.
P	<i>¿Cómo se mide cada uno de ellos?</i>
MP	Tener conocimiento de la manera en que se miden los parámetros de la sismicidad, ya que esta información alimentará el sistema y es necesario conocer de dónde proviene, cómo se obtiene y qué representa.
P	<i>¿Cuánta información y de qué tipo se encuentra almacenada?</i>
MP	Conocer la cantidad de la información con la que se tendrá que trabajar y de qué tipo es.
P	<i>¿Qué utilidad representa dicha información?</i>
MP	Conocer si toda la información con la que se trabaja es útil o si existe información redundante.

P      Pregunta  
MP     Motivo de la pregunta.

Analizando los resultados obtenidos de la entrevista al usuario final, se presentan las siguientes conclusiones:

1. Se obtuvo conocimiento tanto de las actividades del proceso actual como de las fuentes de información involucradas, del mismo modo se tuvo un primer contacto con los programas informáticos utilizados en el proceso, lo cual sirve de base para desarrollar la propuesta de solución.
2. Se percibieron las necesidades del usuario, las mismas que el nuevo sistema debe ser capaz de satisfacer.
3. El desarrollo de un sistema informático capaz de realizar las actividades actuales es de alta prioridad dada su creciente necesidad.
4. Se conservarán algunas actividades del proceso actual aun después de que el sistema informático haya sido liberado.
5. Se tiene el apoyo del usuario en cuanto al desarrollo de un sistema informático que sustituya al proceso actual.
6. El usuario visualiza ventajas del sistema informático sobre el proceso actual y no así desventajas.
7. Además se obtuvo un primer acercamiento a lo que podría ser el problema principal a resolver, según el punto de vista del usuario.
8. Por otro lado se percibió que la aceptación de un sistema nuevo que sustituya al proceso actual no representaría ningún problema para el usuario dado que es una necesidad actual.

Finalmente se pudo cotejar el punto de vista del usuario y del Subdirector de Cómputo en cuanto a los siguientes puntos:

- ❖ Problemática existente
- ❖ Objetivo del desarrollo del nuevo sistema
- ❖ Necesidades del usuario final
- ❖ Prioridad de desarrollo del nuevo sistema
- ❖ Personas que se verán beneficiadas con la existencia del nuevo sistema, tanto en uso como en percepción de resultados.

Esta comparación de resultados permitió constatar el apoyo incondicional de ambas partes para el desarrollo del sistema informático.



<b>EQUIPO: BOB-2000</b>	
Plataforma	Windows, sistema operativo Windows 98
Hardware	CPU: marca Dell, microprocesador Pentium II Intel No. serie: 25S3C Modelo: OPTIPLEX GX1 DCM Memoria: 64 Mb D.D: cantidad 1, capacidad 6Gb
<b>SOFTWARE</b>	
<i>Nombre</i>	<i>Splot</i>
Descripción	Programa que grafica los archivos de señales sísmicas (con formato dmx). Desarrollado por: Tecnología USGS.
Insumos	Archivos de señales sísmicas, en formato dmx.
Salidas	Graficación de sismogramas, sólo hacia pantalla.
<i>Nombre</i>	<i>PcSuds</i>
Descripción	Paquetería de análisis de señales. Desarrollado por: Tecnología USGS.
Insumos	Archivos de señales sísmicas, en formato dmx.
Salidas	Graficación de sismogramas, sólo hacia pantalla.
<i>Nombre</i>	<i>Pick_em</i>
Descripción	Este programa grafica sismogramas para localizar el arribo de las ondas S y P, su tiempo de llegada, el tiponde onda, etc. Desarrollado por: Tecnología USGS.
Insumos	Archivos de señales sísmicas, en formato dmx.
Salidas	Archivos con extensión .lec en donde se almacena la información sobre las ondas S y P.
<i>Nombre</i>	<i>Bob</i>
Descripción	Este programa grafica parámetros del monitoreo del volcán en ventanas de tiempo determinadas. Desarrollado por: Tecnología USGS.

Insumos	Archivos de señales sísmicas, en formato dmx.
Salidas	Graficación de sismogramas, localizando secciones de tiempo sólo hacia pantalla.

**EQUIPO: BOB**

Plataforma	Windows, sistema operativo Windows 95
Hardware	CPU: marca Microtech System, microprocesador 486DX 66 Mhz No. serie: 002641 Memoria: 8 Mb D.D: cantidad 2, capacidad 425 Mb, 1.2Gb

**SOFTWARE**

Nombre	<i>Hypocent</i>
Descripción	Es un programa que localiza hipocentros. Desarrollado por: Tecnología USGS.
Insumos	Archivos con extensión .lec, generados por el programa Pick_em.
Salidas	Archivos con extensión .out.

<b>EQUIPO: CRATER</b>	
Plataforma	Unix, sistema operativo Solaris
Hardware	Memoria: 128 Mb D.D: cantidad 1, capacidad 4 Gb
<b>SOFTWARE</b>	
Nombre	<i>Gmt</i>
Descripción	Este programa genera los planos en planta y en perfil de un hipocentro, a través de los siguientes programas: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>do2figs</i> Para generar los planos en perfil.</li> <li>▪ <i>dotopo03</i> Para generar los planos en planta.</li> <li>▪ <i>eqpopo</i> Genera datos relativos a la longitud.</li> <li>▪ <i>eqpopolat</i> Genera datos relativos a la latitud.</li> </ul>
Insumos	Archivos con extensión .out, generados por el programa Hypocent.
Salidas	Archivos con extensión .ps (formato postscript), que consisten en imágenes de los planos en planta y en perfil del hipocentro dado.
Nombre	<i>Image Tool</i>
Descripción	Se encarga de generar un archivo .gif que contiene las imágenes de los planos en planta y en perfil.
Insumos	Archivos con extensión .ps que contienen las imágenes de los planos en planta y en perfil.
Salidas	Archivos con extensión .gif que contienen las imágenes de los planos en planta y en perfil.

---

### 3.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

A continuación se describen las actividades del sistema actual.

1. Las señales sísmicas provienen de estaciones de monitoreo volcánico ubicadas entorno al volcán Popocatepetl, estas señales son recibidas en el laboratorio de Monitoreo volcánico a través de antenas de radio.
2. Las señales recibidas son impresas en los tambores del laboratorio, al mismo tiempo estas señales son convertidas en archivos binarios dmx, almacenándose en una computadora personal llamada Earth-Worm.
3. Los archivos dmx almacenados en Earth-Worm, se respaldan en otra computadora personal y posteriormente se guardan en discos compactos, estas actividades se realizan por la mañana con los archivos del día anterior.
4. Se utiliza el programa llamado Pick\_em para obtener los datos de las ondas S y P, los cuales se almacenan en un archivo con extensión .lec.
5. Posteriormente se usa un programa llamado Hypocent para localizar los sismos, éste toma el archivo generado anteriormente por el programa Pick\_em y produce un archivo denominado hypoc.out que muestra la localización de los sismos.
6. Los programas do2figs y dotopo03 a partir del archivo generado por Hypocent, generan los planos en planta y en perfil que contienen la ubicación de los sismos.
7. Empleando los sismogramas impresos obtenidos de los tambores del laboratorio de Monitoreo volcánico, se realiza el conteo diario de eventos sísmicos, tanto de las exhalaciones que rebasaron el umbral como el total de exhalaciones.
8. Tomando los datos del conteo descrito en el punto anterior, se realizan estadísticas y sus respectivas gráficas usando Microsoft Excel.
9. Los sismogramas impresos son archivados en libros de pasta dura
10. Tanto los planos en perfil y en planta, como las gráficas de exhalaciones se actualizan constantemente en el sitio web del CENAPRED.
11. Basándose en el análisis detallado anteriormente se emite el reporte diario del volcán Popocatépetl, el cual está disponible en el sitio web del CENAPRED.

En el proceso actual se detectaron los siguientes archivos:

***archivo.dmx***

Es un archivo binario, que contiene 5 minutos de la información proveniente de las estaciones de monitoreo, cabe recordar que la información llega durante todo el día y se van grabando archivos fraccionando tal información cada 5 minutos, dando origen así a los archivos con formato .dmx. Cada uno de estos archivos mide 1297 Kb.

***hypoc.out***

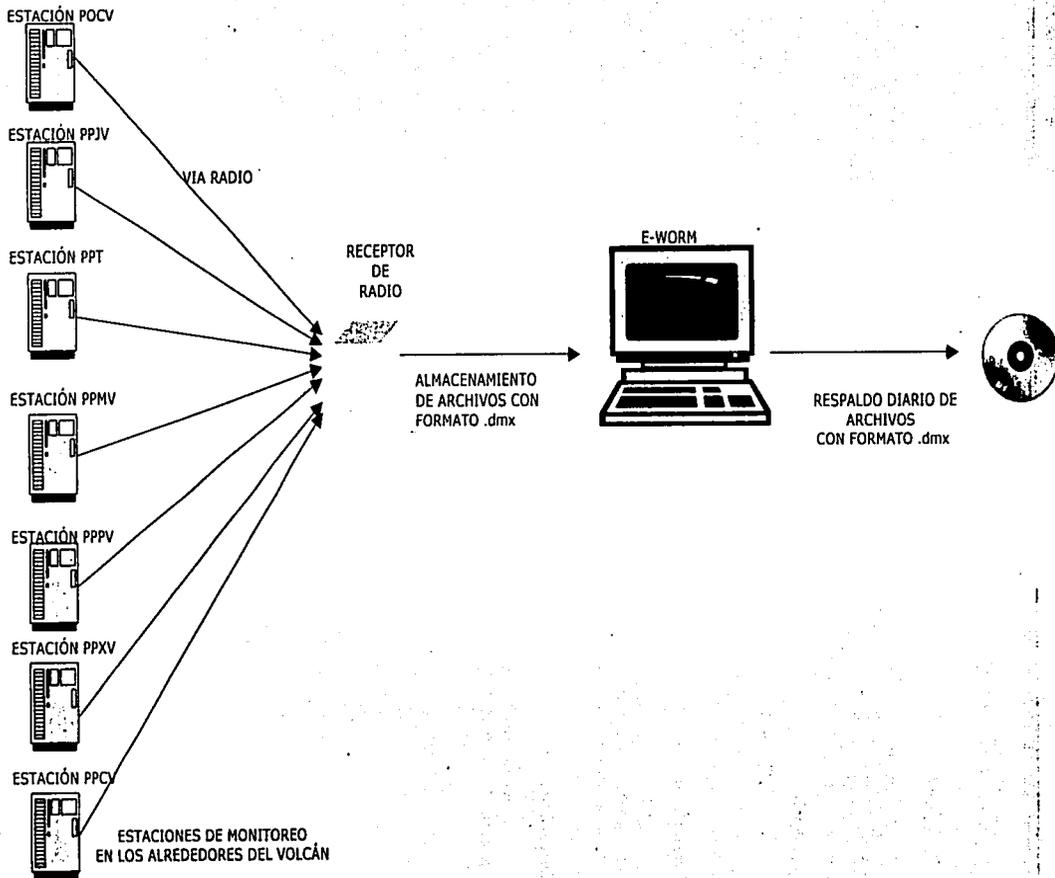
Archivo ASCII de 11 Kb, contiene las coordenadas de localización de los sismos, se usa para obtener los planos en planta y en perfil. Es generado por el programa Hypocent y utilizado por los programas do2figs y dotopo03.

***archivo.xls***

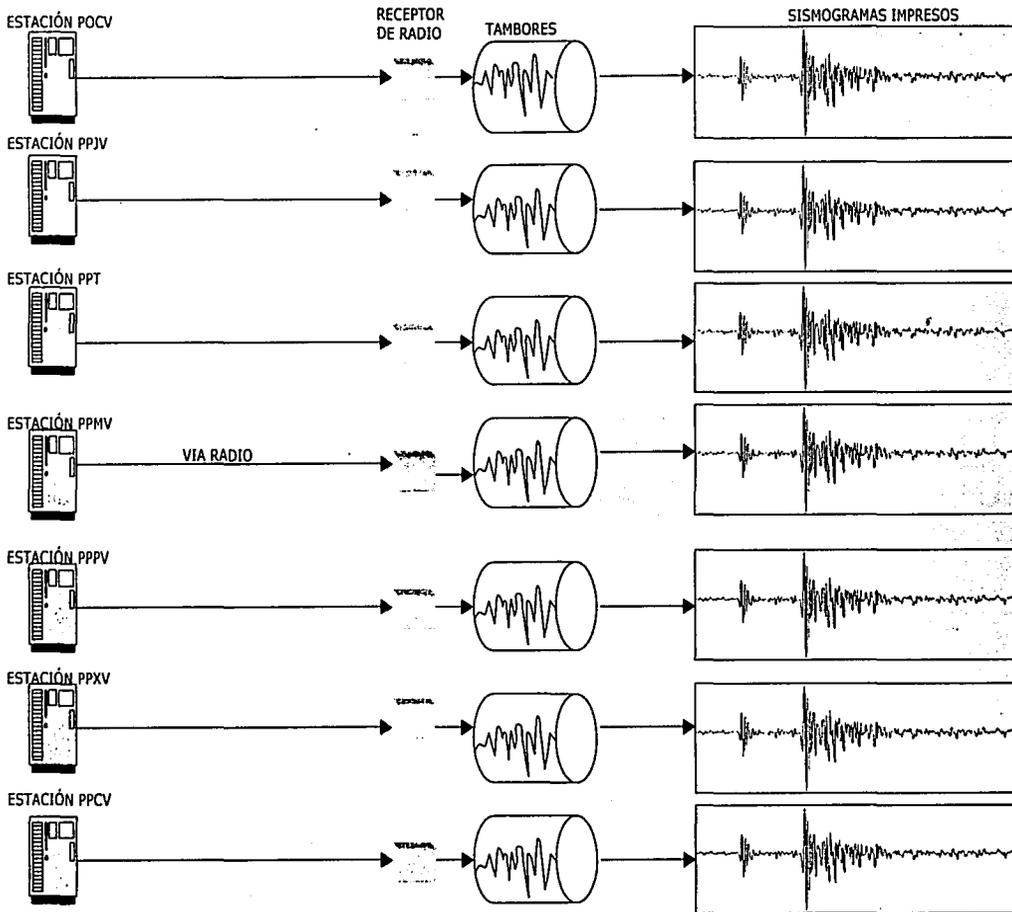
Archivo binario que contiene el número de eventos sísmicos que se detectan diariamente en base a los registros acelerográficos. También contiene las gráficas del total de exhalaciones, gráficas de exhalaciones que rebasan el umbral y las gráficas de fase y prefase.

***archivo.lec***

Archivo ASCII que contiene información sobre las ondas S y P. Es generado por el programa Pick\_em y utilizado por el programa Hypocent.



ESTACIONES DE MONITOREO  
EN LOS ALREDEDORES DEL VOLCÁN



### Proceso de graficación de planos en planta y en perfil

Información  
almacenada  
(archivos.dmx)



Programa utilizado:  
**Pick\_em**



Archivo .lec

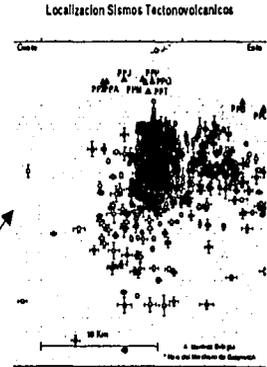
Programa utilizado:  
**Hypocent**



Archivo  
hypoc.out



Programa utilizado:  
**do2figs**



Plano en perfil

Programa utilizado:  
**dotopo03**



Plano en planta

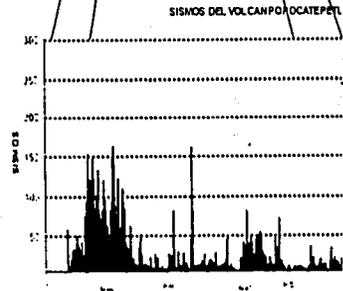
*Proceso diario de conteo de eventos*

ANALISIS DE  
SISMOGRAMAS  
IMPRESOS



1. Número total de exhalaciones
2. Número de exhalaciones por encima del umbral
3. Amplitud de fase
4. Magnitud de fase
5. Amplitud de prefase
6. Magnitud de prefase

ALMACENAMIENTO  
Y GRAFICACIÓN  
DE CONTEOS.  
Programa utilizado:  
Excel



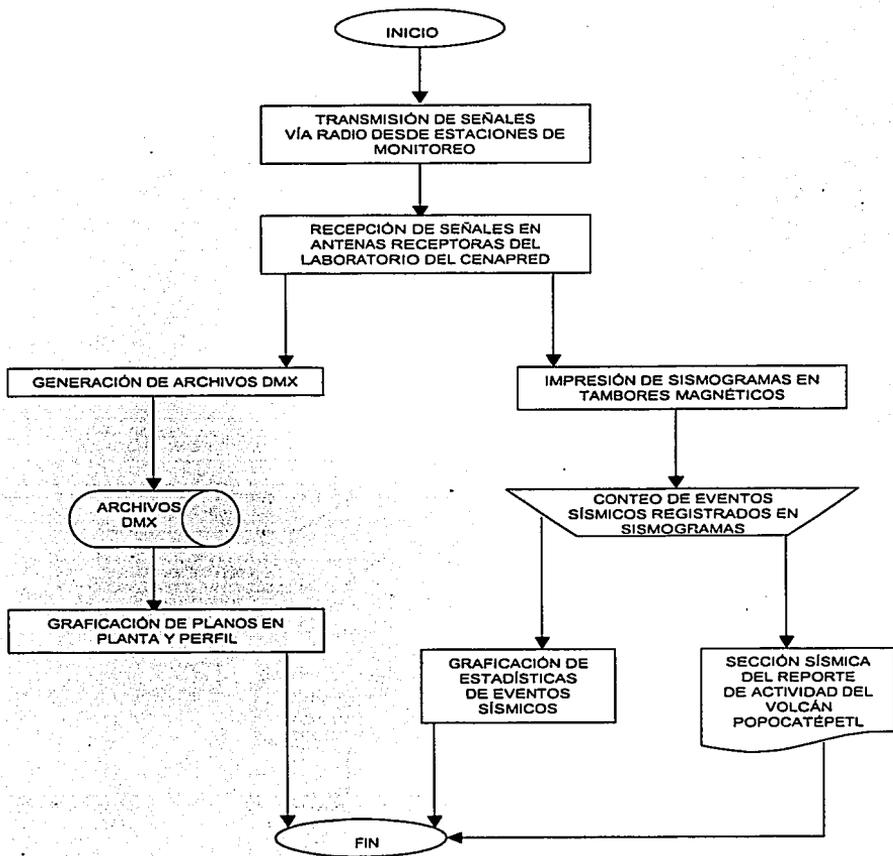
### 3.4. MODELADO DEL SISTEMA ACTUAL

#### *Simbología empleada en los diagramas de flujo de datos*

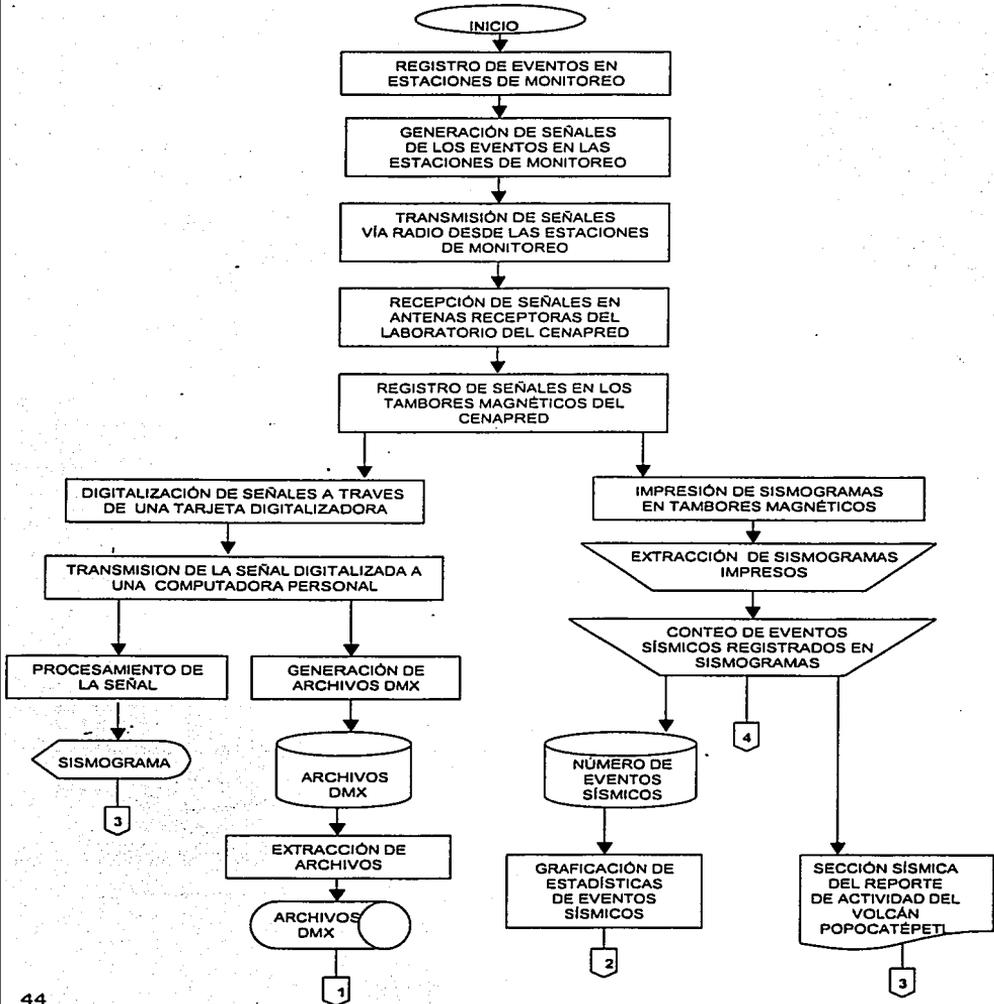
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Indicador de inicio y fin del proceso
	Proceso
	Salida a pantalla
	Almacenamiento en disco compacto
	Almacenamiento en disco duro
	Proceso manual
	Documentos impresos
	Documento
	Conector
	Flechas de flujo

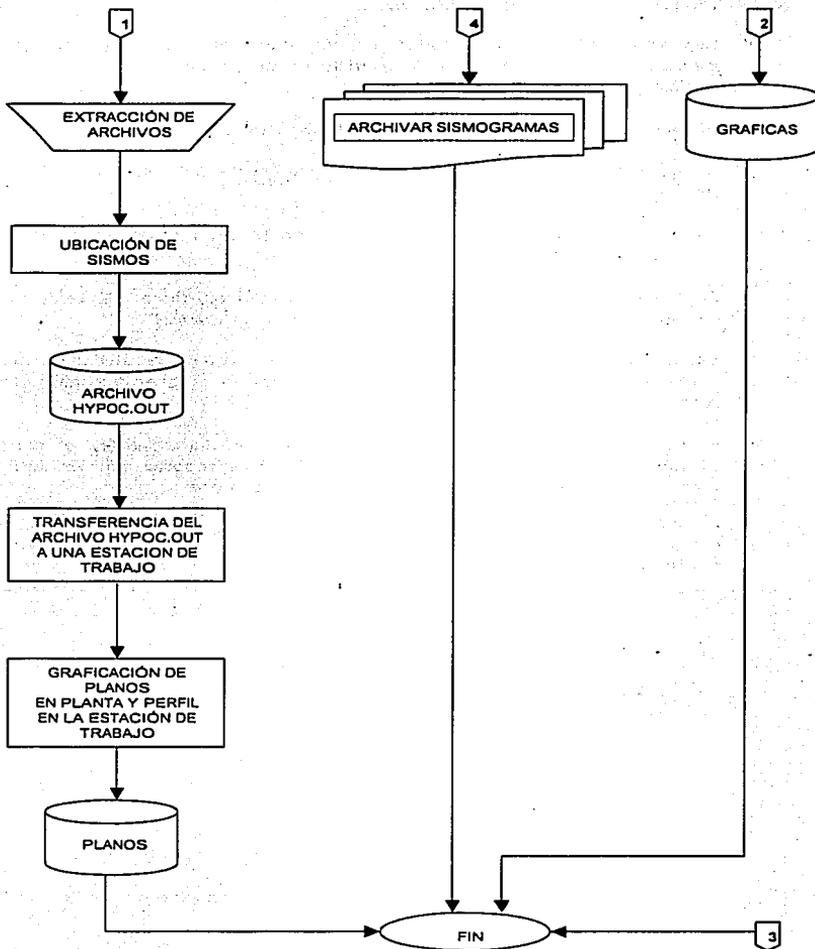
### 3.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS

#### 3.4.1.1. DFD general



### 3.4.1.2. DFD específico





---

### **Notas a los diagramas de flujo de datos**

- ❖ Las actividades representadas en los diagramas de flujo anteriores se realizan diariamente, a excepción de la graficación de estadísticas de eventos sísmicos que se realizan bimestralmente.
- ❖ Anualmente se genera un plano en planta y un plano en perfil.
- ❖ Se generan dos tipos de gráficas: la gráfica de exhalaciones y la gráfica de fase y prefase.
- ❖ La impresión de sismogramas en tambores magnéticos y en pantalla sucede en tiempo real.
- ❖ El almacenamiento de archivos dmx en disco duro es temporal, ya que son eliminados después de guardarlos en discos compactos.
- ❖ Es necesario que el archivo hypoc.out que contiene la ubicación de los sismos sea transferido a una estación de trabajo, ya que el programa encargado de generar los planos trabaja en ambiente UNIX.
- ❖ El reporte del volcán Popocatépetl se emite diariamente, el conteo de eventos sísmicos constituye la sección sísmica de dicho reporte que es publicado en el sitio web del CENAPRED y además está conformado por:
  - Emisión de bióxido de azufre
  - Deformación (Inclinómetros)
  - Imágenes del volcán

## ***Simbología del análisis estructurado***



**Entidades**



**Almacenamiento**



**Flechas de flujo**



**Proceso**

### 3.4.2. MODELO ESENCIAL



Función del sistema actual: Examinar eventos sísmicos

### 3.4.3. MODELO AMBIENTAL

#### 3.4.3.1. Propósito

El propósito del sistema actual es obtener la señal sísmica proveniente de las estaciones de monitoreo, ubicadas en los alrededores del volcán Popocatepetl. Además de procesar dicha señal para obtener representaciones gráficas de eventos sísmicos, tales como:

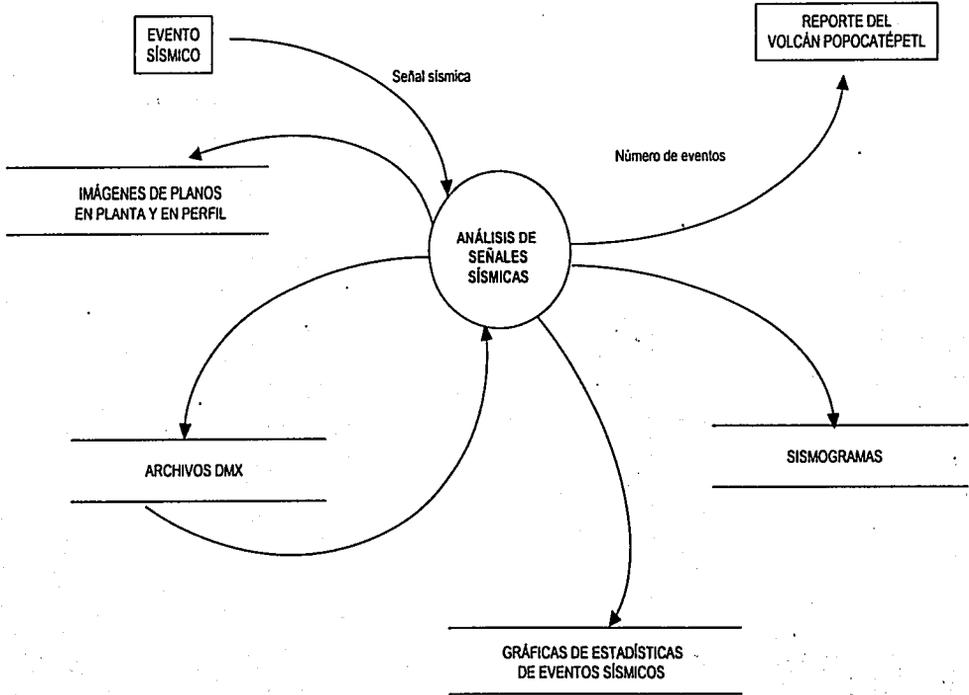
- ❖ Planos de ubicación de sismos en planta y en perfil
- ❖ Estadísticas de eventos sísmicos
- ❖ Sismogramas

#### 3.4.3.2. Lista de eventos

1. El evento sísmico es registrado en las estaciones de monitoreo. (F)
2. Se recibe la señal sísmica en el laboratorio de Monitoreo volcánico del CENAPRED. (F)
3. La señal sísmica es impresa a través de los tambores magnéticos. (C)
4. Se genera una imagen diaria del plano en perfil y una imagen del plano en planta. (C)
5. Se realizan gráficas de los eventos sísmicos. (C)

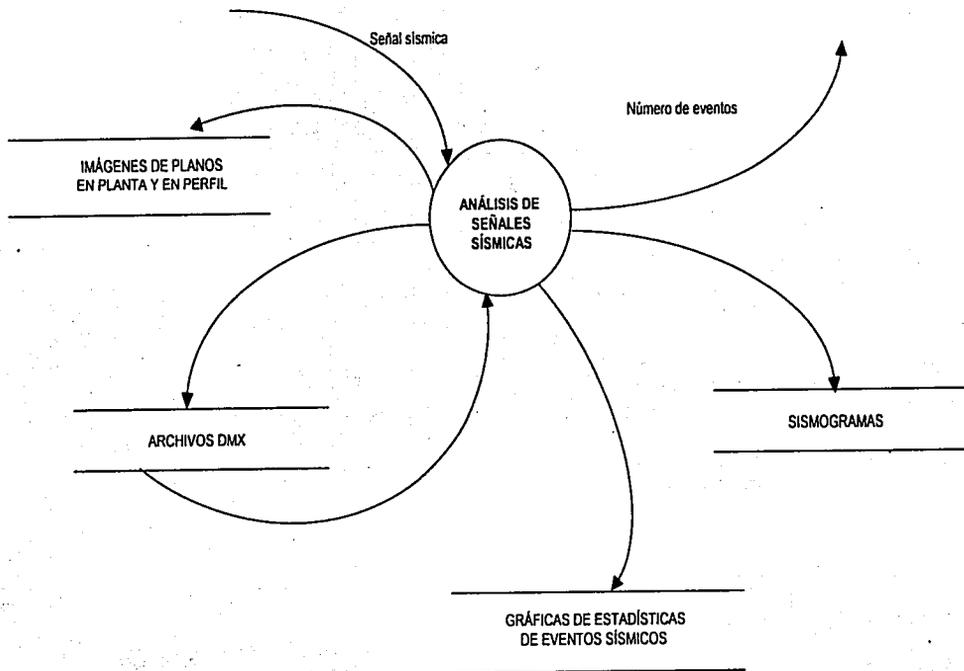
- (F) Evento orientado a flujo  
(C) Evento de control

3.4.3.3. Diagrama de contexto

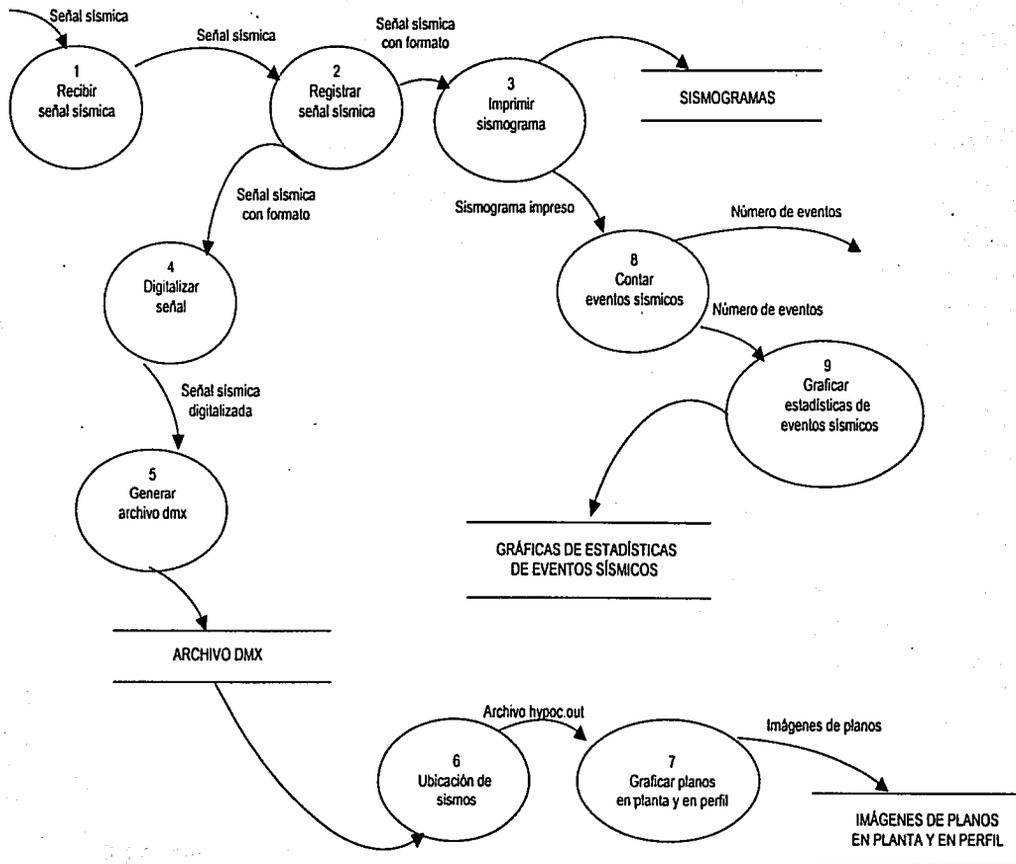


### 3.4.4. MODELO DE COMPORTAMIENTO

#### 3.4.4.1. DFD nivel 0

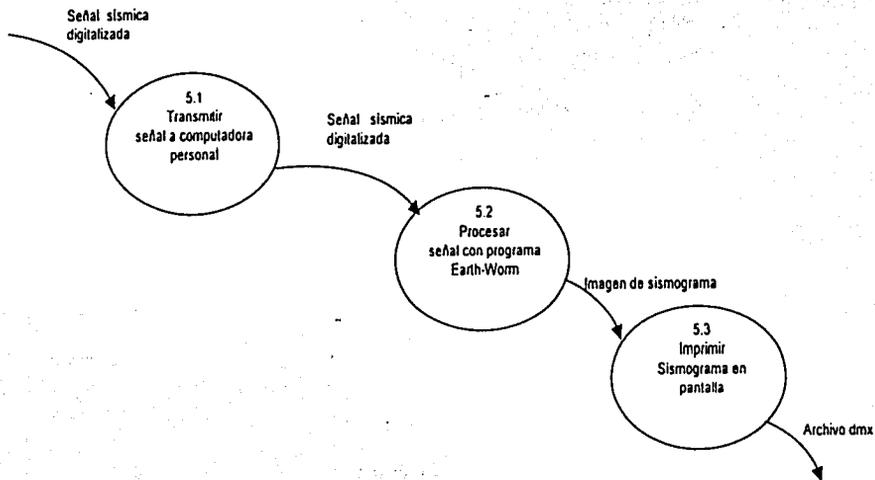


## 3.4.4.2. DFD nivel 1

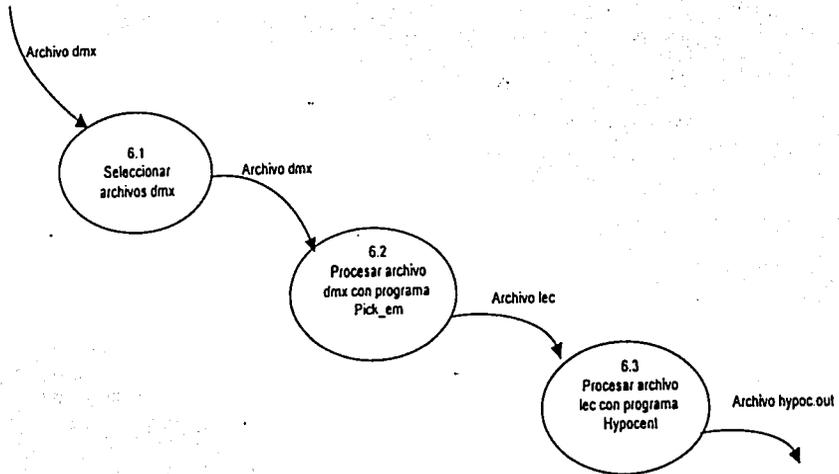


### 3.4.4.3. DFD nivel 2

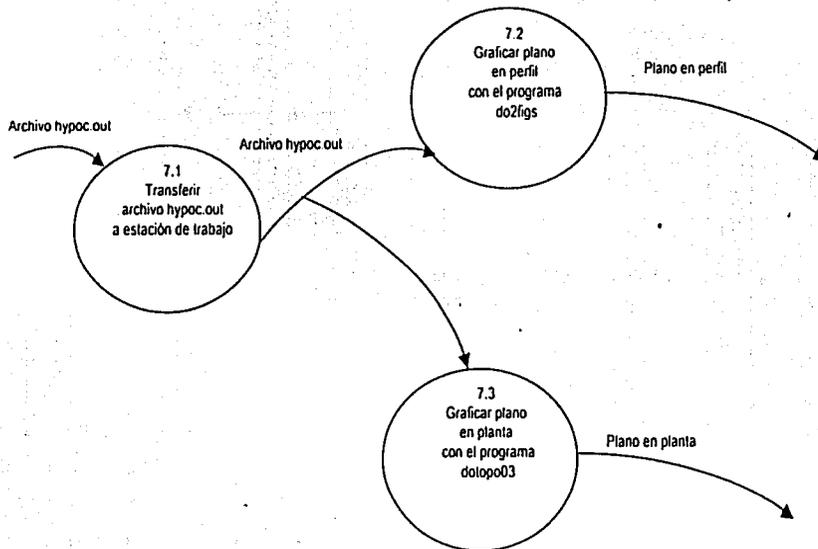
## 5. Generar archivos dmx



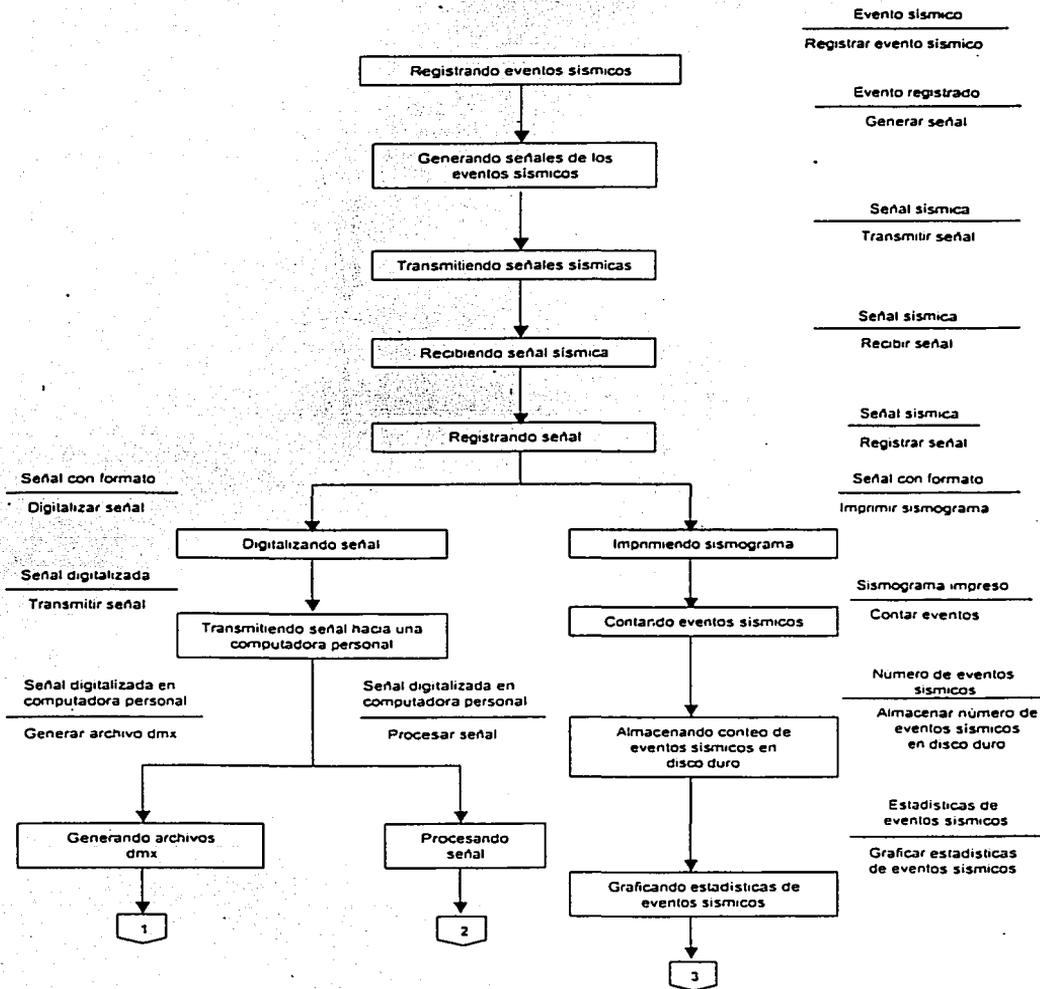
## 6. Ubicar sismos

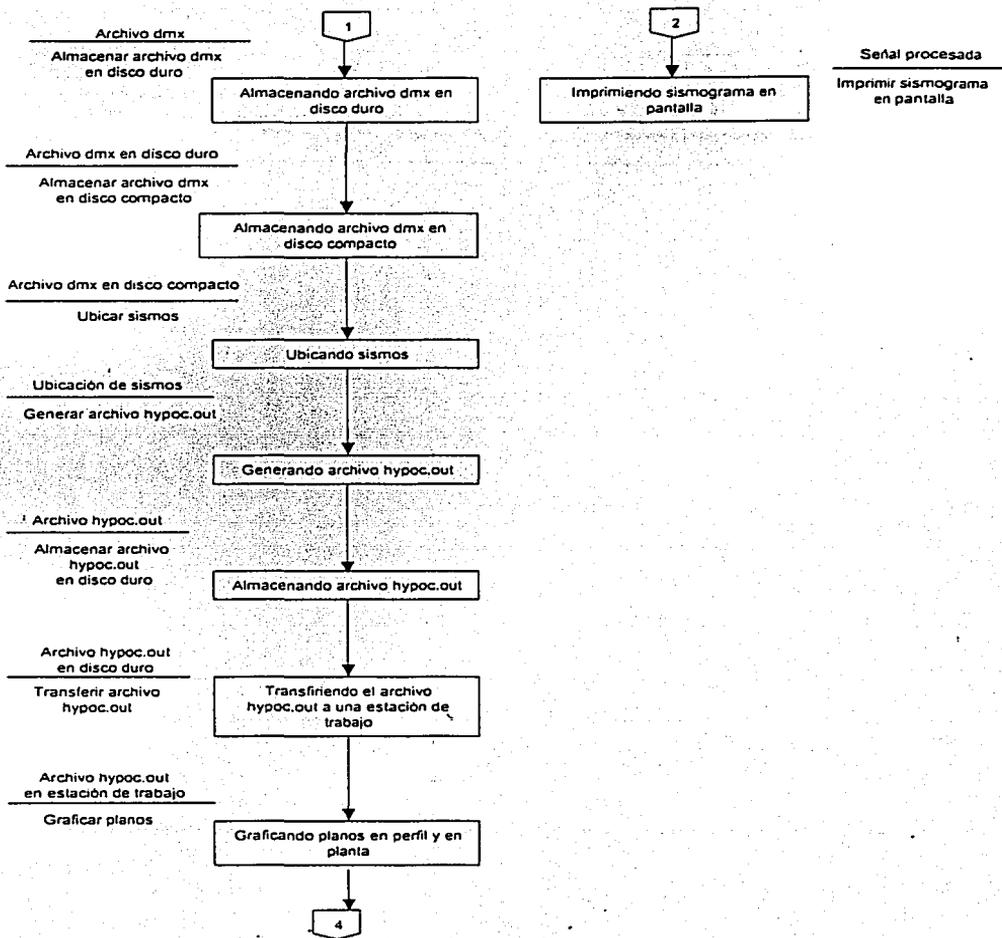


## 7. Graficar planos en planta y perfil



### 3.4.4.4. Diagrama de transición de estados





**Imágenes de planos**

---

Almacenar imágenes  
de planos en  
disco duro

4

Almacenando planos en disco  
duro

3

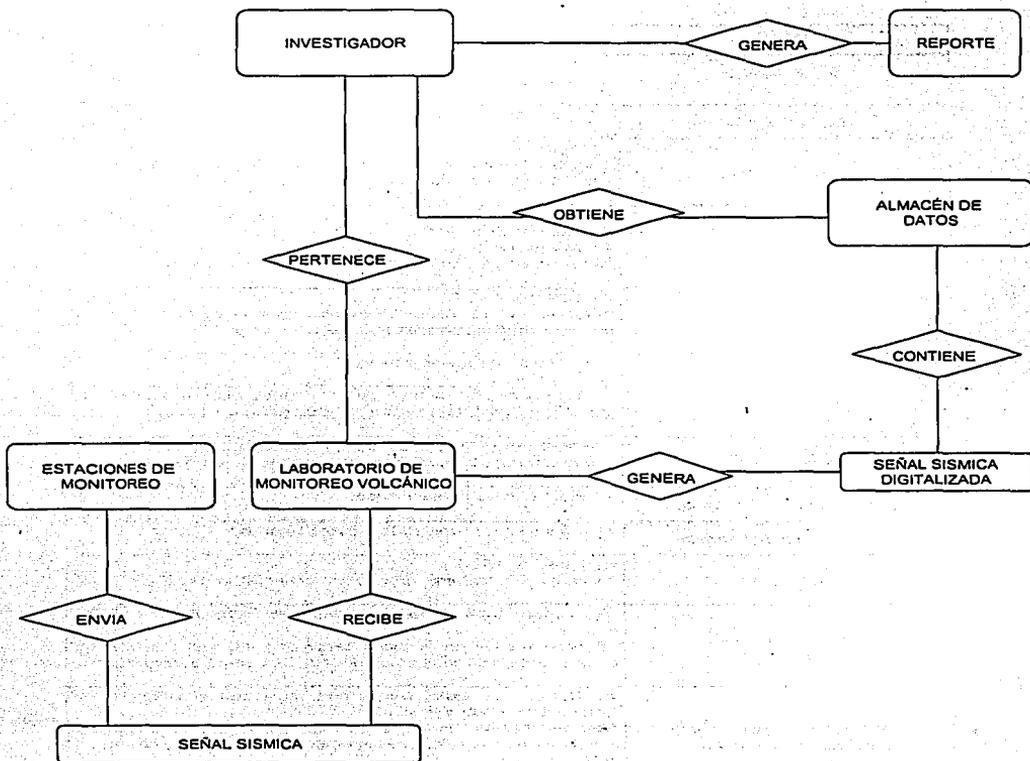
Almacenando gráficas en disco  
duro

**Gráficas de estadísticas  
de eventos sísmicos**

---

Almacenar gráficas  
en disco duro

### 3.4.4.5. Diagrama entidad relación



## 3.4.4.6. Diccionario de datos

## SIMBOLOGÍA

SIMBOLO	SIGNIFICADO
=	Compuesto de, se define como, significa
+	Concatenación de datos
{ }	Iteración
* *	Comentario

DATO	DESCRIPCION
<i>Señal sísmica</i>	=*Interpretación del movimiento del terreno obtenida a través de un sísmógrafo*
<i>Evento sísmico</i>	=*Movimiento del terreno*
<i>Archivo dmx</i>	=Fragmento de señal sísmica digitalizada *Archivo binario que contiene 5 minutos de la información digitalizada en el laboratorio de Monitoreo volcánico*
<i>Estación de monitoreo</i>	=Antena de radio + Panel solar + Ventana + Pedestal de concreto + Sísmómetro + Acondicionador de señal + Batería + Transmisor *Aparato donde son registrados los eventos sísmicos*
<i>Archivo hypoc.out</i>	={ Carácter ASCII } *Archivo de 11 Kb, contiene las coordenadas de localización de los sismos registrados en un archivo dmx *
<i>Sismograma</i>	=*Registro de señales sísmicas*
<i>Plano en planta</i>	=*Representación gráfica de los sismos ocurridos alrededor del volcán Popocatepetl, con una perspectiva en planta*
<i>Plano en perfil</i>	=*Representación gráfica de los sismos ocurridos alrededor del volcán Popocatepetl, con una perspectiva en perfil*
<i>Señal sísmica con formato</i>	=*Señal sísmica libre de ruido*
<i>Señal sísmica digitalizada</i>	=*Señal sísmica convertida a datos binarios*
<i>Archivo lec</i>	={ Carácter ASCII } *Archivo que contiene información sobre las ondas S y P*
<i>Gráfica del total de exhalaciones</i>	={ Número total de exhalaciones } + fecha inicial + fecha final *Representación en el plano cartesiano del número total de exhalaciones ocurridos en un periodo de tiempo determinado*
<i>Gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral</i>	={ Número de exhalaciones que rebasaron el umbral } + fecha inicial + fecha final *Representación en el plano cartesiano del número de exhalaciones que rebasaron el umbral en un periodo de tiempo determinado*
<i>Gráfica de fase y prefase</i>	={ Magnitud de fase + magnitud de prefase + amplitud de fase + amplitud de prefase } + fecha inicial + fecha final *Representación en el plano cartesiano de la fase y prefase de un evento sísmico*

### 3.5. CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

Hemos completado el análisis sobre el proceso que actualmente se realiza sobre la información sísmica del volcán Popocatepetl.

Se presenta la necesidad de contar con una herramienta que permita realizar un análisis sobre la información antes mencionada, de una manera eficiente y rápida. Con lo cual se obtendrá beneficio para los investigadores del CENAPRED, así como para todas las personas que tienen contacto con dicha información.

El proceso de análisis de información sísmica del volcán Popocatepetl se realiza en su mayoría manualmente (aunque apoyado por programas informáticos encargados de procesar información sísmica), es por ello la necesidad de automatización del proceso actual.

A través del análisis efectuado hemos podido identificar los siguientes aspectos:

1. Diariamente se almacenan alrededor de 400 Mb. de información, de la cual, la mayor parte la conforman los archivos dmx.
2. Considerando que se tiene información desde 1995 y su ritmo de crecimiento es constante, es evidente que conforme pase el tiempo el número de discos compactos será mayor, lo cual dificultará cada vez más tener una adecuada organización.
3. La información almacenada en los discos compactos no tiene ninguna réplica, es decir no existe ningún respaldo sobre esta información ya que ello requeriría un gran espacio de almacenamiento, el cual alcanza la categoría de terabytes, necesidad que no puede ser cubierta con los recursos con los que actualmente cuenta el CENAPRED.
4. Existe la limitante de no poder localizar rápidamente un evento determinado, ya que la organización de dicha información no lo permite.

---

## 3.6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 3.6.1. ESPECIFICACIONES

El SISV será un sistema informático capaz de administrar una base de datos que contendrá información sísmica sobre el volcán Popocatepetl desde 1995 a la fecha, actualizándose diariamente, permitiendo realizar análisis comparativos entre eventos sísmicos registrados en distintas fechas.

El usuario (investigador) podrá ingresar al sistema mediante dos vías:

1. *Usuario administrador:* Tendrá permisos de acceso a la información para su actualización y consulta, es decir podrá dar de alta información, eliminarla, modificarla o consultarla.
2. *Usuario visitante:* Tendrá permisos de acceso a la información sólo para su consulta.

Como requerimientos tecnológicos se consideran factibles los siguientes:

- ❖ Sistema operativo Unix
- ❖ Lenguaje de programación Java
- ❖ Servidor web Apache
- ❖ Servidor de JSP's y servlets Tomcat
- ❖ RDBMS Informix
- ❖ Espacio de almacenamiento en disco de 2 TB

### 3.6.2. VENTAJAS

El uso de este sistema de información presentará distintas ventajas, entre las que se pueden mencionar:

- ❖ Búsqueda de información con mayor rapidez mediante distintas opciones que brindará el nuevo sistema, presentándose con mayor rapidez ante el usuario la información requerida.
- ❖ Concentración de la información en una base de datos, la accesibilidad a ésta sustituirá a la recopilación de distintas fuentes de información que actualmente realiza el usuario.
- ❖ La facilidad de uso de la interfaz del sistema ayudará a aquellos usuarios que no son expertos en la realización de las actividades involucradas.
- ❖ Comparación de los sismogramas a través de la pantalla de la computadora.

### 3.6.3. DECLARACIÓN DEL PROPÓSITO

El propósito del Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica es permitir a los investigadores realizar un análisis comparativo entre eventos sísmicos ocurridos en distintas fechas de manera visual y rápida, agilizando con ello la generación de resultados.

### 3.6.4. ALCANCE

1. La base de datos contendrá la siguiente información:
  - ❖ Fotos de sismogramas
  - ❖ Número de exhalaciones totales por día
  - ❖ Número de exhalaciones diarias que rebasaron el umbral
  - ❖ Amplitud y magnitud de la fase y prefase
  - ❖ Archivo hypoc.out
  - ❖ Archivo dmx
2. Permitir dar de alta la información mencionada anteriormente, así como modificarla o eliminarla.
3. Permitir el análisis comparativo de eventos sísmicos a través de la consulta de:
  - ❖ Fotos de sismogramas
  - ❖ Gráfica del total de exhalaciones
  - ❖ Gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral
  - ❖ Gráfica de fase y prefase
  - ❖ Plano de ubicación de sismos en planta
  - ❖ Plano de ubicación de sismos en perfil

---

### **3.6.5. LIMITACIONES**

1. El alcance de la información contenida en la base de datos dependerá del espacio de almacenamiento en disco.
2. El archivo hypoc.out que se almacenará en la base de datos es el resultado de la localización de sismos efectuada por los investigadores participantes en el proceso actual, dicho archivo será necesario para que el sistema de información genere los planos en planta y perfil.

**4. ANÁLISIS DEL SISV**

**4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISV**

**4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD**

**4.2.1. VIABILIDAD ECONÓMICA**

**4.2.2. VIABILIDAD TÉCNICA**

**4.2.3. VIABILIDAD LEGAL**

**4.3. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS PARA EL SISV**

**4.3.1. EQUIPO DE TRABAJO**

**4.3.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS**

**4.4. MODELADO DEL SISV**

**4.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS**

**4.4.1.1. DFD general**

**4.4.1.2. DFD específico**

**4.4.2. MODELO ESENCIAL**

**4.4.3. MODELO AMBIENTAL**

**4.4.3.1. Propósito**

**4.4.3.2. Lista de eventos**

**4.4.3.3. Diagrama de contexto**

**4.4.4. MODELO DE COMPORTAMIENTO**

**4.4.4.1. DFD nivel 0**

**4.4.4.2. DFD nivel 1**

**4.4.4.3. DFD nivel 2**

**4.4.4.4. Diagrama de transición de estados**

**4.4.4.5. Diagrama entidad-relación**

**4.4.4.6. Diccionario de datos**

**5. DISEÑO DEL SISV**

**5.1. DESCRIPCIÓN DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS**

**5.2. DISEÑO DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS**

**5.2.1. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL USUARIO**

- 
- 5.2.2. **MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA**
    - 5.2.2.1. **Modelo procesador**
    - 5.2.2.2. **Modelo de tareas**
  - 5.2.3. **MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA**
    - 5.2.3.1. **Modelo de estructura**
  - 5.2.4. **ESPECIFICACIÓN DE PROCESOS**
  - 5.2.5. **DICCIONARIO DE DATOS**
- 
- 6. **DISEÑO DE LA BASE DE DATOS**
    - 6.1. **IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES Y ATRIBUTOS**
    - 6.2. **IDENTIFICACIÓN DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES**
    - 6.3. **IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES**
    - 6.4. **IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES**
    - 6.5. **DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN**
    - 6.6. **DICCIONARIO DE LA BASE DE DATOS**
- 
- 7. **DESARROLLO DEL SISV**
    - 7.1. **PROGRAMACIÓN DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS**
    - 7.2. **DOCUMENTACIÓN**
      - 7.2.1. **MANUAL TÉCNICO**
        - 7.2.1.1. **Estructura de componentes**
        - 7.2.1.2. **Descripción de subsistemas**
      - 7.2.2. **MANUAL DE USUARIO**
    - 7.3. **PRUEBAS**
- 
- 8. **IMPLANTACIÓN**
    - 8.1. **PRESENTACIÓN DEL SISV**
    - 8.2. **PRUEBAS CON EL USUARIO**
    - 8.3. **LIBERACIÓN**
      - 8.3.1. **OFICIO DE LIBERACIÓN DEL SISV**

## 4. ANÁLISIS DEL SISV

### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISV

A continuación se describen las actividades en las que el usuario podrá interactuar con el SISV:

1. La señal sísmica proviene de las estaciones de monitoreo ubicadas entorno al volcán Popocatepetl, se recibe en el laboratorio de Monitoreo volcánico del CENAPRED, posteriormente se convierte a formato digital y se almacena automáticamente en archivos dmx, cada archivo contiene 5 minutos de información, al mismo tiempo se imprime en los tambores magnéticos. El usuario tomará estos archivos para alimentar la base de datos.
2. Una vez obtenidos los archivos dmx de la computadora personal donde éstos son almacenados, el usuario utilizará el programa Pick\_em para obtener los datos de las ondas S y P generando el archivo con extensión .lec.
3. Posteriormente, el usuario empleará un programa llamado Hypocent para localizar los sismos, este programa toma el archivo generado por el programa Pick\_em y genera el archivo que muestra la localización de los sismos denominado hypoc.out.
4. El usuario podrá ingresar a la base de datos del archivo hypoc.out y automáticamente se generarán los planos en planta y perfil.
5. A partir de los sismogramas impresos obtenidos de los tambores magnéticos del laboratorio de Monitoreo volcánico, el usuario realizará el conteo diario de eventos sísmicos, tales como las exhalaciones que rebasaron el umbral y el total de exhalaciones. Una vez obtenidos estos datos, el usuario podrá darlos de alta en la base de datos.
6. Se obtendrán fotografías digitales de los sismogramas impresos, posteriormente se darán de alta estas imágenes en la base de datos del SISV.
7. El sistema permitirá dar de alta, dar de baja y modificar la siguiente información:
  - Datos para la gráfica del total de exhalaciones, de exhalaciones que rebasaron el umbral y de fase-prefase
  - Archivos dmx
  - Fotos de sismograma
  - Archivos hypoc.out
8. Así mismo el sistema permitirá consultar la siguiente información:
  - Sismogramas
  - Planos de ubicación de sismos en planta, en perfil
  - Gráfica del total de exhalaciones, de exhalaciones que rebasaron el umbral y de fase-prefase

---

## 4.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD

A continuación se presenta el resultado del análisis de viabilidad y factibilidad sobre el desarrollo del nuevo sistema:

### 4.2.1. VIABILIDAD ECONÓMICA

Dadas las características del sistema a desarrollar mencionadas en la propuesta de solución, el tamaño de la información a almacenar actualmente y su inminente crecimiento, consideramos que la inversión económica que se tendrá que efectuar está encaminada primordialmente a la adquisición de espacio de almacenamiento en disco duro, ya que actualmente el CENAPRED cuenta con el equipo y software requeridos para desarrollar el nuevo sistema. Por tales motivos dicha inversión se justifica ampliamente.

Los beneficios brindados por el sistema se reflejan en la reducción del tiempo invertido en la realización de las actividades propias del proceso actual, así como del tiempo que consumen las búsquedas de datos históricos necesarios para realizar el análisis comparativo deseado. Adicionalmente se encuentra el beneficio de contar con un banco de datos centralizado con un mecanismo de acceso más flexible que el que se tiene actualmente. El almacenamiento de la información ya no estará dependiendo de discos compactos, sin embargo puede ser un resguardo adicional.

El beneficio que el sistema brindará al usuario está ligado a la inversión efectuada, ya que los resultados esperados dependen de la información almacenada en la base de datos.

### 4.2.2. VIABILIDAD TÉCNICA

Considerando que el CENAPRED cuenta con los requerimientos de hardware y software para el desarrollo del nuevo sistema, y tomando en cuenta los métodos a utilizar que son el análisis y diseño estructurado, así como los conocimientos que el equipo de desarrollo posee al respecto, dicho desarrollo es viable técnicamente.

### 4.2.3. VIABILIDAD LEGAL

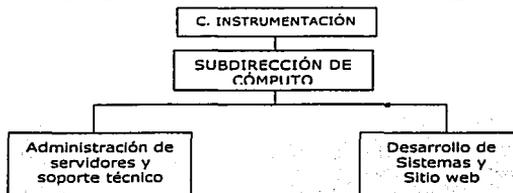
El CENAPRED como institución gubernamental está apegada a los lineamientos legales vigentes en el marco jurídico. Tanto el desarrollo como el uso del sistema a desarrollar constituyen un proceso lícito, no incurriendo en actos que están fuera de la ley.

Las herramientas a utilizar para el desarrollo del sistema son propiedad del CENAPRED o en su defecto son gratuitas como es el caso particular de Apache, Tomcat y Java. Como caso especial, al momento de escribir este documento, el manejador de base de datos Informix Dynamic Server 2000 se encuentra en calidad de préstamo por parte de la DGTI de la Secretaría de Gobernación, sin embargo la adquisición de una licencia propia está en proceso.

### 4.3. IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS PARA EL SISV

#### 4.3.1. EQUIPO DE TRABAJO

##### PERSONAL PARTICIPANTE EN EL DESARROLLO DEL SISPOPO



El equipo de trabajo que participará en el desarrollo del sistema está integrado de la siguiente forma:

- ❖ Cynthia Lilliana Vidal Gaona
- ❖ Susana García Peralta

Ambas forman parte del personal del CENAPRED.

#### 4.3.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

<b>ULTRA-80</b>	
Arquitectura	Plataforma Unix, sistema operativo, Solaris
Hardware	Sun Ultra 80 1024MB 450MHZ Floppy 3.5 Unidad DVD interna D.D. interno 16.86 GB 050C0586 Sun Monitor 19" 365-1403-01 Sun Mouse 9Y43450M 03C Sun Teclado 3201270-01
<b>SOFTWARE</b>	
Nombre	Descripción
Informix Dynamic Server 2000	Base de datos
Java JDK 1.3.1	Lenguaje de programación
Web Server Apache 2.0.39	Servidor web

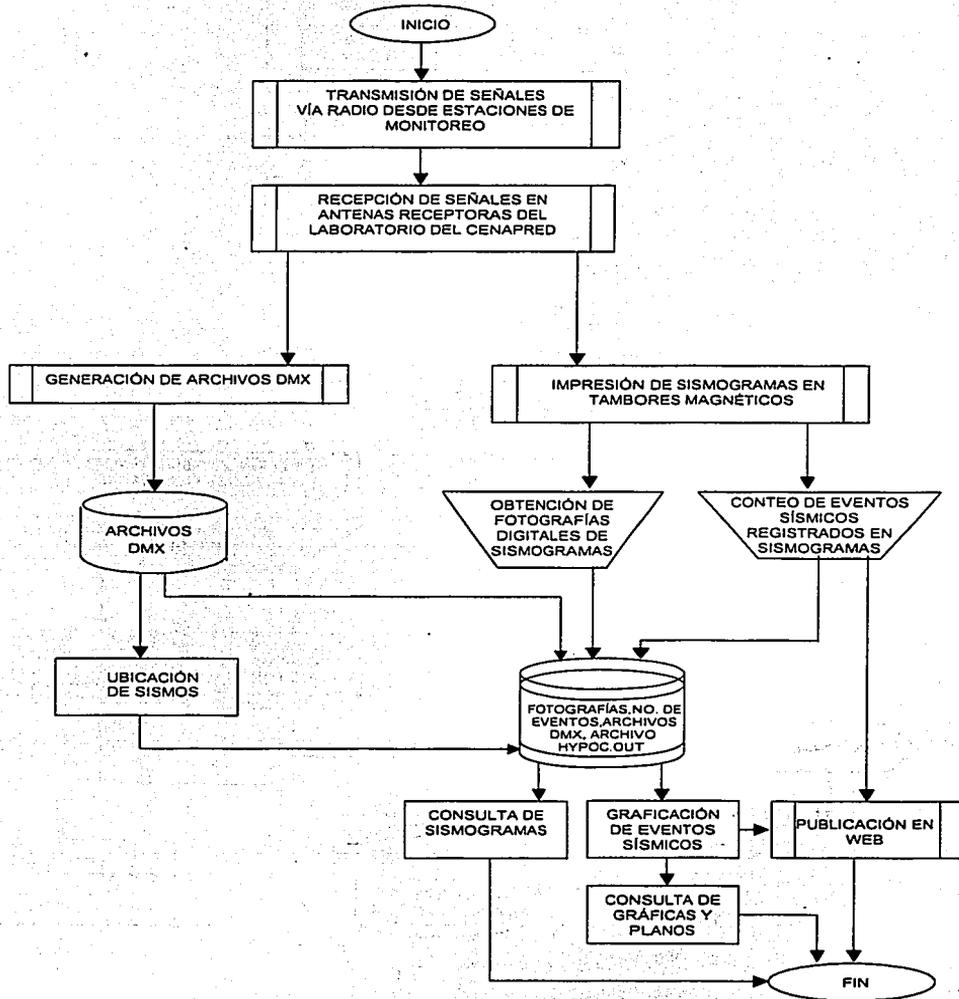
#### 4.4. MODELADO DEL SISV

##### *Simbología empleada en los diagramas de flujo de datos*

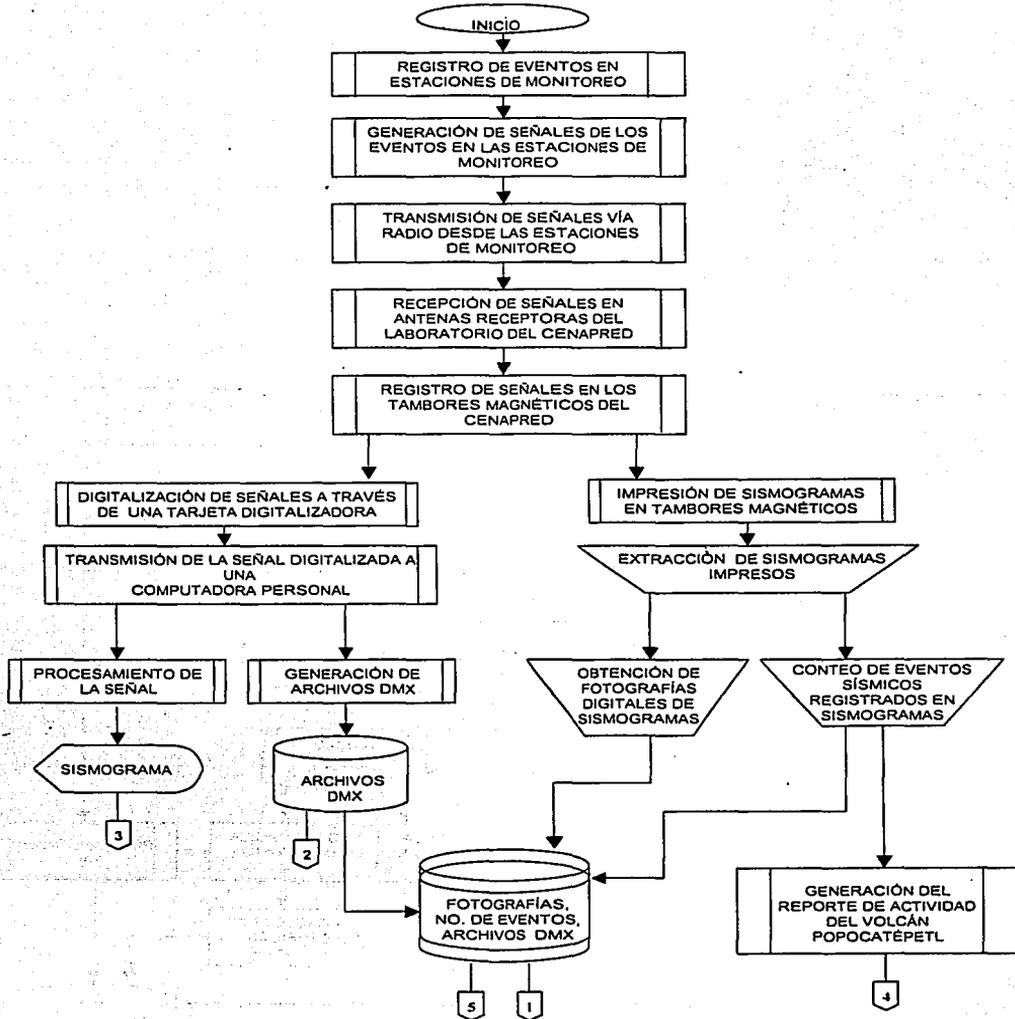
	Indicador de inicio y fin del proceso
	Proceso
	Salida a pantalla
	Almacenamiento en base de datos
	Almacenamiento en disco duro
	Proceso manual
	Conector
	Flechas de flujo
	Proceso independiente

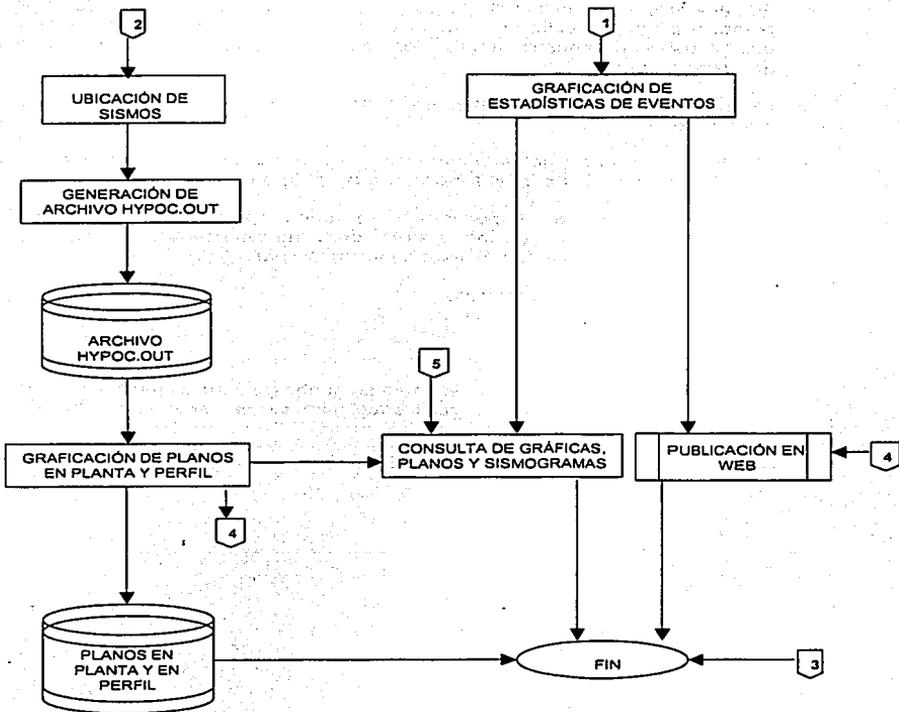
#### 4.4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS

##### 4.4.1.1. DFD general



#### 4.4.1.2. DFD específico





---

### ***Notas a los diagramas de flujo de datos***

- ❖ Las actividades representadas en los diagramas de flujo anteriores se realizan diariamente, a excepción de la publicación en web que en el caso de los planos en planta y perfil se realiza mensualmente y en el caso de la gráficas de exhalaciones que se publican bimestralmente. Además anualmente se genera un plano en planta y un plano en perfil.
- ❖ La Impresión de sismogramas en tambores magnéticos y en pantalla sucede en tiempo real.
- ❖ El almacenamiento de archivos dmx en disco duro es temporal, ya que son eliminados después de ingresarlos en la base de datos.
- ❖ El reporte del volcán Popocatépetl se emite diariamente, el conteo de eventos sísmicos constituye la sección sísmica de dicho reporte que es publicado en el sitio web del CENAPRED y además está conformado por:
  - Deformación (Inclinómetros)
  - Emisión de bióxido de azufre
  - Reporte escrito
  - Imágenes del volcán
- ❖ Los DFD general y específico así como su simbología no es parte de la metodología de Análisis Estructurado, fueron realizados para servir como apoyo en la comprensión del proceso.

### ***Simbología del análisis estructurado***



Entidades



Almacenamiento

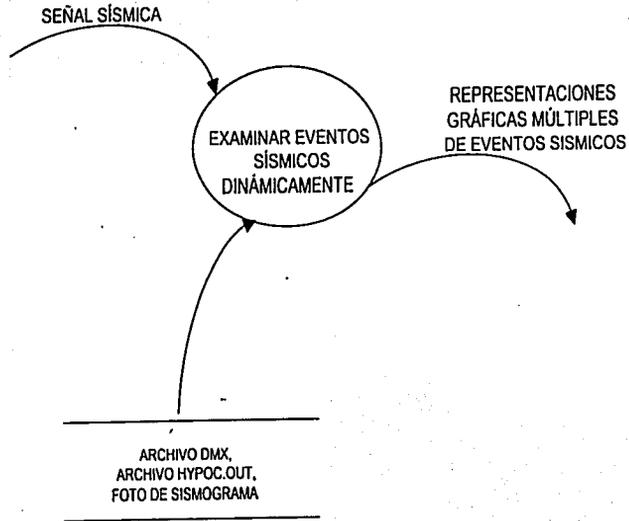


Flechas de flujo



Proceso

#### 4.4.2. MODELO ESENCIAL



Función del SISV: Examinar eventos sísmicos dinámicamente

### 4.4.3. MODELO AMBIENTAL

#### 4.4.3.1. Propósito

El propósito del SISV (Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica) es concentrar la información referente a eventos sísmicos del volcán Popocatepetl con la finalidad de permitir la consulta dinámica de tal información, agilizando así, el análisis comparativo de eventos sísmicos a través de representaciones gráficas tales como:

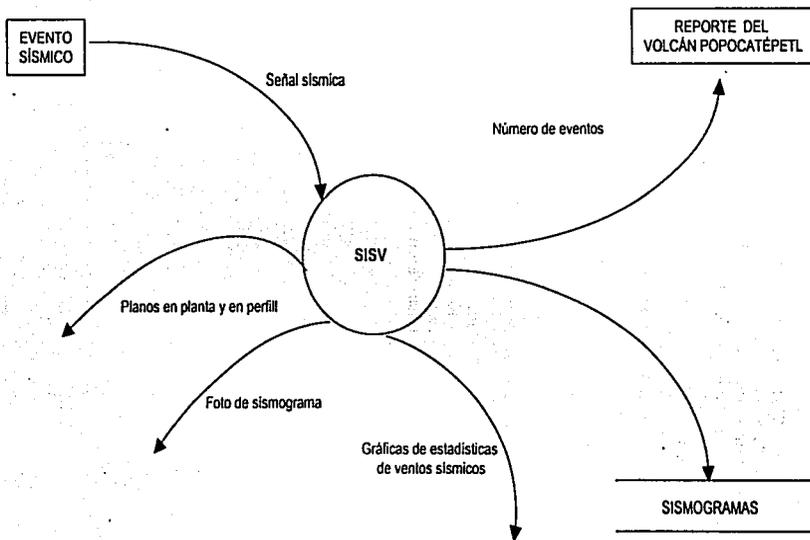
- ❖ Gráficas de exhalaciones
- ❖ Gráficas de fase y prefase
- ❖ Planos de ubicación de sismos en planta y en perfil
- ❖ Sismogramas

#### 4.4.3.2. Lista de eventos

- |  |     |
|--|-----|
| 1. El usuario introduce información sobre eventos sísmicos.              | (F) |
| 2. Se realizan gráficas de los eventos sísmicos.                         | (C) |
| 3. Se realizan planos de ubicación de sismos.                            | (C) |
| 4. El usuario consulta dinámicamente información sobre eventos sísmicos. | (C) |
| 5. El usuario modifica información sobre eventos sísmicos.               | (T) |
| 6. El usuario elimina información sobre eventos sísmicos.                | (T) |

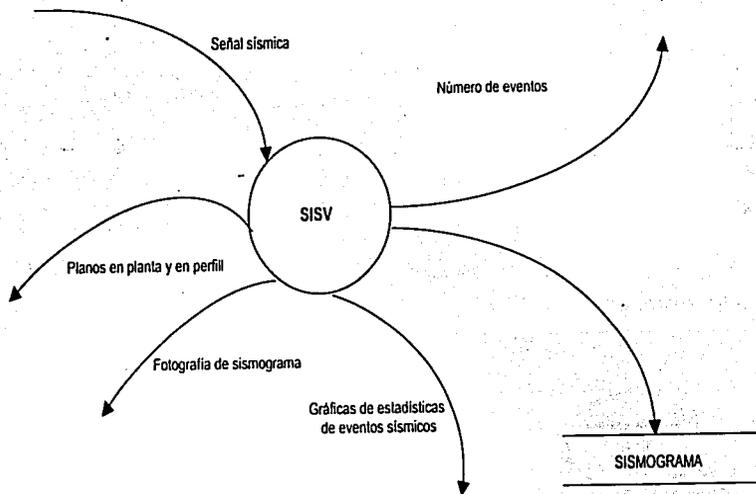
- (F) Evento orientado a flujo  
 (C) Evento de control  
 (T) Evento temporal

## 4.4.3.3. Diagrama de contexto

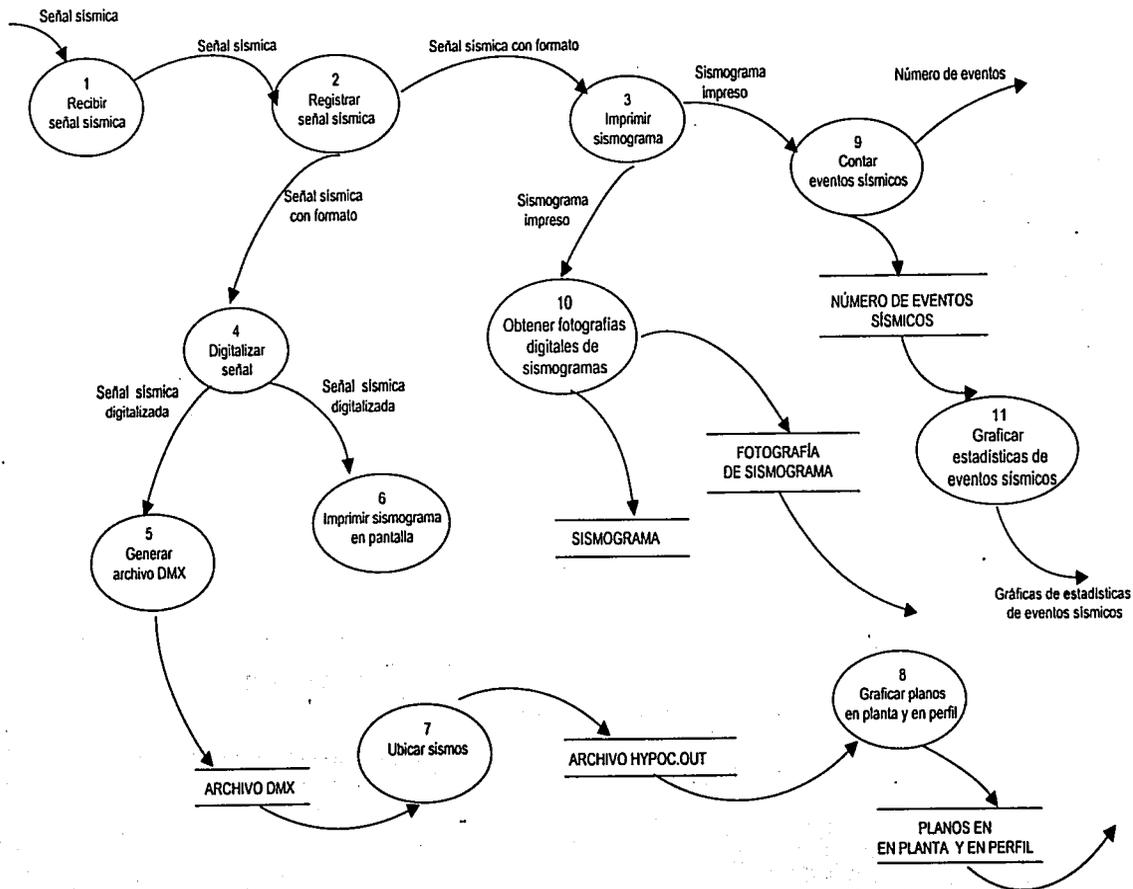


#### 4.4.4. MODELO DE COMPORTAMIENTO

##### 4.4.4.1. DFD nivel 0

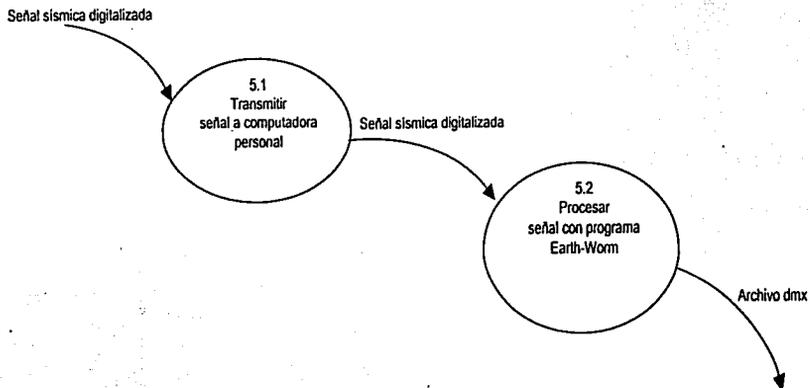


## 4.4.4.2. DFD nivel 1

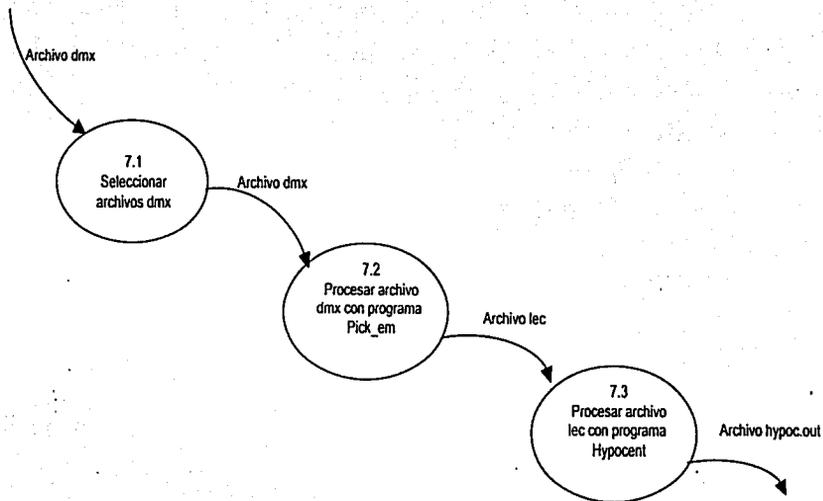


#### 4.4.4.3. DFD nivel 2

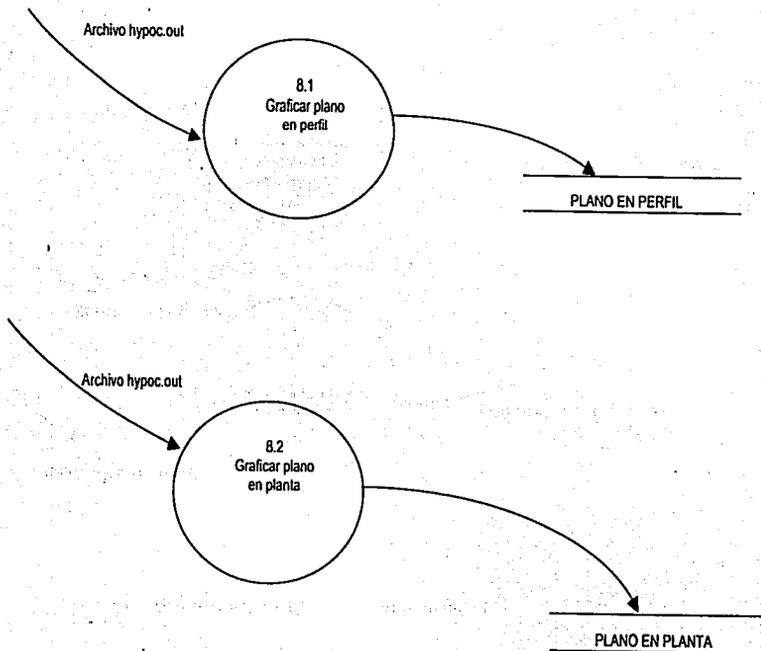
### 5. Generar archivos dmx



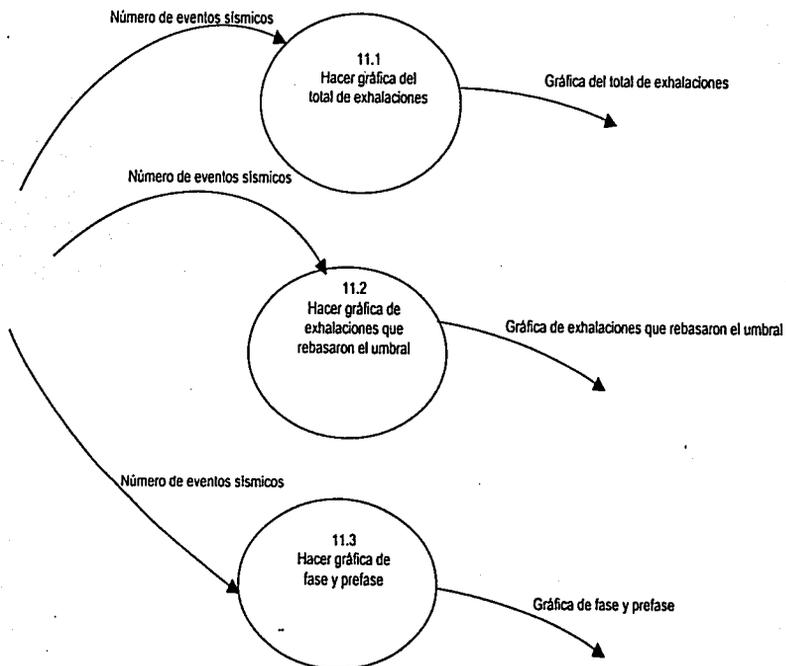
## 7. Ubicar sismos



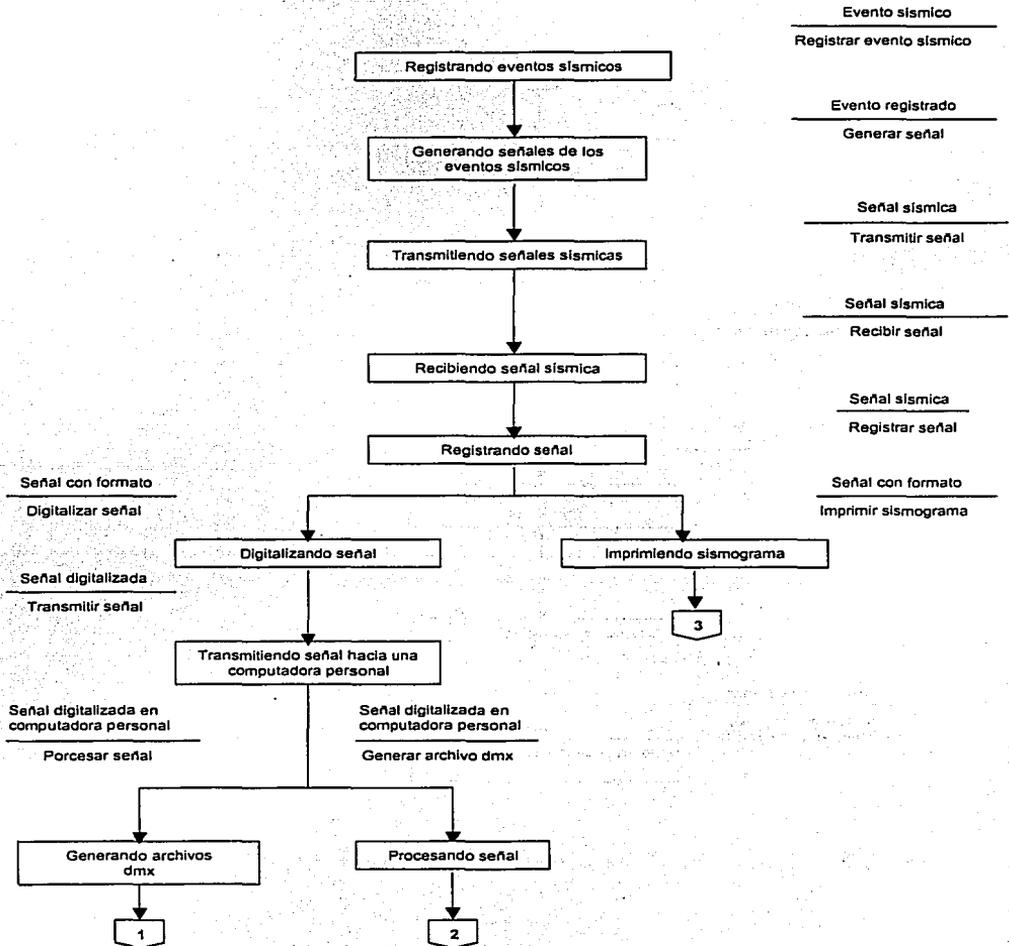
## 8. Graficar planos en planta y en perfil

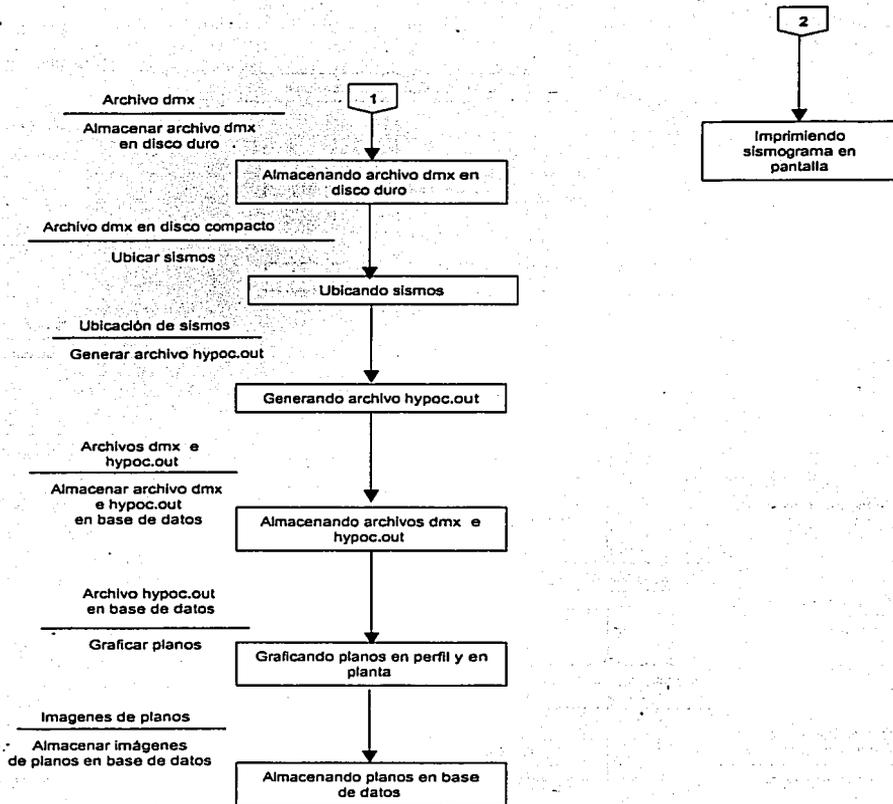


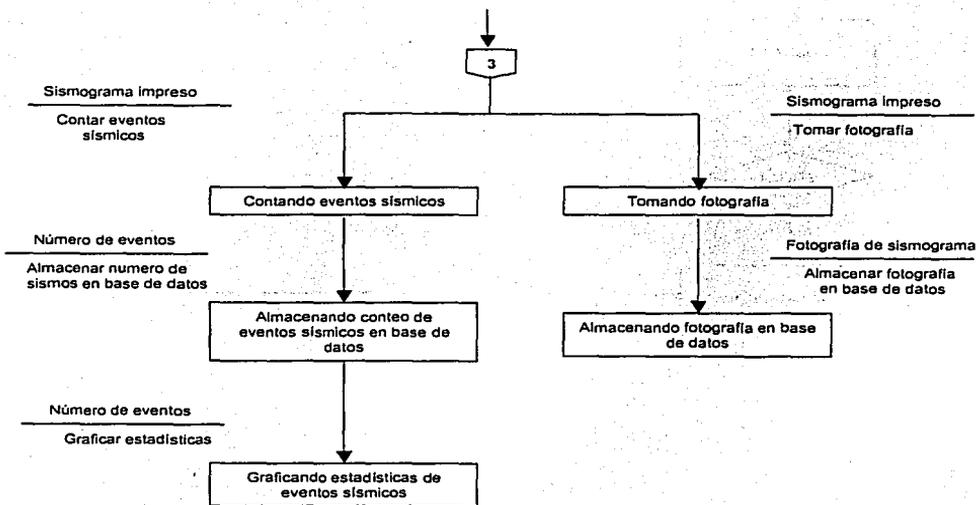
## 11. Graficar estadísticas de eventos sísmicos



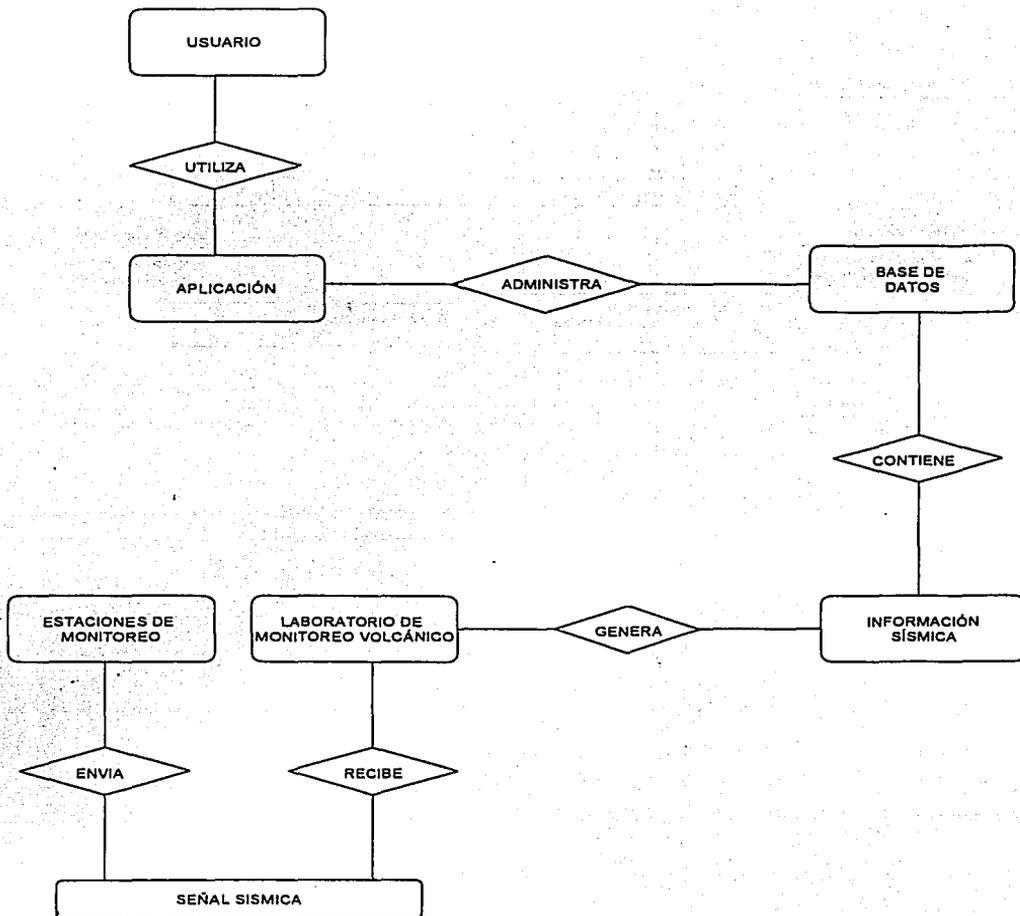
#### 4.4.4.4. Diagrama de transición de estados







#### 4.4.4.5. Diagrama entidad relación



## 4.4.4.6. Diccionario de datos

## SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
=	Compuesto de, se define como, significa
+	Concatenación de datos
{ }	Iteración
* *	Comentario

DATO	DESCRIPCIÓN
<i>Señal sísmica</i>	= "Interpretación del movimiento del terreno obtenida a través de un sísmógrafo"
<i>Evento sísmico</i>	= "Movimiento del terreno"
<i>Archivo dmx</i>	= Fragmento de señal sísmica digitalizada * Archivo binario que contiene 5 minutos de la información digitalizada en el laboratorio de Monitoreo volcánico *
<i>Estación de monitoreo</i>	= Antena de radio + Panel solar + Ventana + Pedestal de concreto + Sísmómetro + Acondicionador de señal + Batería + Transmisor * Aparato donde son registrados los eventos sísmicos *
<i>Archivo hypoc.out</i>	= { Carácter ASCII } * Archivo de 11 Kb, contiene las coordenadas de localización de los sismos registrados en un archivo dmx *
<i>Sismograma</i>	= "Registro de señales sísmicas impreso en papel"
<i>Plano en planta</i>	= "Representación gráfica de los sismos ocurridos alrededor del volcán Popocatepetl, con una perspectiva en planta"
<i>Plano en perfil</i>	= "Representación gráfica de los sismos ocurridos alrededor del volcán Popocatepetl, con una perspectiva en perfil"
<i>Señal sísmica con formato</i>	= "Señal sísmica libre de ruido"
<i>Señal sísmica digitalizada</i>	= "Señal sísmica convertida a datos binarios"
<i>Archivo lec</i>	= { Carácter ASCII } * Archivo que contiene información sobre las ondas S y P *
<i>Gráfica del total de exhalaciones</i>	= { Número total de exhalaciones } + fecha inicial + fecha final * Representación en el plano cartesiano del número total de exhalaciones ocurridos en un periodo de tiempo determinado *
<i>Gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral</i>	= { Número de exhalaciones que rebasaron el umbral } + fecha inicial + fecha final * Representación en el plano cartesiano del número de exhalaciones que rebasaron el umbral en un periodo de tiempo determinado *

DATO	DESCRIPCIÓN
<i>Gráfica de fase y prefase</i>	= { Magnitud de fase + magnitud de prefase + amplitud de fase + amplitud de prefase } + fecha inicial + fecha final *Representación en el plano cartesiano de la fase y prefase de un evento sísmico*
<i>Foto de sismograma</i>	= Imagen digital obtenida de un sismograma Impreso. * Archivo binario que contiene la imagen de un sismograma*

## 5. DISEÑO DEL SISV

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS

#### •ALTAS



→  
Elige altas

PROCESO



Alta de  
la información

#### •BAJAS



→  
Elige bajas

PROCESO



Eliminación de  
la información

#### •MODIFICACIONES



→  
Elige modificaciones

PROCESO



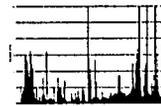
Actualización de  
la información

#### •CONSULTAS

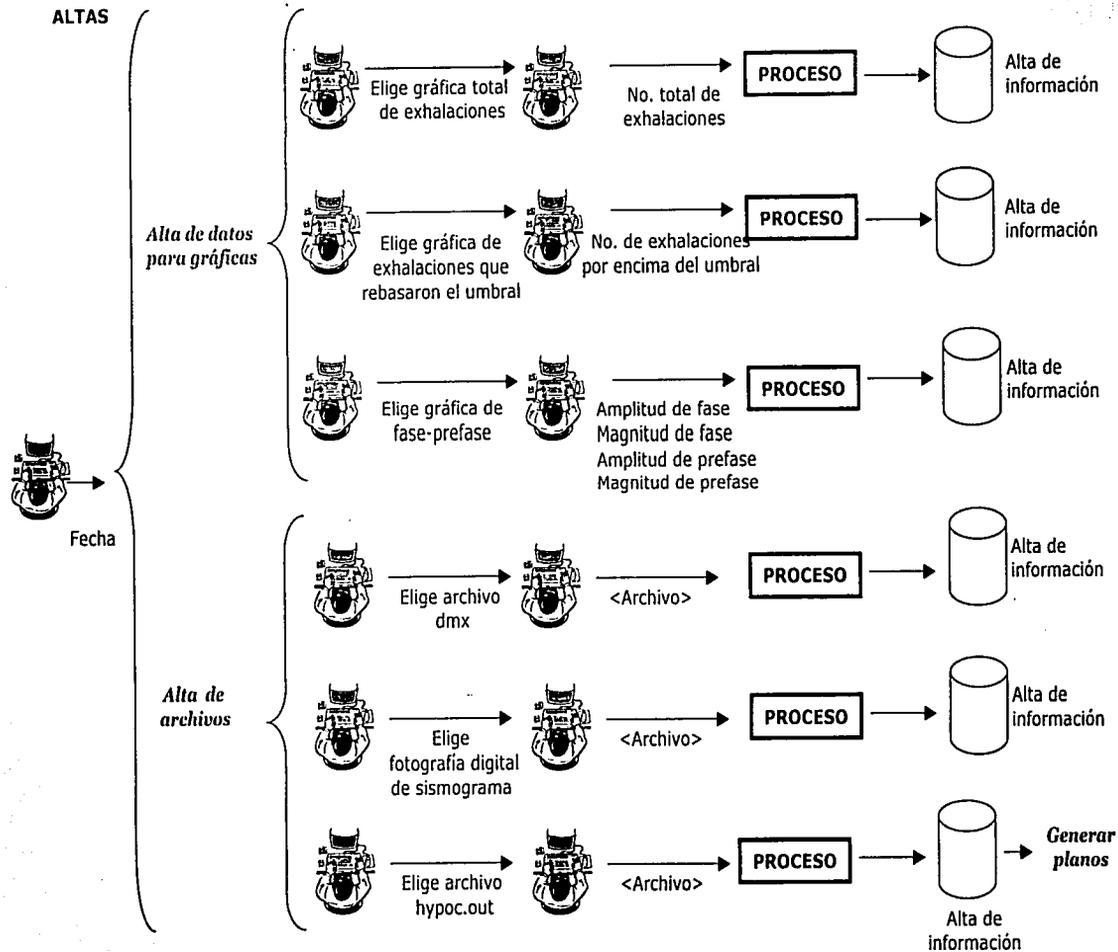


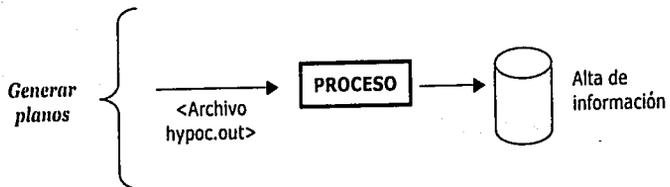
→  
Elige consultas

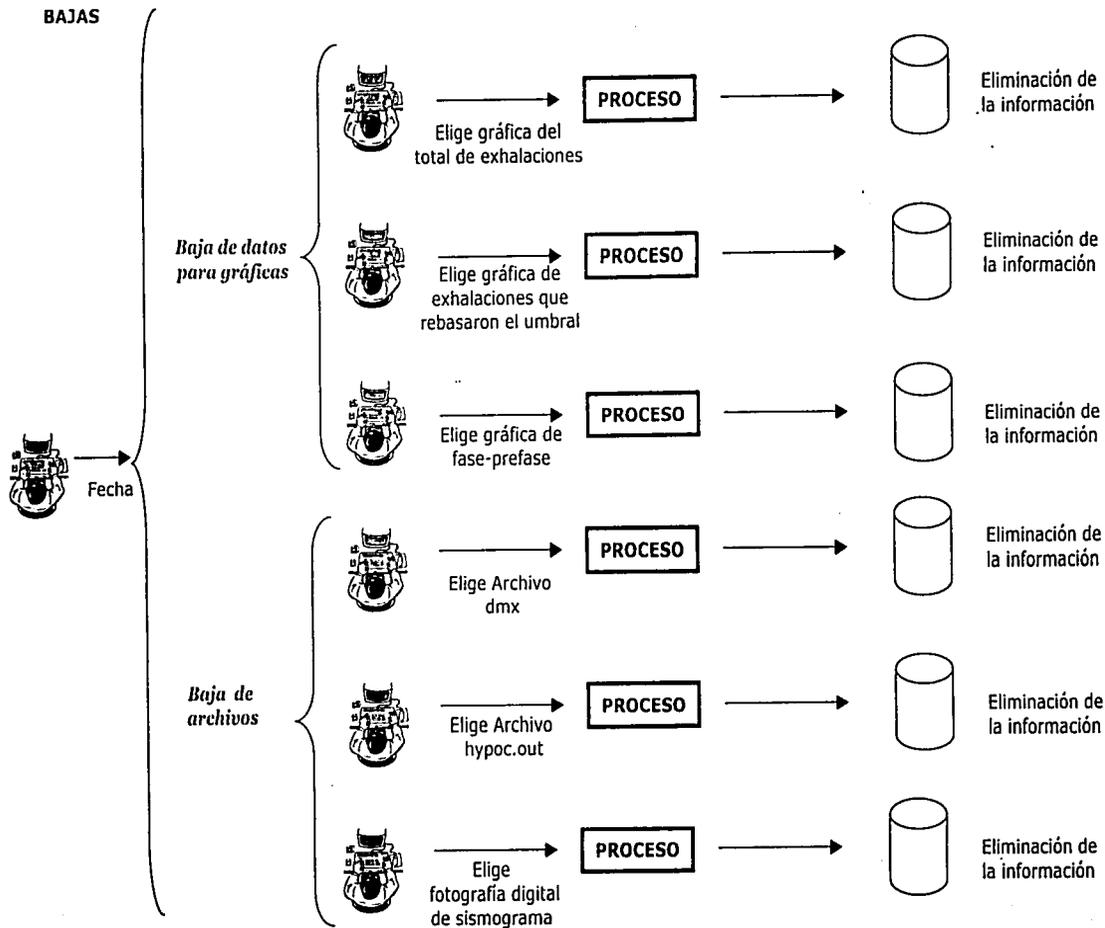
PROCESO



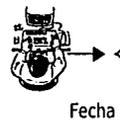
Consulta de  
la información  
solicitada



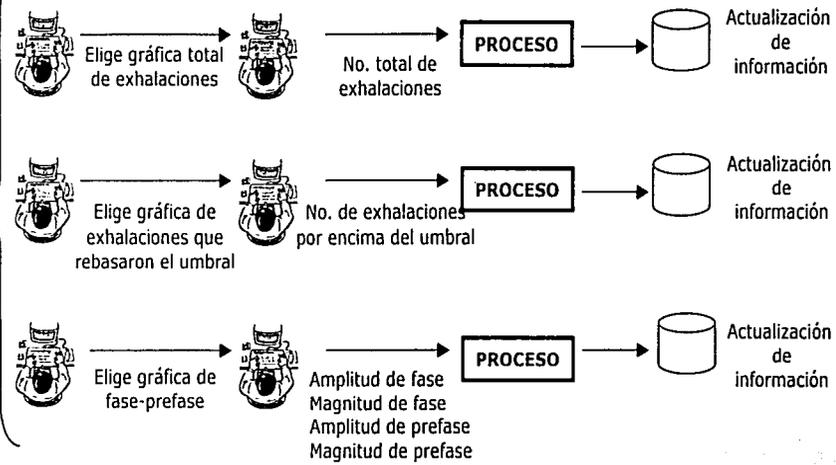




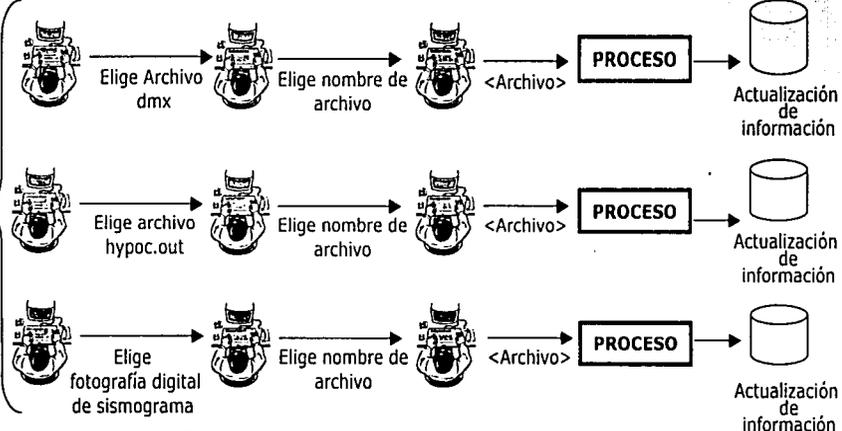
**MODIFICACIONES**

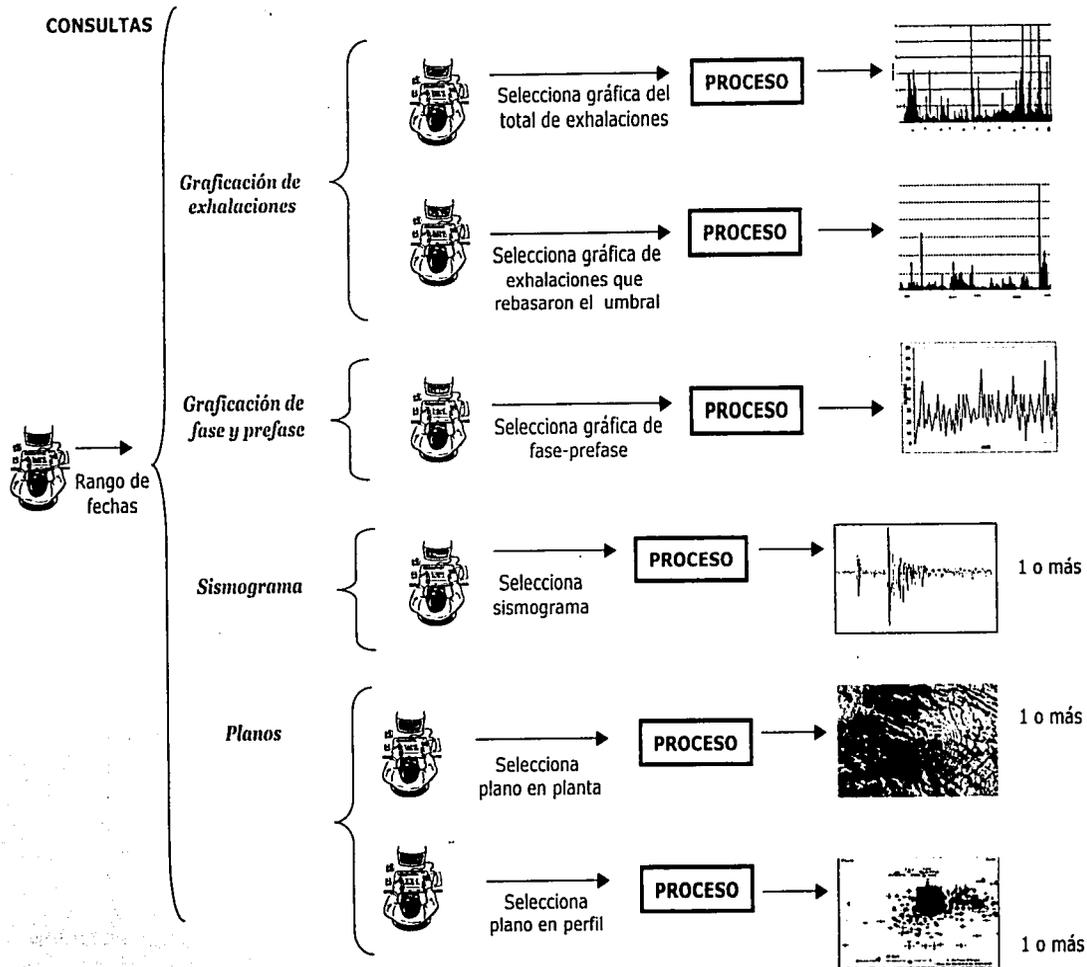


*Modificación de datos para gráficos*



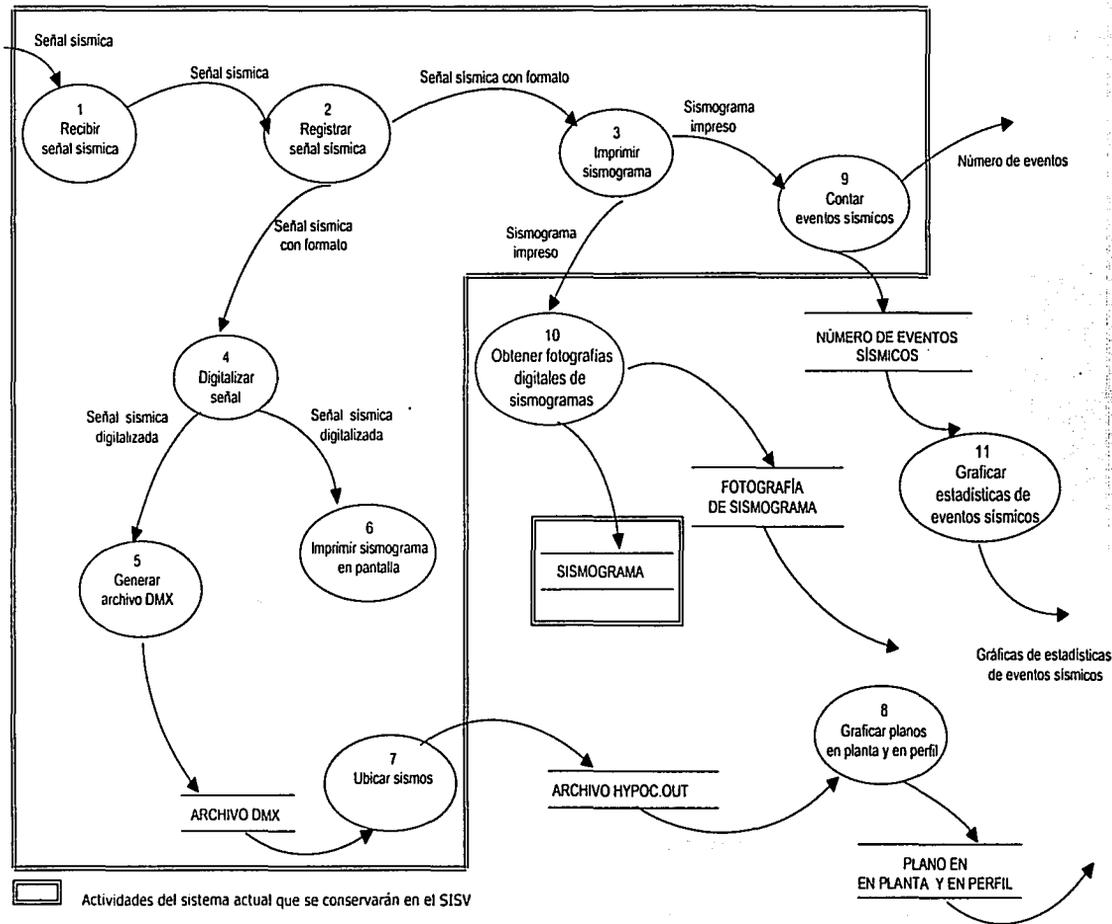
*Modificación de archivos*





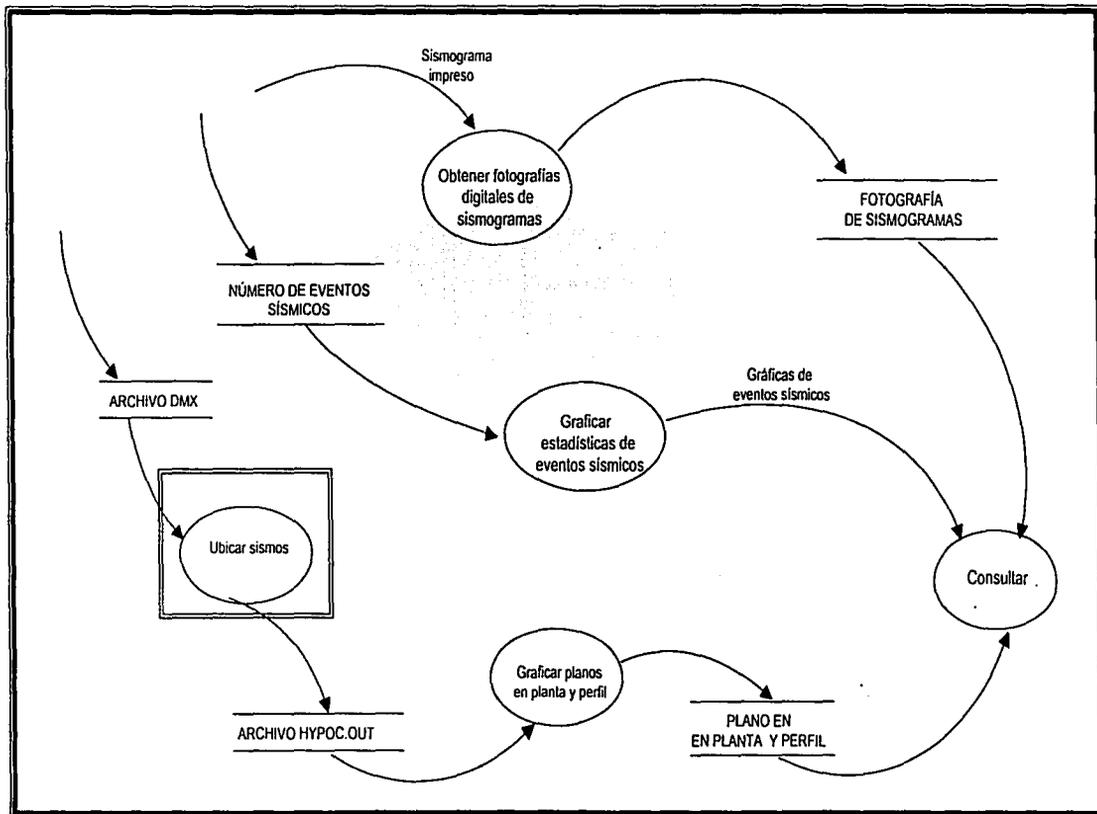
## 5.2. DISEÑO DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS

### 5.2.1. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL USUARIO



## 5.2.2. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

## 5.2.2.1. Modelo procesador



NOTA: Procesamiento realizado en un servidor. El proceso de ubicación de sismos es una actividad del proceso actual que se conservará en el SISV.

### 5.2.2.2. Modelo de tareas

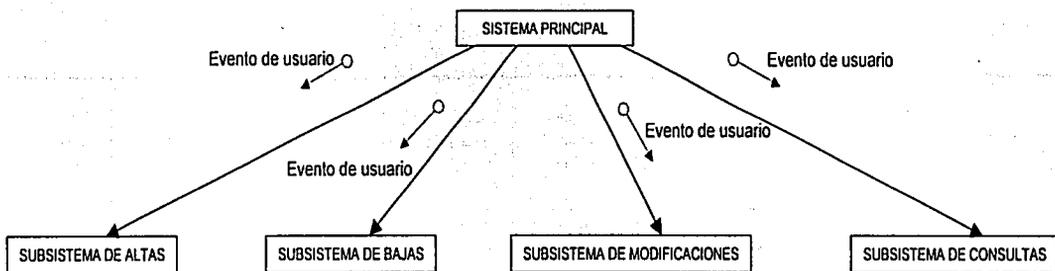
PROCESADOR							
Almacenar archivo dmx	Almacenar archivo hypoc.out	Almacenar número de eventos sísmicos	Realizar gráfica del total de exhalaciones	Realizar gráfica de exhalaciones que rebasaran el umbral	Realizar gráfica de fase y prefase	Realizar plano en planta	Realizar plano en perfil

PROCESADOR (continuación)							
Almacenar plano en planta	Almacenar plano en perfil	Almacenar fotografía digital de sismograma	Leer plano en planta	Leer plano en perfil	Leer datos para gráfica del total de exhalaciones	Leer datos para gráfica de exhalaciones que rebasaran el umbral	Leer datos para gráfica de fase y prefase

PROCESADOR (continuación)							
Mostrar plano en planta	Mostrar plano en perfil	Mostrar gráfica del total de exhalaciones	Mostrar gráfica de exhalaciones que rebasaran el umbral	Mostrar gráfica de fase y prefase	Mostrar sismograma	Leer fotografía digital de sismograma	

## 5.2.3. MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA

### 5.2.3.1. Modelo de estructura



#### MÓDULOS:

- Alta de datos para gráficas
- Alta de archivos

#### MÓDULOS:

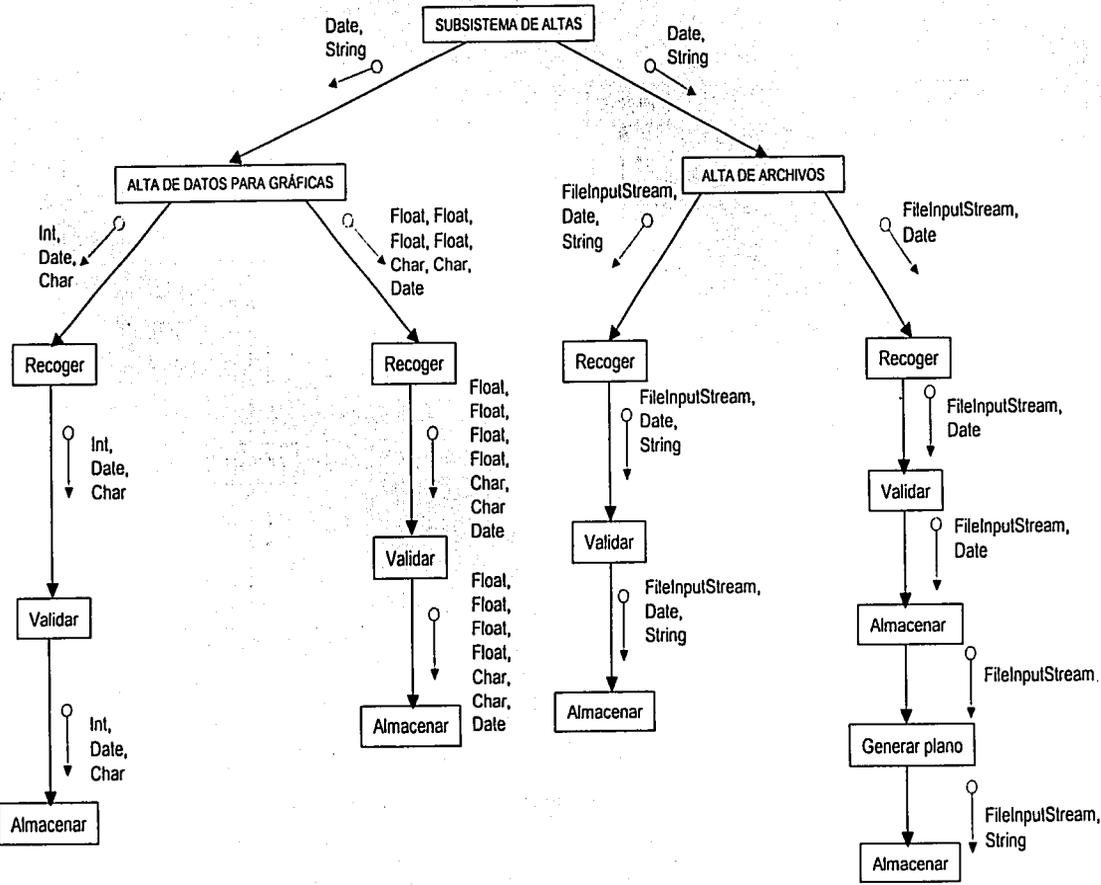
- Baja de datos para gráficas
- Baja de archivos

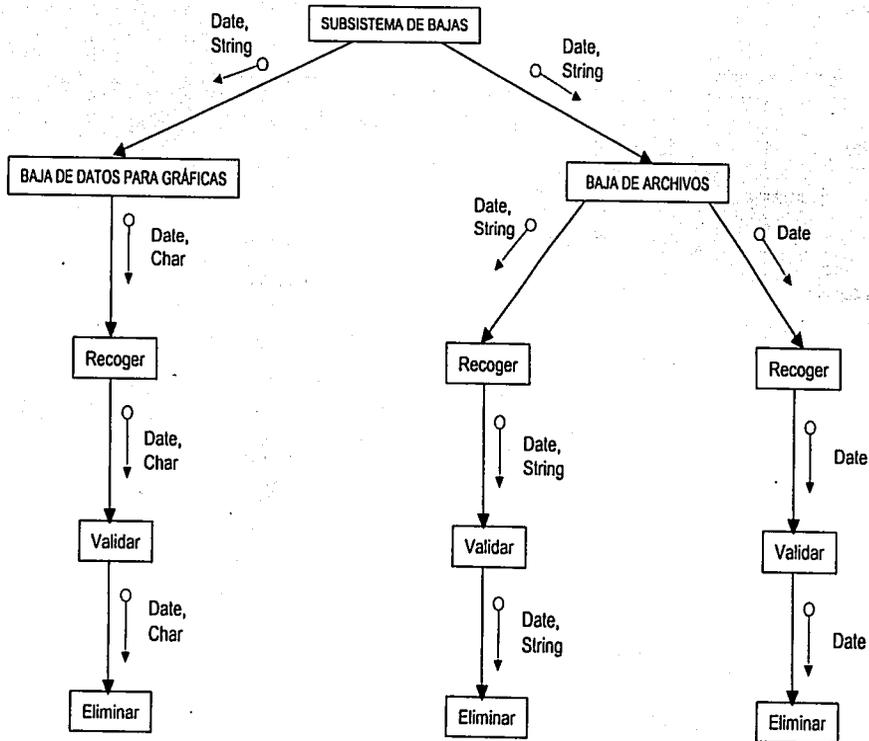
#### MÓDULOS

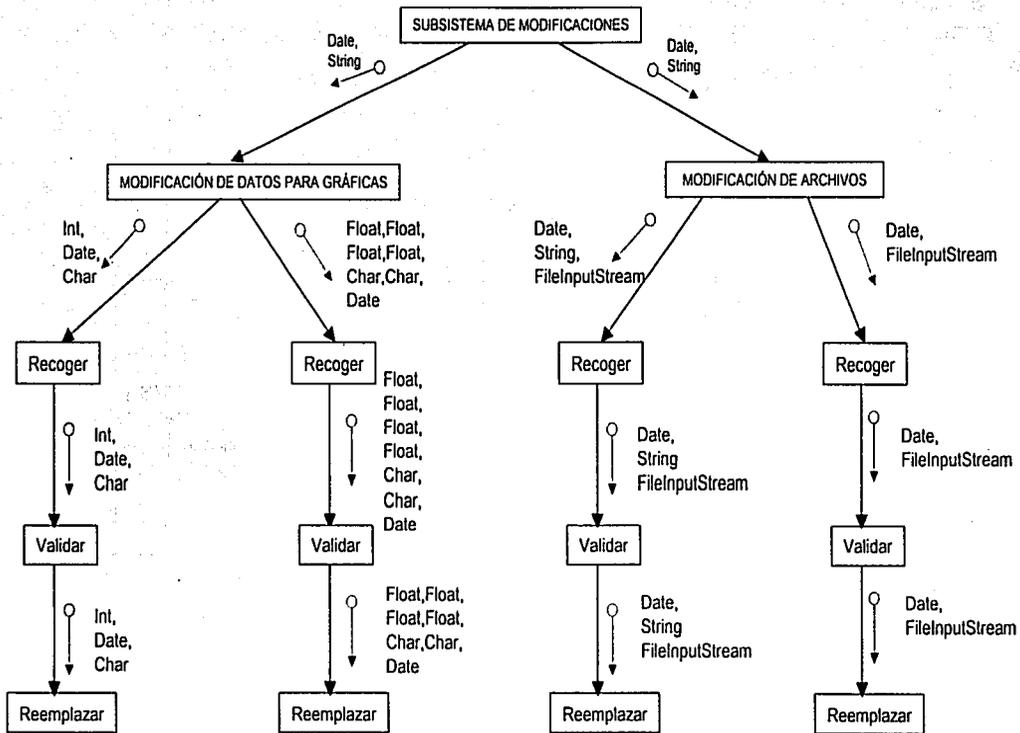
- Modificación de datos para gráficas
- Modificación de archivos

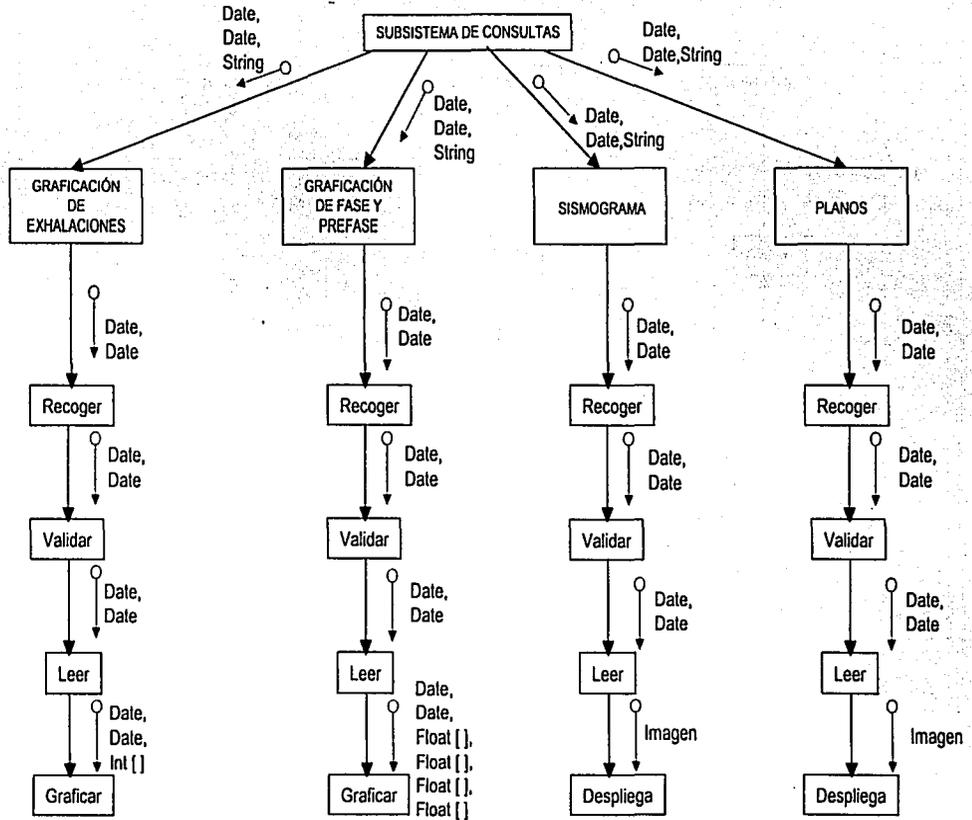
#### MÓDULOS

- Sismograma
- Gráficación de exhalaciones
- Gráficación de fase y prefase
- Planos







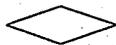


## 5.2.4. ESPECIFICACIÓN DE PROCESOS

### *Simbología*



Flujo de control

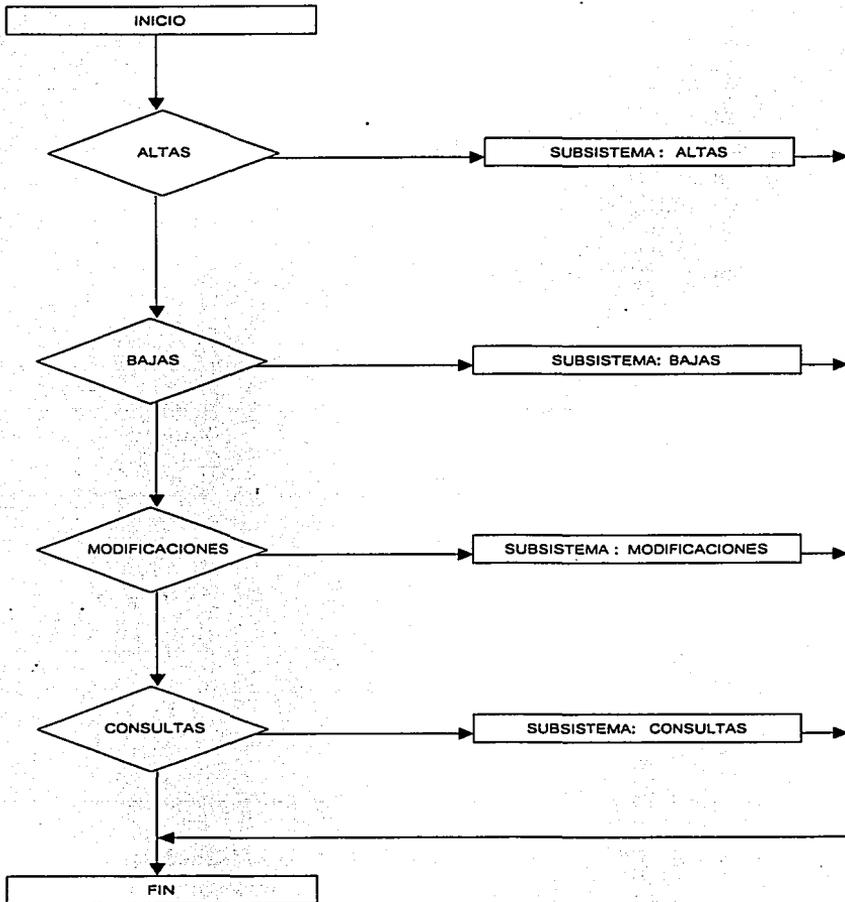


Condición lógica

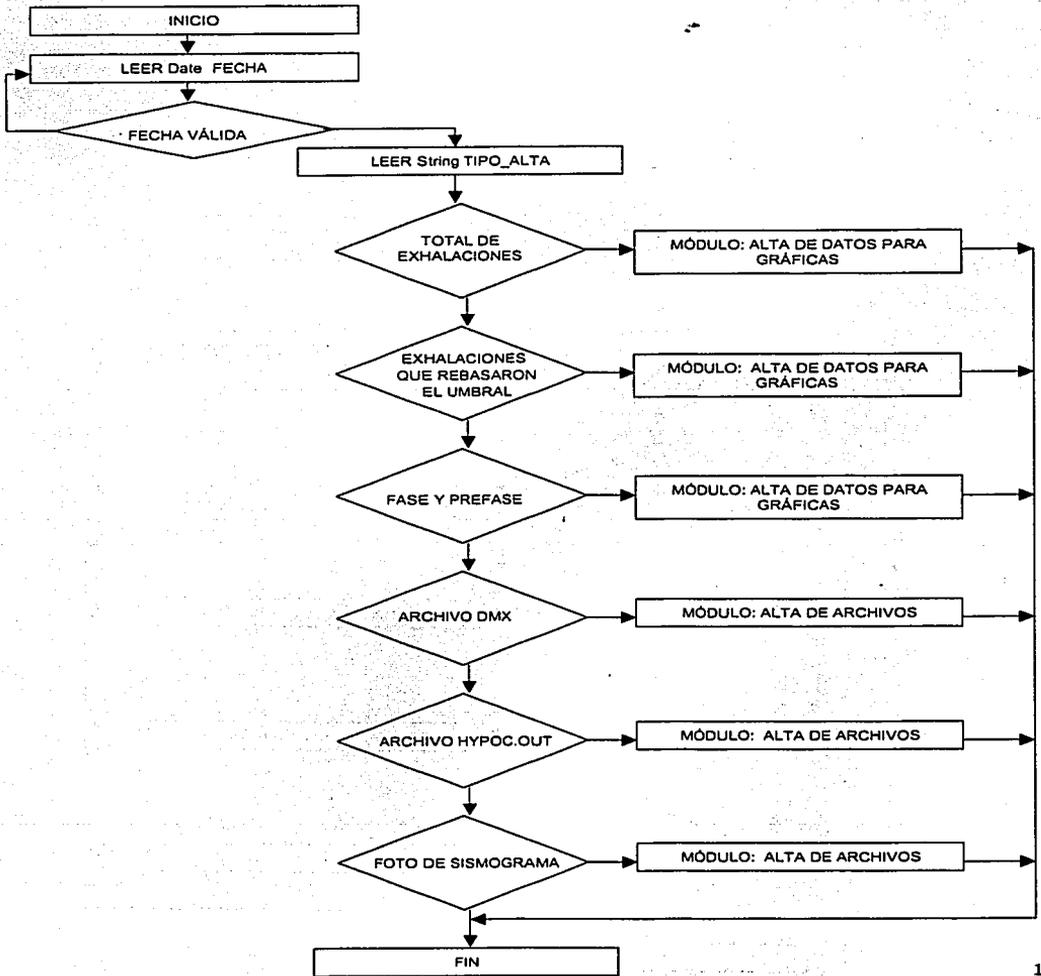


Procesamiento

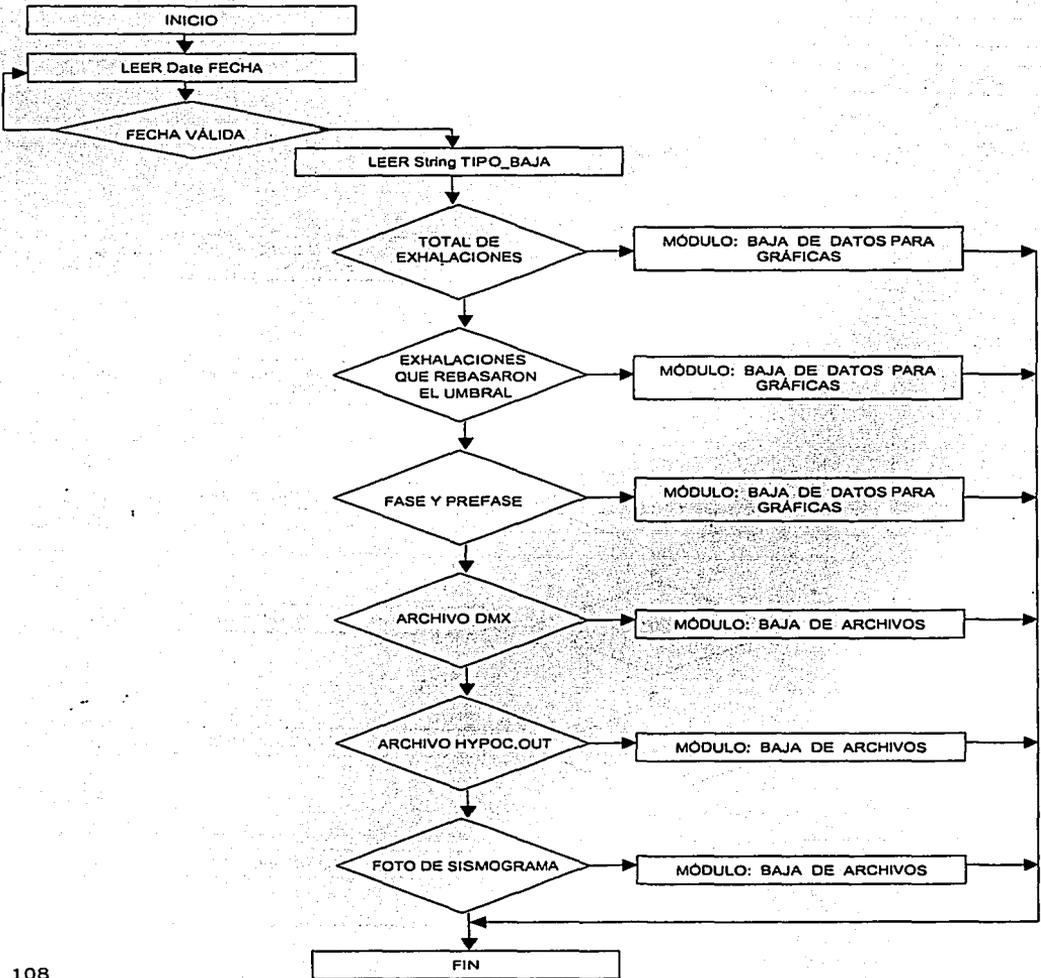
*Sistema principal*



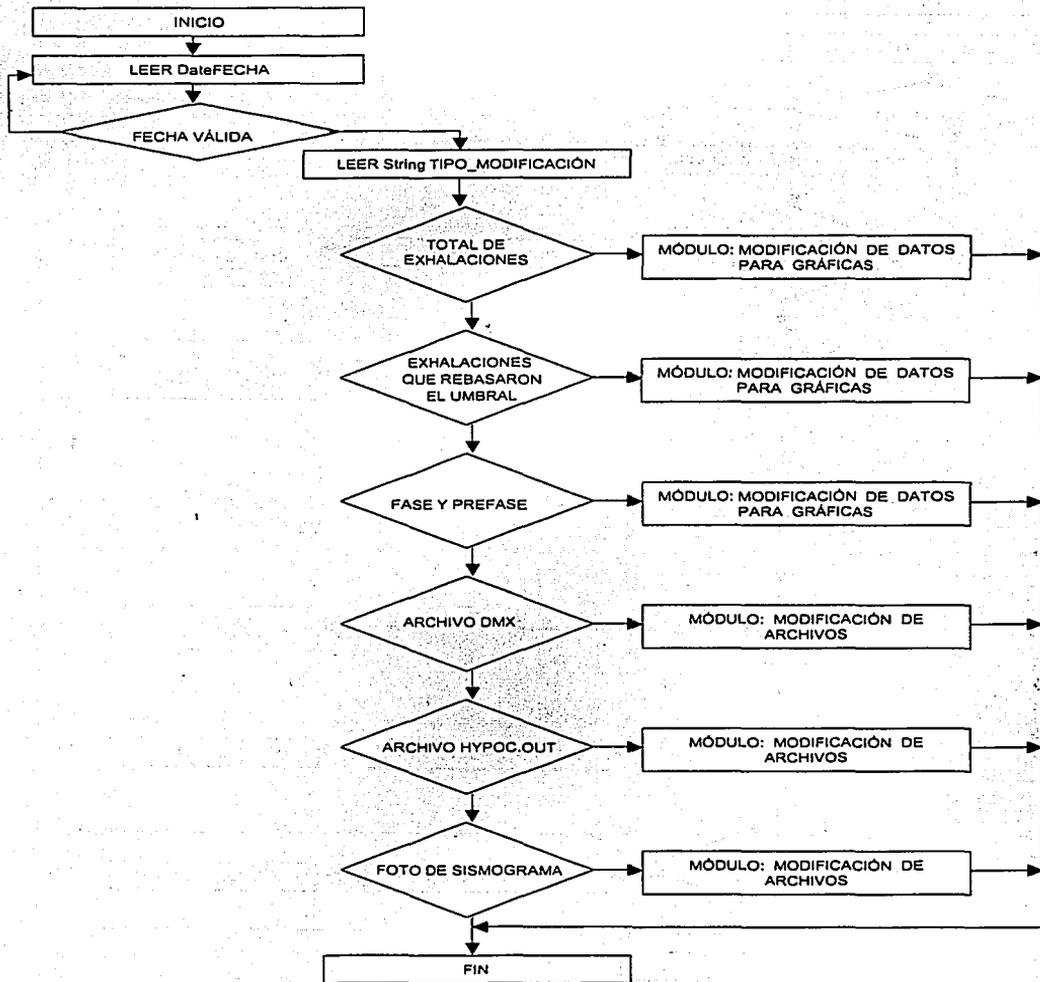
*Subsistema de altas*



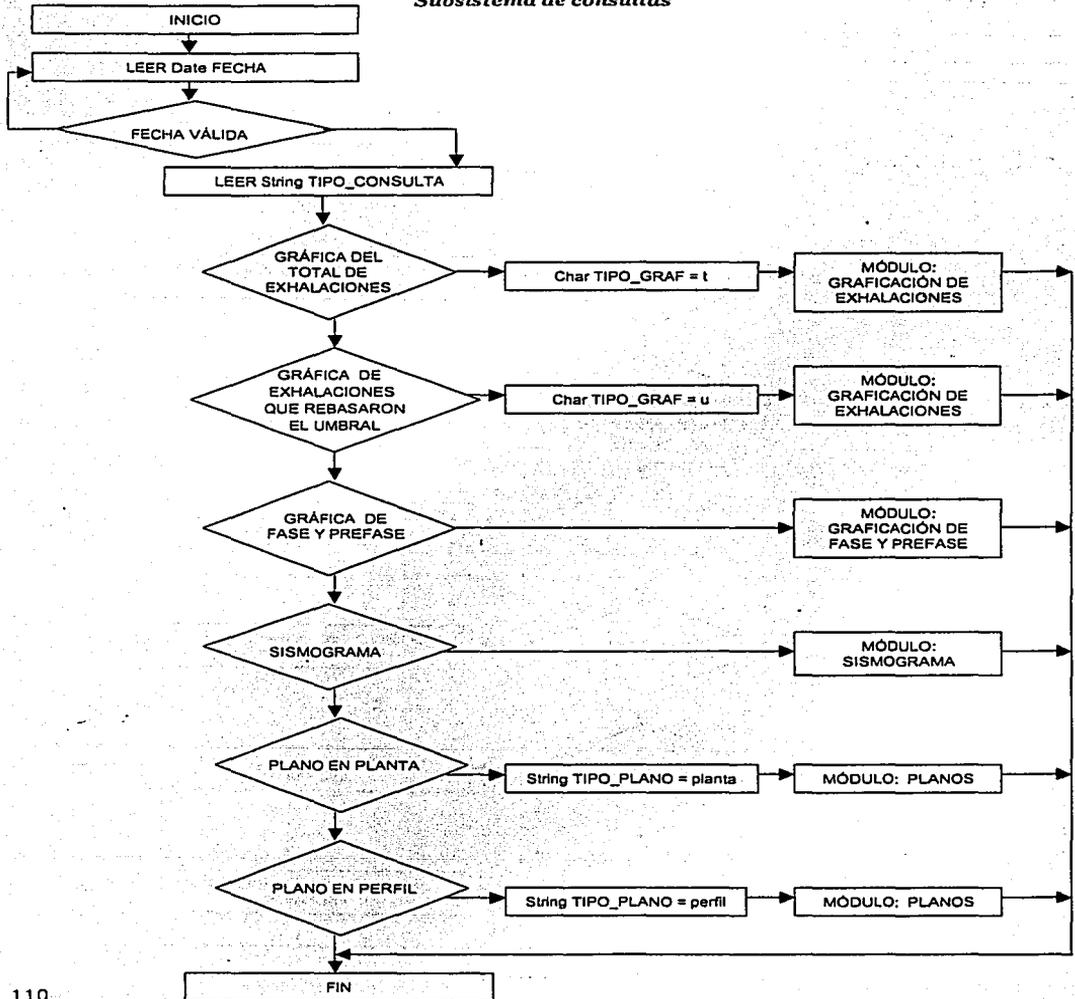
### Subsistema de bajas



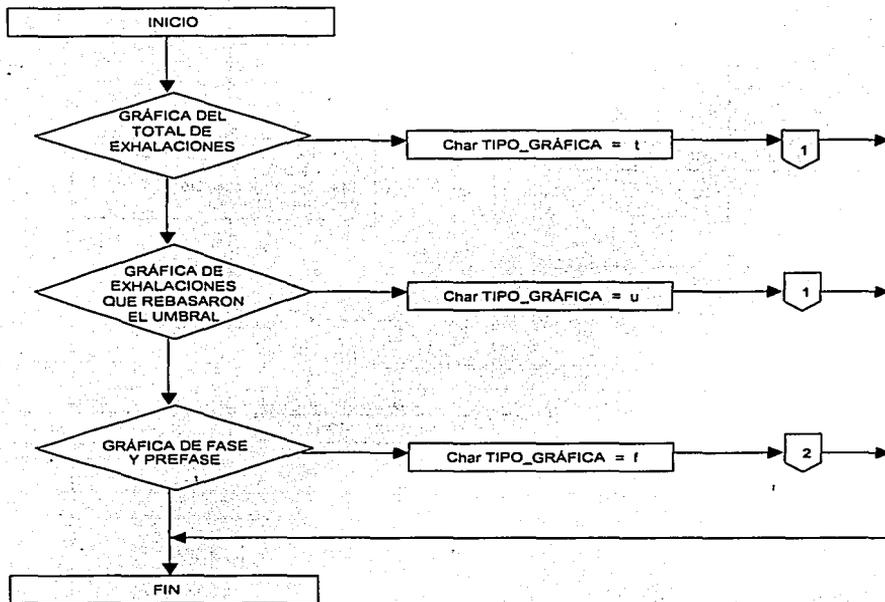
### Subsistema de modificaciones

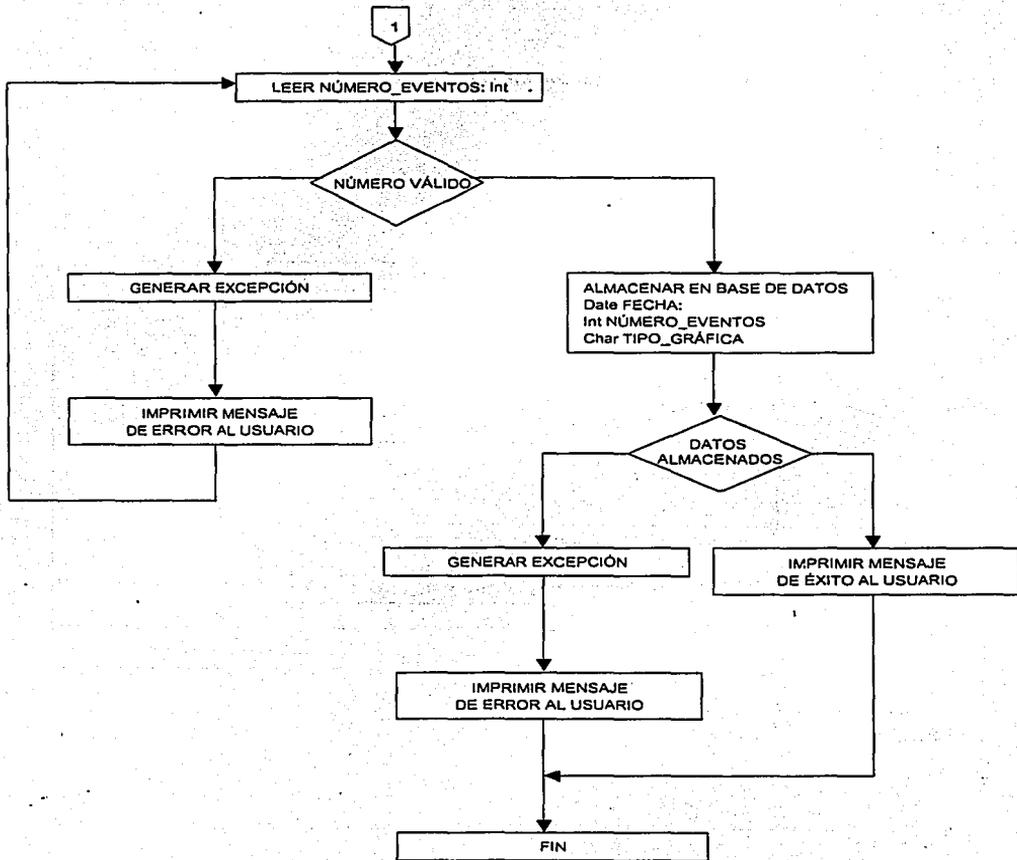


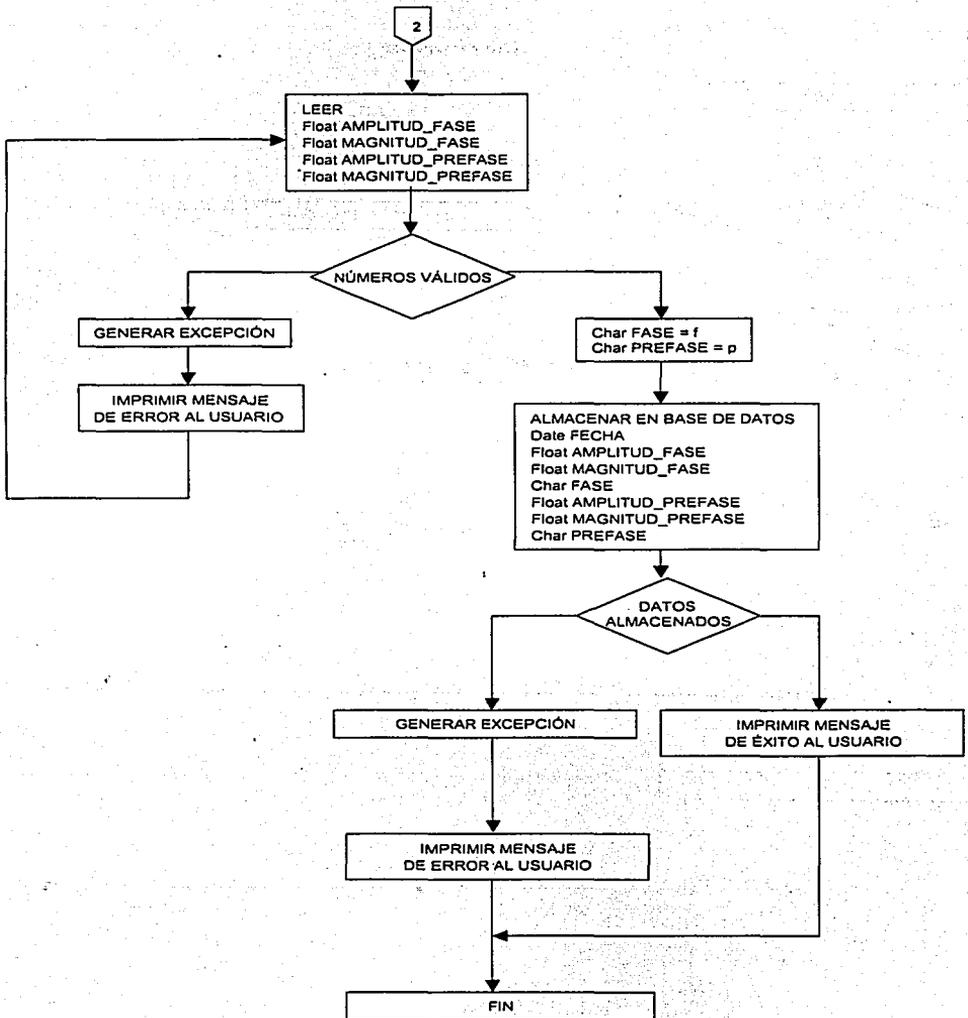
*Subsistema de consultas*



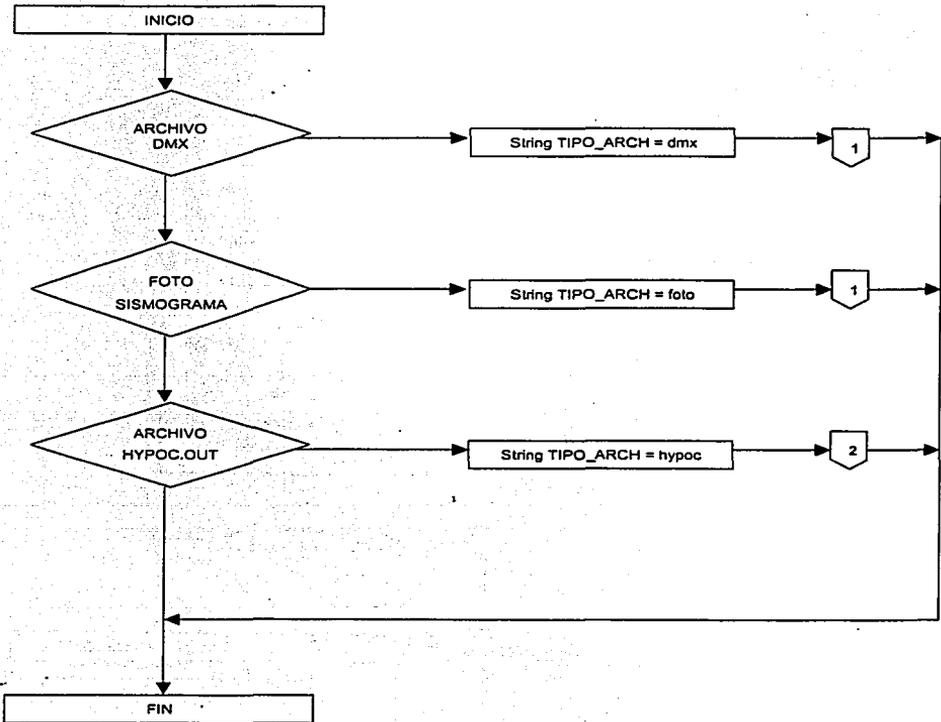
**Módulo:** *Alta de datos para gráficas*

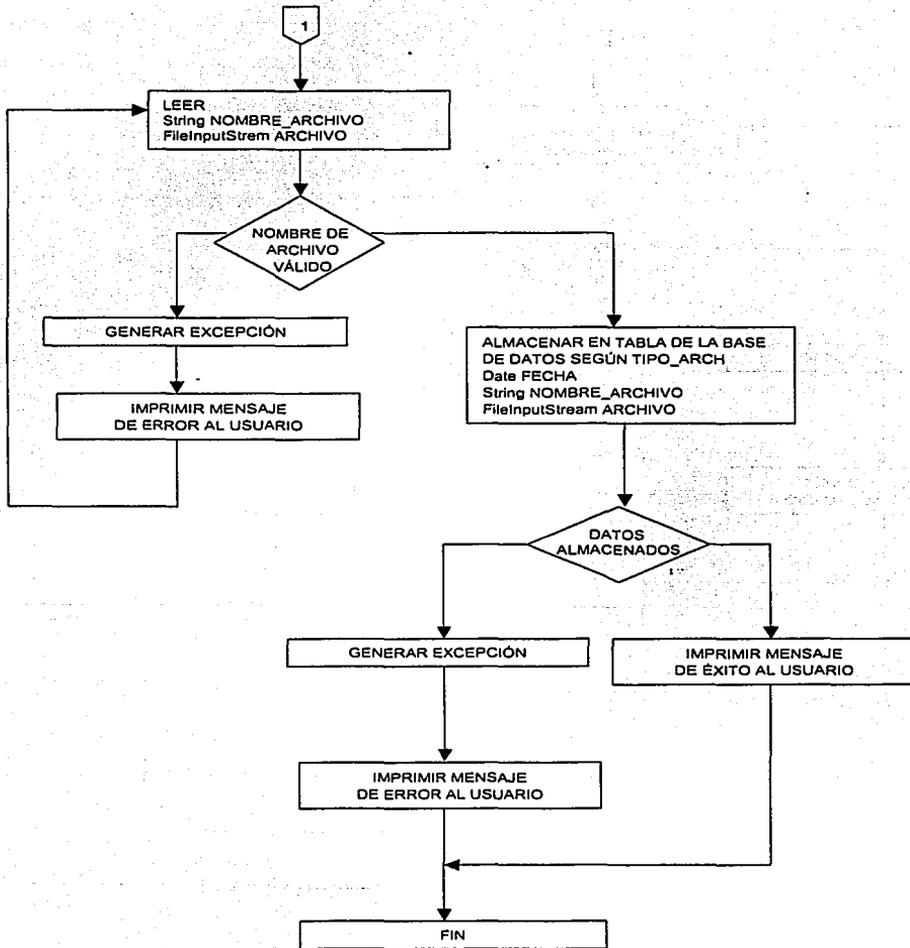


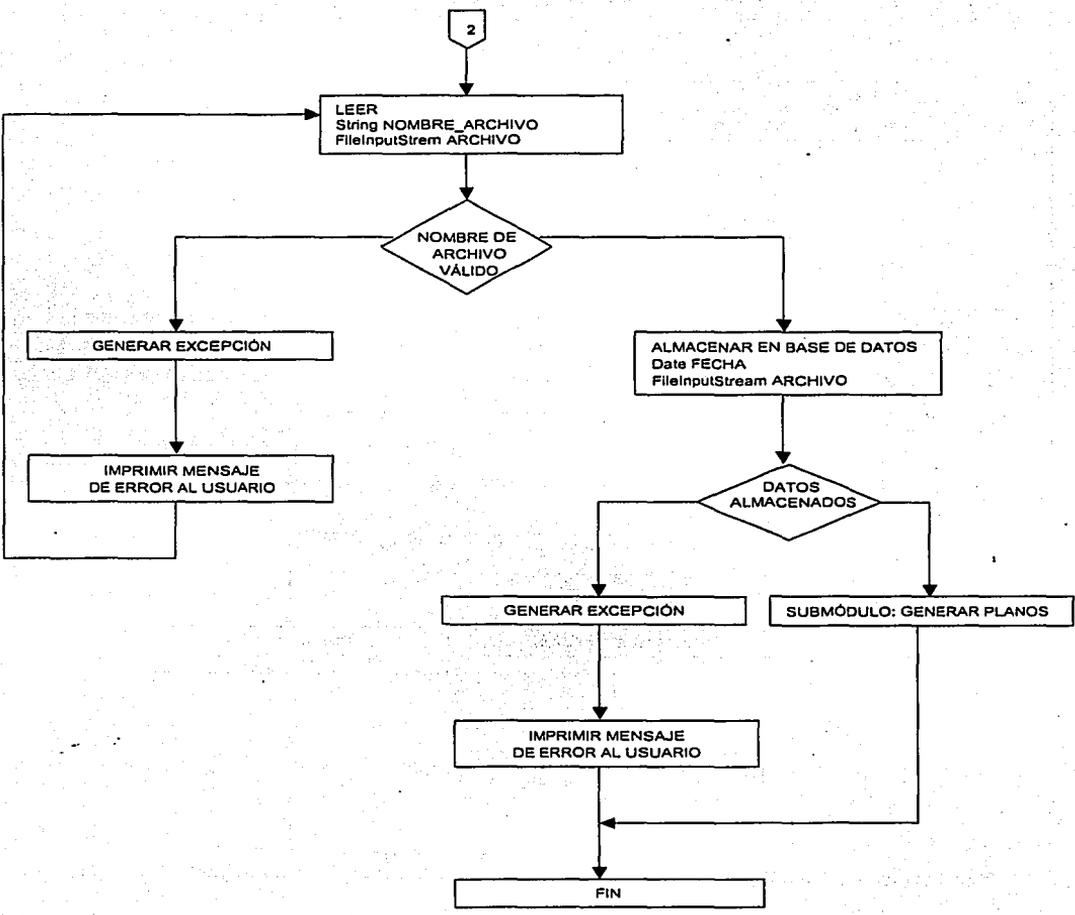




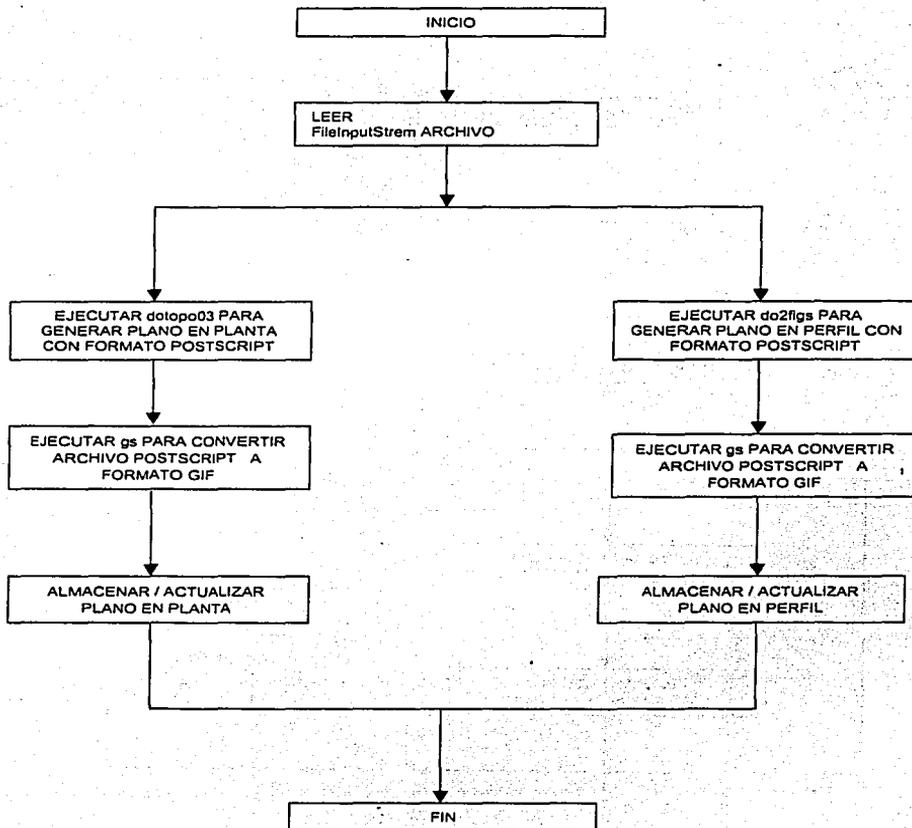
**Módulo: Alta de archivos**



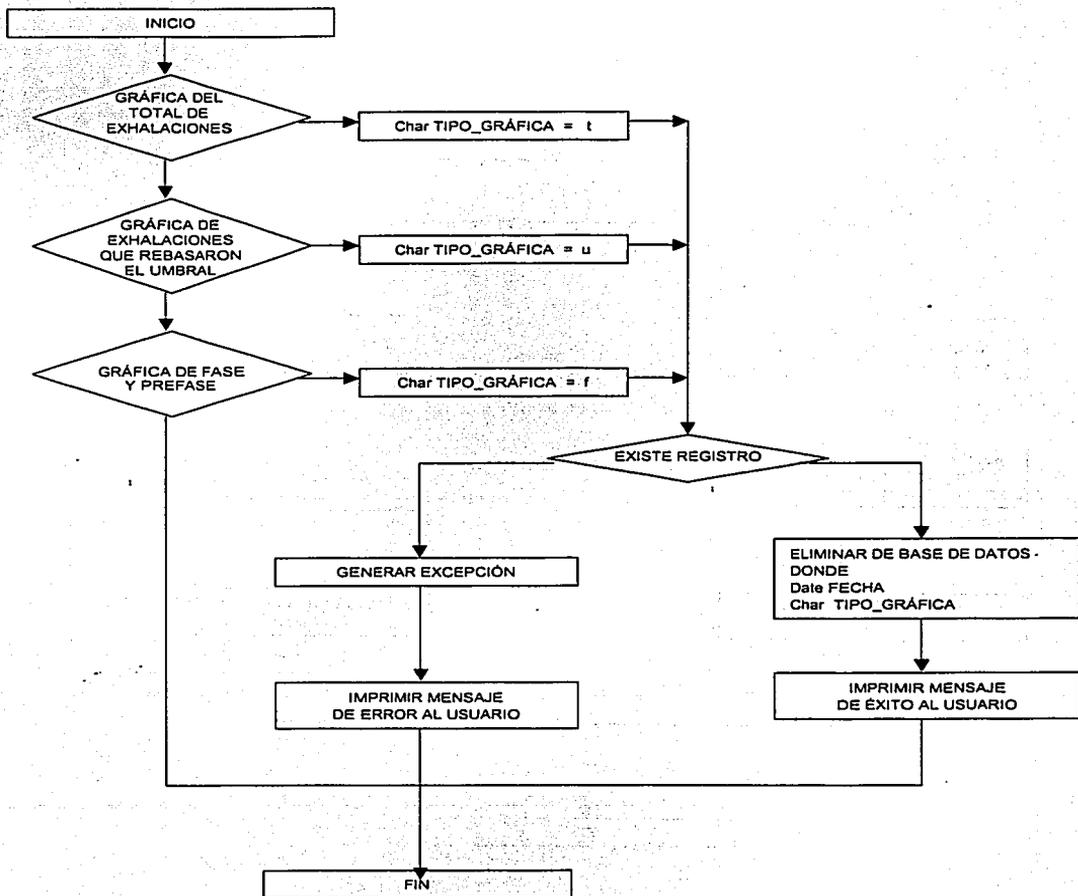




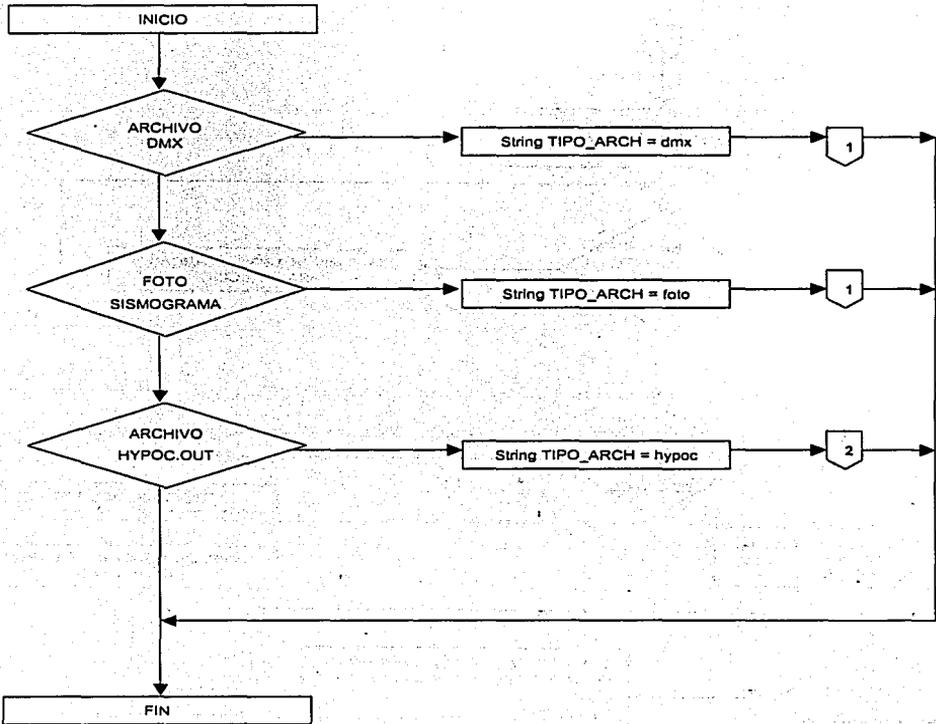
**Submódulo: Generar planos**

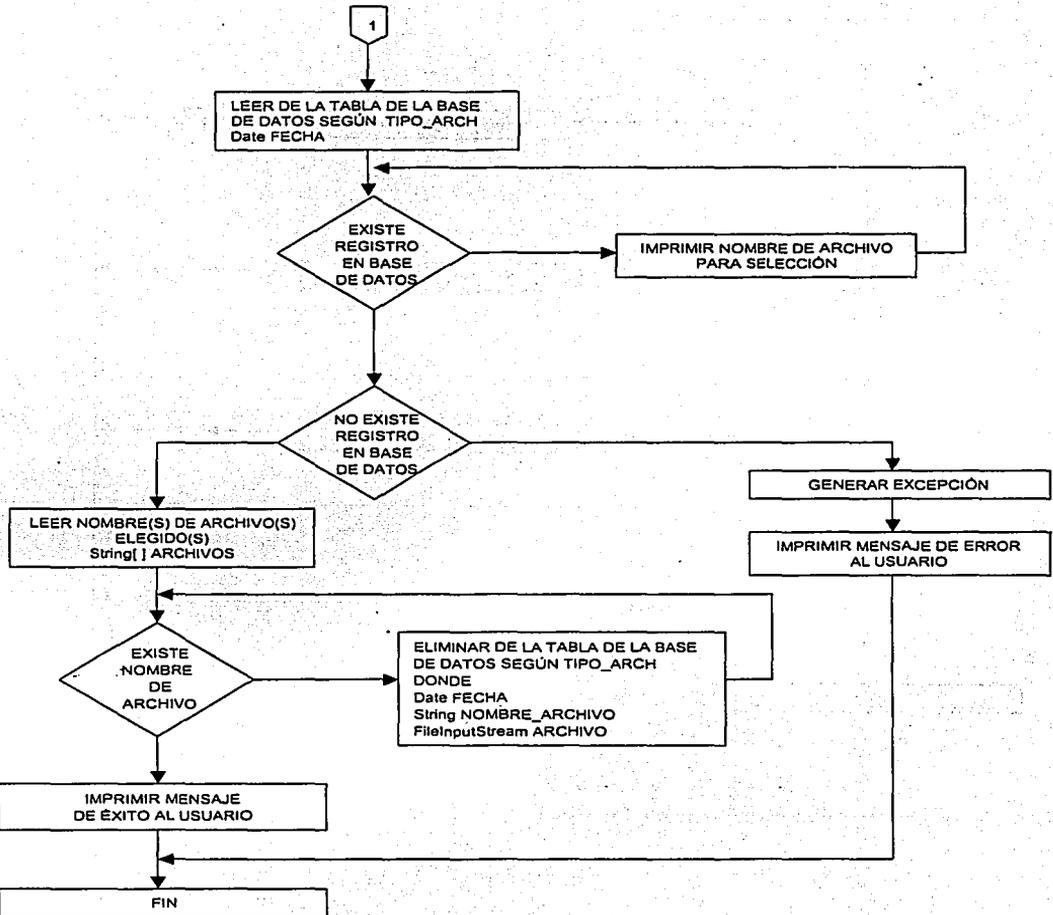


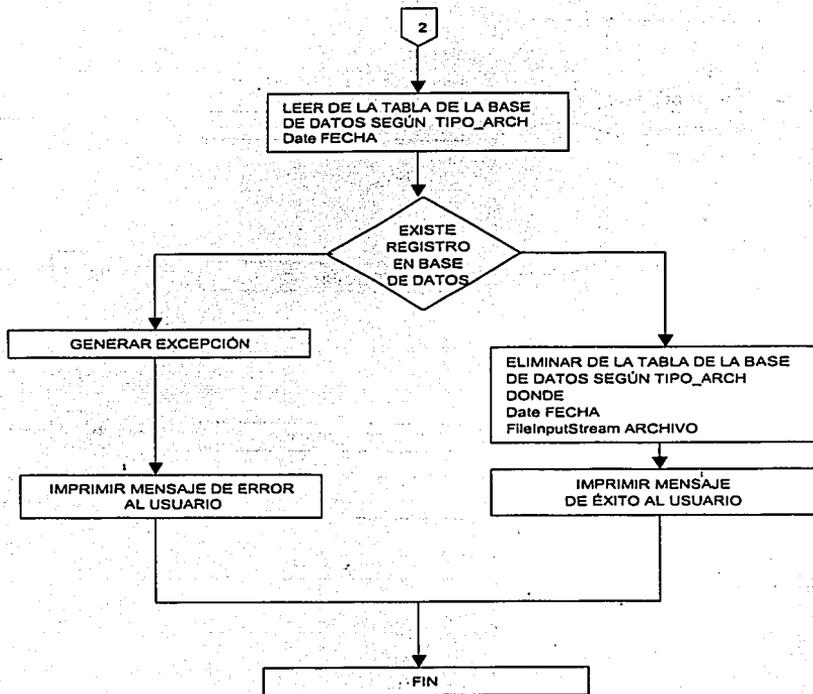
**Módulo: Baja de datos para gráficas**



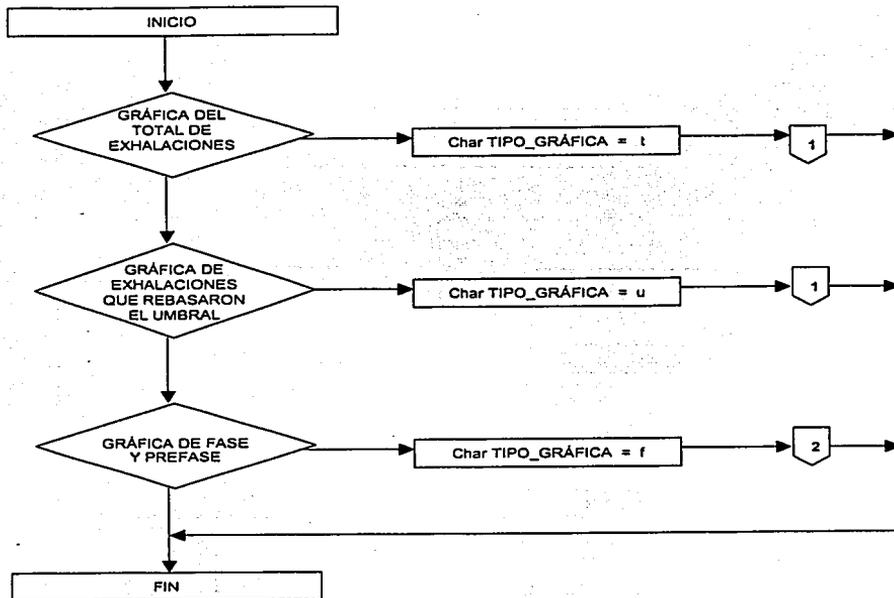
**Módulo: Baja de archivos**

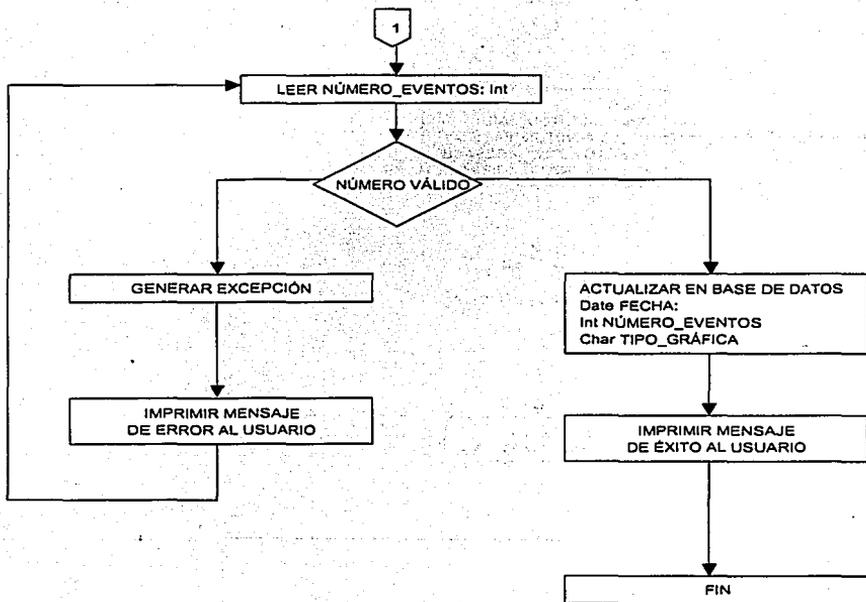


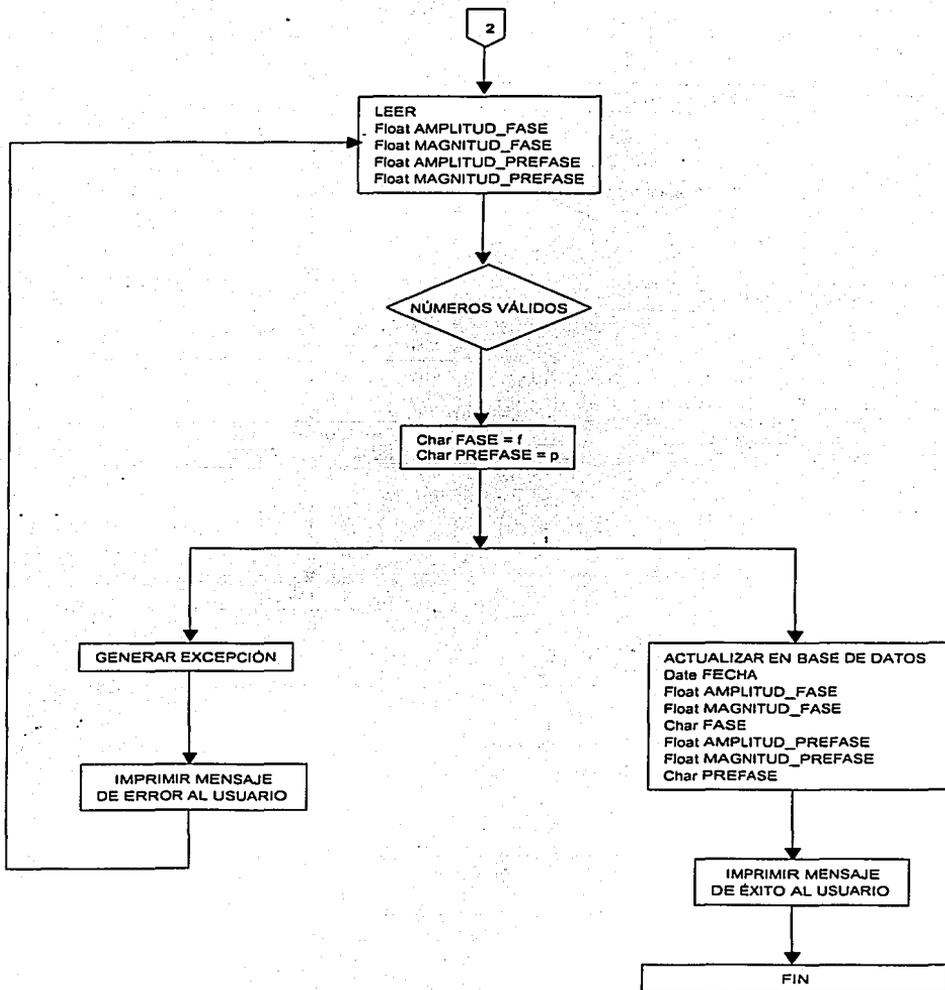




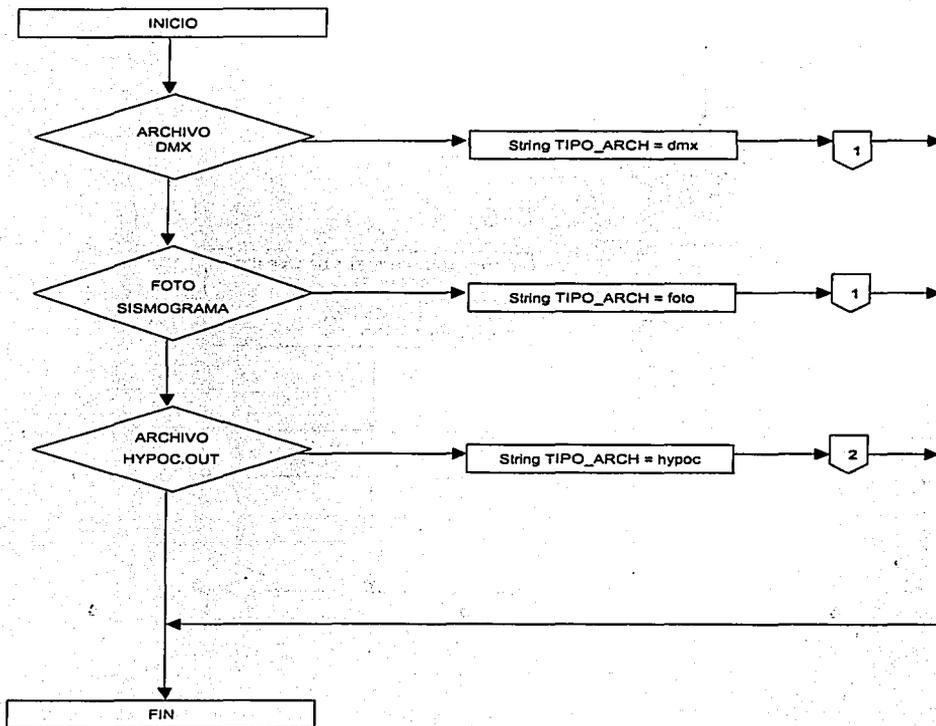
**Módulo:** *Modificación de datos para gráficas*

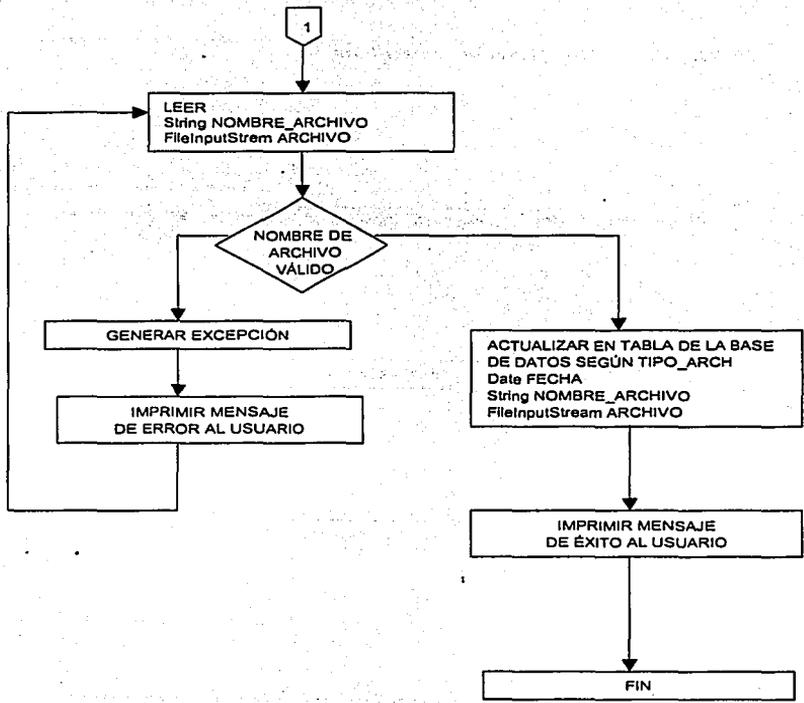


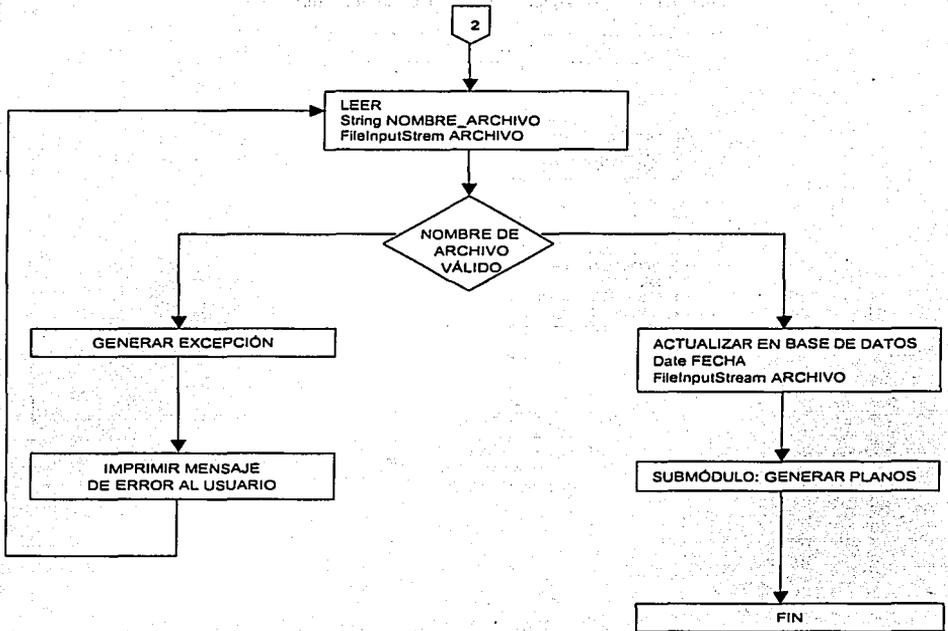




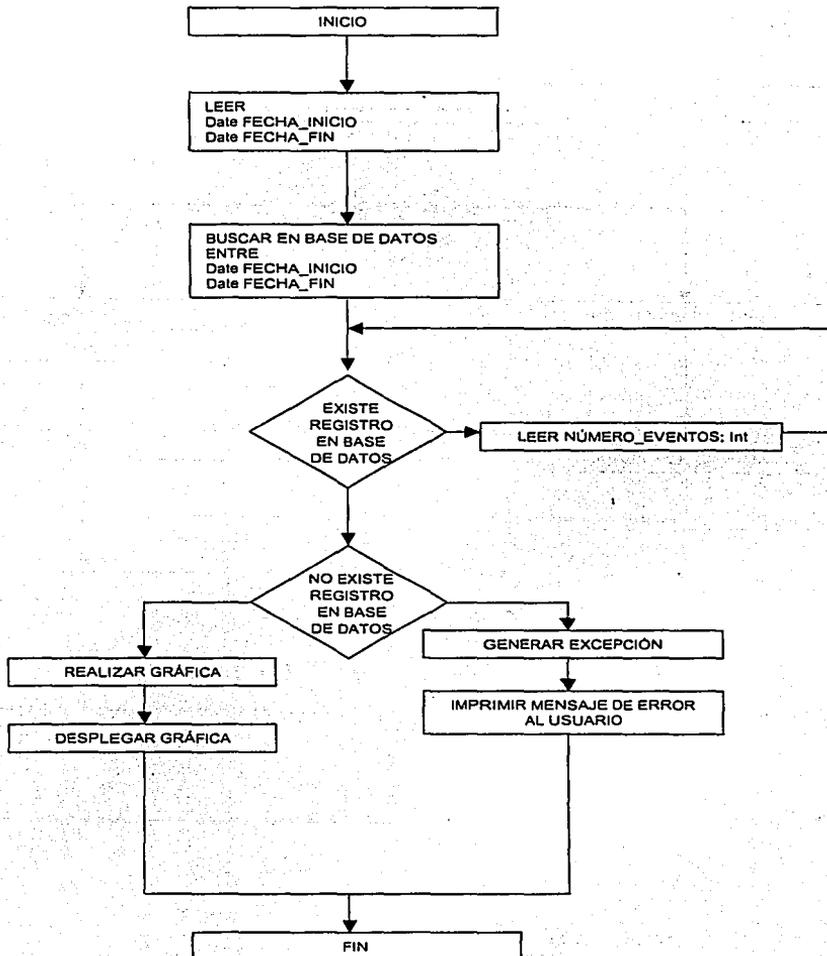
**Módulo:    *Modificación de archivos***



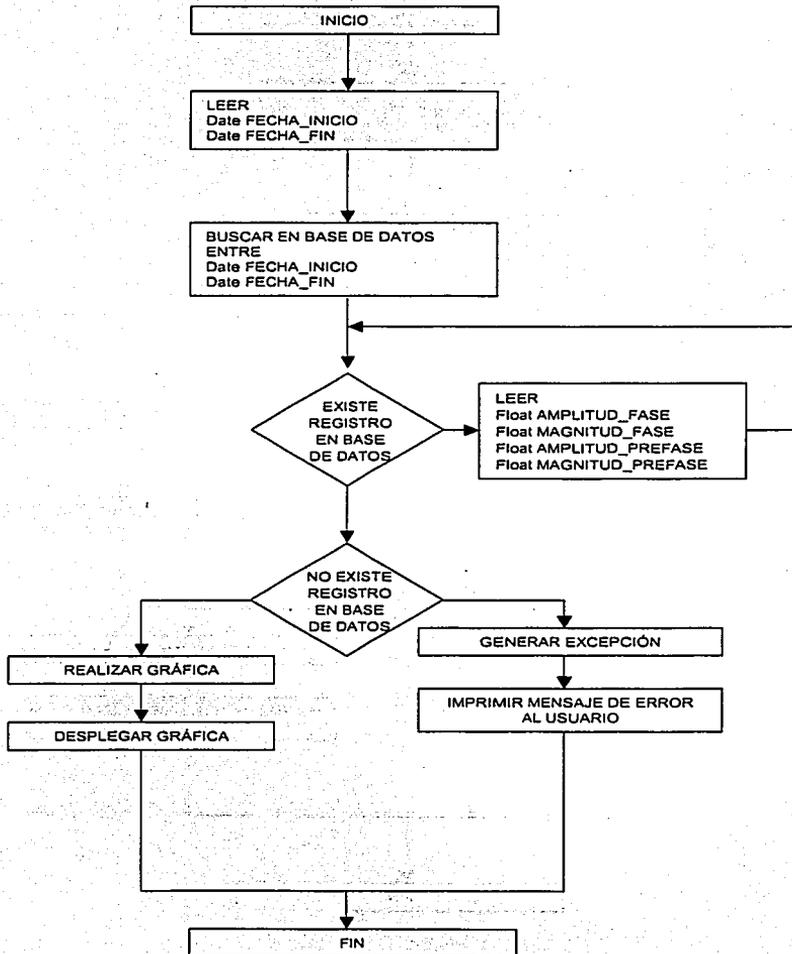




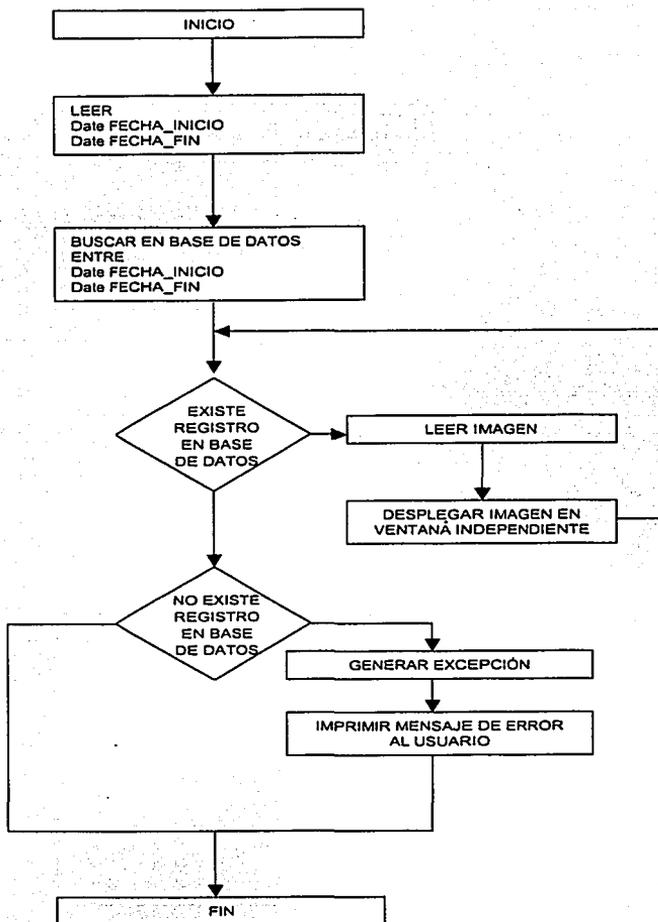
**Módulo: Graficación de exhalaciones**



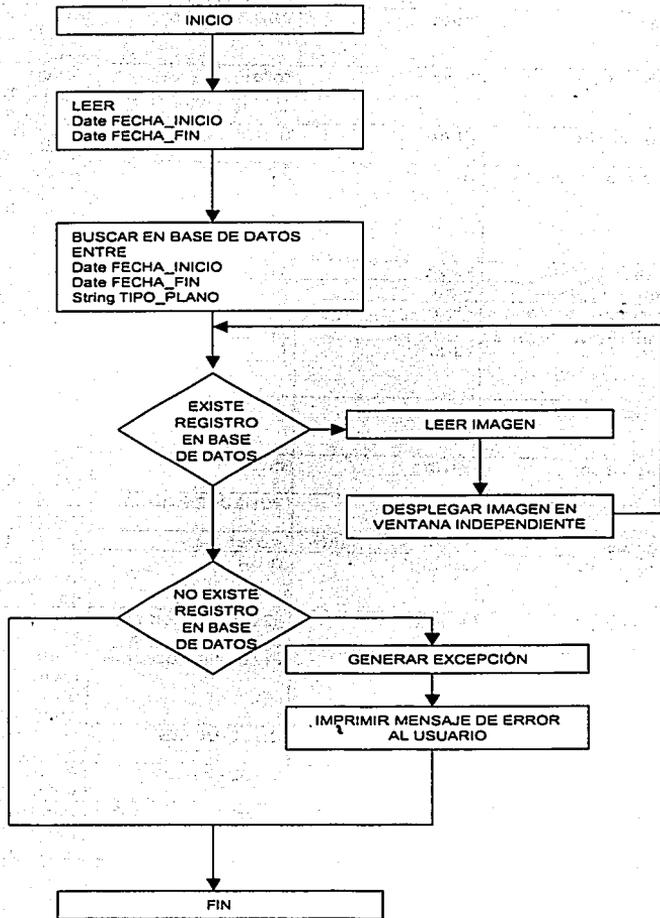
**Módulo: Graficación de fase y prefase**



**Módulo: Sismograma**



**Módulo: Planos**

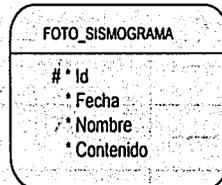
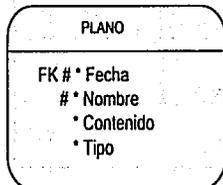
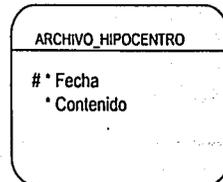
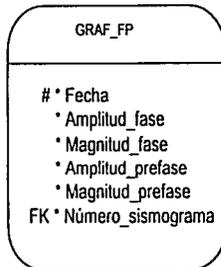
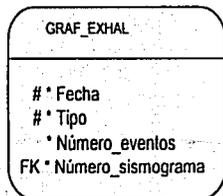


### 5.2.5. DICCIONARIO DE DATOS

VARIABLE	TIPO	VALOR DE EJEMPLO	DESCRIPCIÓN
Fecha	Date	2000-06-25	Valor elegido por el usuario para realizar cualquier actividad en el sistema.
Tipo_alta	String	total	Cadena que se almacena para identificar la elección del usuario en el subsistema de altas.
Tipo_gráfica	Char	u	Carácter que identifica el tipo de gráfica en la base de datos.
Número_eventos	Int	22	Número de eventos que se representarán en la gráfica del total de exhalaciones y en la gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral.
Amplitud_fase	Float	12.5	Dato para la gráfica de fase.
Magnitud_fase	Float	3.5	Dato para la gráfica de fase.
Amplitud_prefase	Float	7.8	Dato para la gráfica de prefase.
Magnitud_prefase	Float	10.5	Dato para la gráfica de prefase.
Fase	Char	f	Carácter que se almacena en la base de datos para identificar a la gráfica de fase.
Prefase	Char	p	Carácter que se almacena en la base de datos para identificar a la gráfica de prefase.
Tipo_arch	String	dmx	Cadena que identifica la elección del usuario en cuanto a archivos.
Nombre_archivo	String	20020625.dmx	Cadena que contiene el nombre del archivo.
Archivo	FileInputStream	<archivo>	Contenido del archivo.
Tipo_baja	String	total	Cadena que se almacena para identificar la elección del usuario en el subsistema de bajas.
Archivos [ ]	String	[20020625.dmx, 20020725.dmx]	Arreglo de nombres de archivos a eliminar o modificar.
Tipo_modificación	String	Foto_sismograma	Cadena que se almacena para identificar la elección del usuario en el subsistema de modificaciones.
Fecha_inicio	Date	2002-06-25	Fecha en que inicia la selección de valores para las consultas.
Fecha_fin	Date	2002-06-28	Fecha en termina la selección de valores para las consultas.
Tipo_plano	String	perfil	Cadena que identifica el tipo de plano a consultar: plano en planta o plano en perfil.

## 6. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

### 6.1. IDENTIFICACIÓN DE ENTIDADES Y ATRIBUTOS



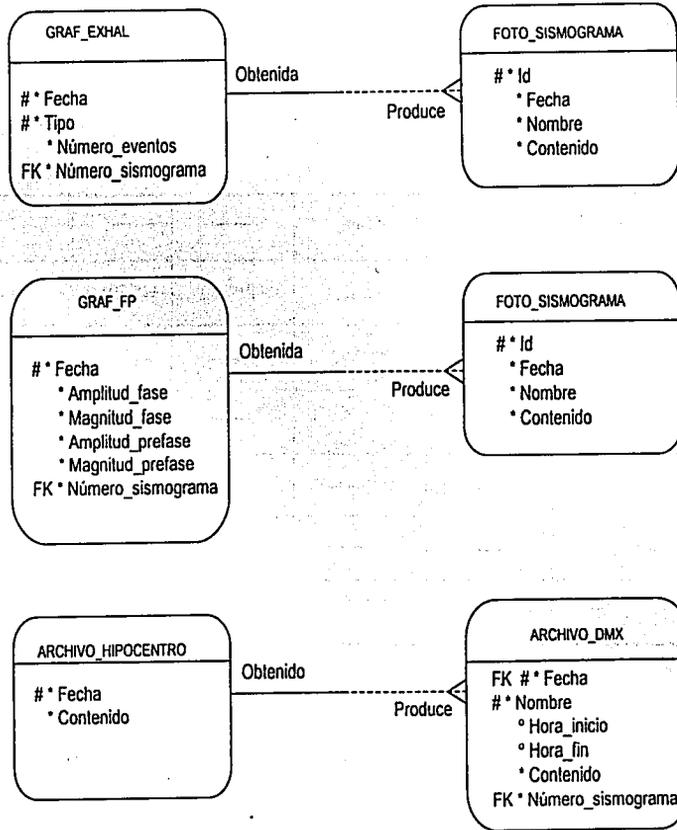
## 6.2. IDENTIFICACIÓN DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES

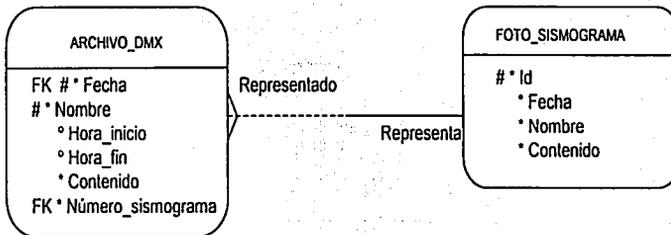
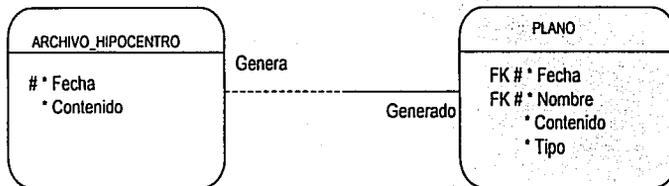
	GRAF_FP	GRAF_EXHAL	ARCHIVO_HIPOCENTRO	ARCHIVO_DMX	FOTO_SISMOGRAMA	PLANO
GRAF_FP	—	—	—	—	✓	—
GRAF_EXHAL	—	—	—	—	✓	—
ARCHIVO_HIPOCENTRO	—	—	—	✓	—	✓
ARCHIVO_DMX	—	—	✓	—	✓	—
FOTO_SISMOGRAMA	✓	✓	—	✓	—	—
PLANO	—	—	✓	—	—	—

### 6.3. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES

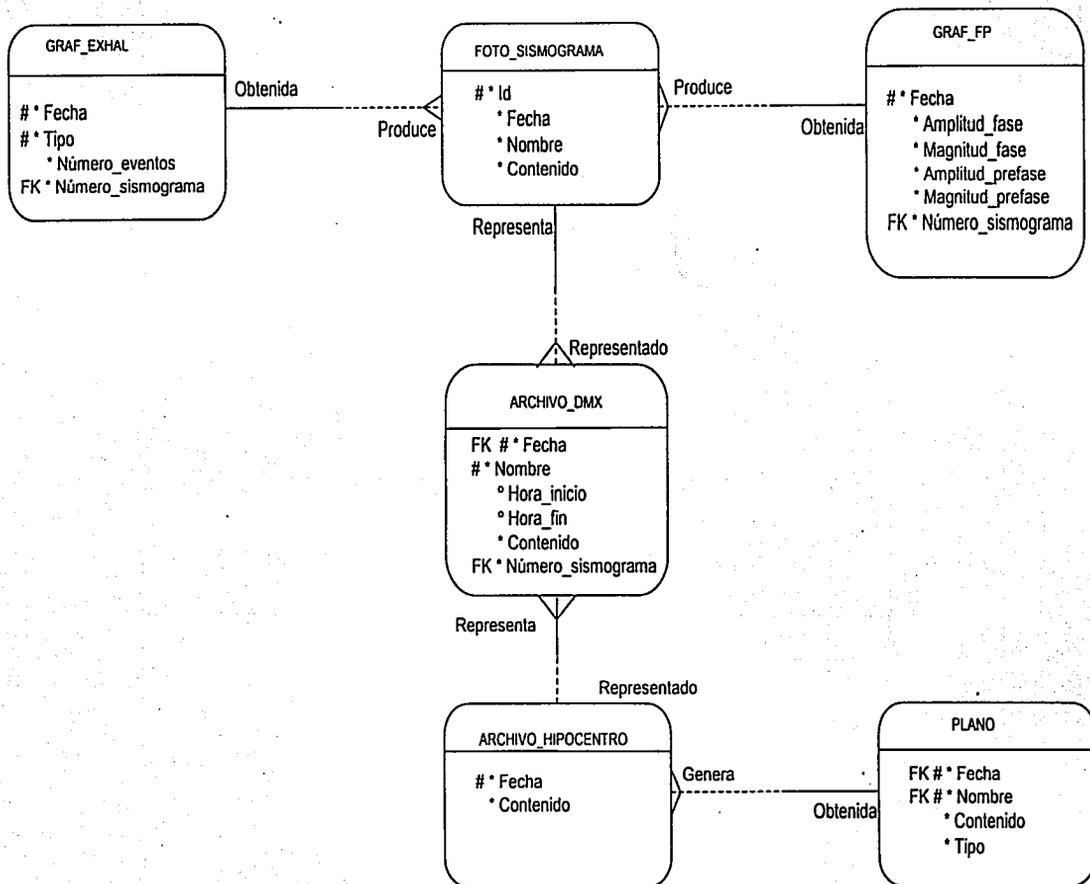
	GRAF_FP	GRAF_EXHAL	ARCHIVO_HIPOCENTRO	ARCHIVO_DMX	FOTO_SISMOGRAMA	PLANO
GRAF_FP		—	—	—	Produce	—
GRAF_EXHAL	—		—	—	Produce	—
ARCHIVO_HIPOCENTRO	—	—		Produce	—	Generado
ARCHIVO_DMX	—	—	Obtenido		Representa	—
FOTO_SISMOGRAMA	Obtenida	Obtenida	—	Representado		—
PLANO	—	—	Genera	—	—	

## 6.4. IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE RELACIONES ENTRE ENTIDADES





## 6.5. DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN



## 6.6. DICCIONARIO DE LA BASE DE DATOS

La base de datos del SISV consta de 6 tablas, las cuales se describen a continuación:

NOMBRE DE LA TABLA	DESCRIPCIÓN		
GRAF_EXHAL	Contiene los datos necesarios para obtener la gráfica del total de exhalaciones, así como la gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral.		
CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS DE INSTANCIAS
Fecha	Date	Llave primaria compuesta.	2002-06-25
Tipo	Char (1)	Llave primaria compuesta. Posibles valores: <i>u</i> para el número de exhalaciones que rebasaron el umbral, <i>t</i> para el número total de exhalaciones.	<i>u</i>
Num_eventos	SmallInt	Representa el número de eventos en un día.	12
Num_sismograma	Int	Llave foránea con la tabla FOTO_SISMOGRAMA.	10

NOMBRE DE LA TABLA	DESCRIPCIÓN		
FOTO_SISMOGRAMA	Contiene la imagen de una fotografía digital de un sismograma.		
CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS DE INSTANCIAS
Id	Int	Llave primaria.	10
Fecha	Date	Fecha a la que pertenece la fotografía.	2002-06-25
Nombre	VarChar(30,10)	Nombre del archivo de la imagen.	sismograma_6252002.jpg
Contenido	Byte	Imagen.	<Imagen>

NOMBRE DE LA TABLA	DESCRIPCIÓN		
GRAF_FP	Contiene los datos necesarios para obtener la gráfica de fase y prefase.		
CAMPO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS DE INSTANCIAS
Fecha	Date	Llave primaria compuesta.	2002-06-25
Amplitud_fase	Decimal (10,3)	Representa la amplitud de la fase.	2.5
Magnitud_fase	Decimal (10,3)	Representa la magnitud de la fase.	5.7
Amplitud_prefase	Decimal (10,3)	Representa la amplitud de la prefase.	0
Magnitud_prefase	Decimal (10,3)	Representa la magnitud de la prefase.	0

<b>NOMBRE DE LA TABLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		
ARCHIVO_DMX	Contendrá información sobre los archivos dmx que se generan cada 5 minutos diariamente, además de contener el archivo por sí.		
<i>CAMPO</i>	<i>TIPO DE DATO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>EJEMPLOS DE INSTANCIAS</i>
Fecha	Date	Llave primaria compuesta.	2002-06-25
Nombre	VarChar(30,1)	Nombre del archivo dmx.	199908071530.dmx
Hora_inicio	Char(8)	Campo opcional. Hora de inicio de la señal capturada.	15.30
Hora_fin	Char(8)	Campo opcional. Hora de la señal capturada.	15.35
Contenido	Byte	Contenido del archivo dmx.	<archivo>
Numero_sismograma	Int	Llave foránea a la tabla FOTO_SISMOGRAMA.	10

<b>NOMBRE DE LA TABLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		
ARCHIVO_HIPOCENTRO	Contendrá los archivos en los que se indica la localización de sismos ocurridos en un día y que se emplean para la generación de planos.		
<i>CAMPO</i>	<i>TIPO DE DATO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>EJEMPLOS DE INSTANCIAS</i>
Fecha	Date	Llave primaria.	2002-06-25
Contenido	Byte	Contenido del archivo hypoc.out.	<archivo>

<b>NOMBRE DE LA TABLA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		
PLANO	Contendrá las imágenes con enfoque en planta y en perfil, en las que se representan los sismos ocurridos en un día.		
<i>CAMPO</i>	<i>TIPO DE DATO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>EJEMPLOS DE INSTANCIAS</i>
Fecha	Date	Llave primaria.	2002-06-25
Nombre	VarChar(30,1)	Nombre de la imagen del plano correspondiente.	20020625perfil.gif
Tipo	Char(1)	Representa el tipo del plano. Posibles valores: <i>i</i> para plano en perfil, <i>a</i> para plano en planta.	<i>i</i>
Contenido	Byte	Contenido de la imagen del plano.	<archivo>

## 7. DESARROLLO DEL SISV

### 7.1. PROGRAMACIÓN DE SUBSISTEMAS Y MÓDULOS

ABRIL                      MAYO                      JUNIO  
3a S 4a S 1a S 2a S 3a S 4a S 1 a S 2a S 3a S 4a S 1a S

#### I. SUBSISTEMA DE ALTAS

1. Módulo: Alta de datos para gráficas
2. Módulo: Alta de archivos



#### II. SUBSISTEMA DE BAJAS

1. Módulo: Baja de datos para gráficas
2. Módulo: Baja de archivos



#### III. SUBSISTEMA DE CONSULTAS

1. Módulo: Sismograma
2. Módulo: Planos
3. Módulo: Graficación de exhalaciones
4. Módulo: Graficación de fase y prefase



#### IV. SUBSISTEMA DE MODIFICACIONES

1. Módulo: Modificación de datos para gráficas
2. Módulo: Modificación de archivos



## 7.2. DOCUMENTACIÓN

### 7.2.1. MANUAL TÉCNICO

El SISV está estructurado en cuatro subsistemas, los cuales constan a su vez de módulos:

SUBSISTEMA	MÓDULO
Altas	Datos para gráficas
	Archivos
Bajas	Datos para gráficas
	Archivos
Modificaciones	Datos para gráficas
	Archivos
Consultas	Graficación de exhalaciones
	Graficación de fase y prefase
	Planos
	Sismograma

#### 7.2.1.1. Estructura de componentes

A continuación se listan las páginas html, JSP's, applets y CGI's pertenecientes al SISV:

PÁGINA	CONTIENE REFERENCIA A	SUBSISTEMA / MÓDULO
index.html	altas.html	Altas
	bajas.html	Bajas
	modif.html	Modificaciones
	consul.html	Consultas
altas.html	altas_tipo.jsp	Datos para gráficas, Archivos
bajas.html	bajas_tipo.jsp	Datos para gráficas, Archivos
modif.html	modif_tipo.jsp	Datos para gráficas, Archivos
consul.html	consul_resul.jsp	Consultas

Algunos JSP's mencionados anteriormente hacen llamadas a otros componentes:

REFERENCIA	CONTIENE REFERENCIA A	
altas_tipo.jsp	altas_res.jsp	
	alta_archivo.jsp	
altas_archivo.jsp	sube_arch.class	
	gplanos.cgi	
bajas_tipo.jsp	borra_archivo.jsp	
modif_tipo.jsp	modif_res.jsp	
	modif_archivo.jsp	
modif_archivo.jsp	sube_arch.class	
	gplanos.cgi	
consul_resul.jsp	consul_grafica.jsp	
	consul_sismograma.jsp	
	consul_planos.jsp	
consul_grafica.jsp	graf_total.html	graf_exhal.class
	graf_umbral.html	graf_exhal.class
	graf_fp.html	graf_fp.class

### 7.2.1.2. Descripción de subsistemas

#### Altas

La página altas.html llama a altas\_tipo.jsp cuando se elige un tipo de alta y una fecha.

Al programa altas\_tipo.jsp se le envía la fecha y la cadena que lleva la elección del usuario desde altas.html

#### ❖ Alta de datos para gráficas

altas\_tipo.jsp mediante la cadena de elección del usuario, es decir, el tipo de gráfica para la cual se van a almacenar los datos, llama a altas\_res.jsp, el cual a su vez mostrará al usuario una especie de forma que llenará con los datos correspondientes al tipo de gráfica seleccionada. Este último programa, se encarga de crear la conexión a la base de datos y de hacer la inserción de datos en la tabla adecuada.

---

## ❖ Altas de archivos

`altas_tipo.jsp` llama a `altas_archivo.jsp` cuando se ha elegido dar de alta un archivo tipo `dmx` o tipo `hypoc.out`, este programa muestra al usuario una forma que le permite elegir el archivo a subir y dependiendo del tipo de archivo a almacenar, especificado anteriormente, valida la extensión del archivo. En este programa se realiza una conexión a la base de datos y la inserción de la información en la tabla correspondiente. Para subir el archivo al servidor se emplea el servlet `sube_arch.class`, el cual maneja al archivo como un `FileInputStream`.

Quando se almacena un archivo `hypoc.out`, se realiza el proceso anterior y además, se utiliza el CGI en Perl llamado `gplanos.cgi`, el cual se encarga de generar las imágenes de los planos en planta y en perfil a través del archivo almacenado y de la fecha correspondiente.

## *Bajas*

La página `bajas.html` le envía a `bajas_tipo.jsp` la fecha y la cadena que lleva la elección del usuario.

### ❖ Bajas de datos para gráficas

En `bajas_tipo.jsp` se realiza la eliminación de datos para las distintas gráficas mediante la cadena de elección del usuario, es decir, el tipo de gráfica que se eligió en `bajas.html`.

### ❖ Bajas de archivos

Si la cadena que se recibió en `bajas_tipo.jsp` es de algún archivo a eliminar, se llama a `baja_archivo.jsp`, el cual se encargará de eliminar la información pertinente.

Tanto `bajas_tipo.jsp` como `baja_archivo.jsp` realizan una conexión cada uno a la base de datos, para eliminar los datos correspondientes.

## *Modificaciones*

La página `modif.html` envía a `modif_tipo.jsp` la cadena de elección del usuario, así como la fecha elegida.

### ❖ Modificaciones de datos para gráficas

`modif_tipo.jsp` llama a `modif_res.jsp` si la cadena que recibió es de alguna gráfica, en este último programa se realiza una conexión a la base de datos para hacer una consulta con la fecha elegida por el usuario anteriormente, si existen datos, se le muestra al usuario una forma para que ingrese los nuevos datos y se almacenen en la tabla de la base de datos correspondiente.

#### ❖ Modificaciones de archivos

En caso de que `modif_tipo.jsp` reciba una cadena correspondiente a la modificación de un archivo, llama a `modif_archivo.jsp`, el cual hará una conexión a la base de datos para consultar los datos con la fecha correspondiente, para el caso de los archivos `dmx` y las fotos de sismogramas, puede existir más de un archivo en un día, por lo que al realizar la consulta se despliega al usuario una lista de los archivos existentes para que éste elija cuál desea modificar, una vez elegido(s) el (los) archivo(s), se muestra al usuario una forma para que elija el archivo por el cual se realizará el cambio, posteriormente se llama a `sube_arch.class` para que suba el archivo al servidor y se guarden los nuevos valores en la base de datos.

Para el caso del archivo de `hypoc.out` el proceso es similar, sólo que aquí no se muestra al usuario una lista de archivos a modificar, ya que sólo existe un archivo por día. `modif_archivo` elimina los datos de la base de datos y posteriormente se realiza el proceso que se siguió al dar de alta del archivo `hypoc.out`, es decir, se sube el nuevo archivo y se generan los planos a través del CGI `gplanos.cgi`, almacenándose los nuevos valores en la base de datos.

#### Consultas

La página `consul.html` llama a `consul_resul.jsp`, al cual se le envía la elección del usuario, la fecha de inicio de la consulta así como la fecha de término de la misma, en este caso sí puede ser más de una elección a la vez.

#### ❖ Graficación de exhalaciones

Si se eligió consultar algún tipo de gráfica, `consul_resul.jsp` llamará a `consul_grafica.jsp`, el cuál realizará la conexión a la base de datos para realizar la consulta apropiada, si se eligió la gráfica del total de exhalaciones, se le enviarán los datos de la consulta a `graf_total.html` que mostrará la gráfica a través del applet `graf_exhal.class`. Para el caso de la gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral, se enviarán los datos de la consulta a `graf_umbral.html` que muestra la respectiva gráfica a través del mismo applet.

#### ❖ Graficación de fase y prefase

Para la gráfica de fase y prefase, se enviarán los datos de la consulta a `graf_fp.html` para mostrar tal gráfica a través del applet `graf_fp.class`.

#### ❖ Planos

Si se eligió consultar algún plano, `consul_resul.jsp` llamará a `consul_planos.jsp`, en donde se hará una conexión a la base de datos para consultar los datos pertinentes, se abrirá una ventana para cada imagen existente.

---

#### ❖ Sismograma

Para mostrar sismogramas, `consul_resul.jsp` llama a `consul_sismograma.jsp`, el cual se conectará a la base de datos para realizar la consulta encomendada, igual que en el caso anterior, se abrirá una ventana para cada sismograma existente.

## 7.2.2. MANUAL DE USUARIO

El presente manual tiene la finalidad de guiar al usuario hacia el correcto uso del SISV (Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica), a través de páginas web e indicaciones a seguir para cada módulo del sistema.

El SISV proporciona al usuario cuatro módulos:

- ❖ Altas
- ❖ Bajas
- ❖ Modificaciones
- ❖ Consultas

Quizá el último módulo (consultas), sea el más utilizado sobre todo por usuarios finales más que por los usuarios que proveerán información al sistema.

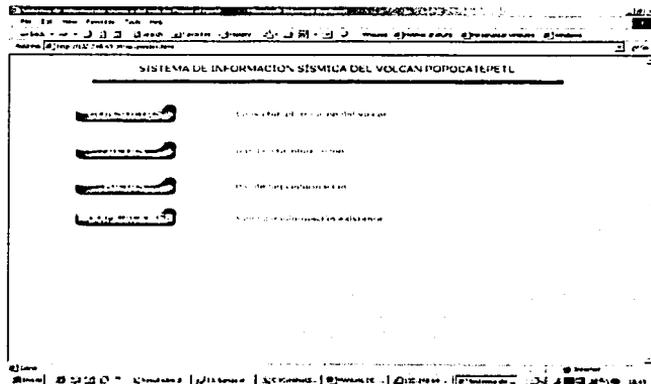
La forma de acceder al sistema es mediante un navegador de internet, preferiblemente Internet Explorer 5, en el cual digitará la dirección de internet donde se encuentra alojado el sistema, en el campo de URL:

<http://132.248.69.34/sisvp/>

Inmediatamente aparecerá al usuario una pequeña ventana de inicio de sesión en la cual deberá de introducir su login y contraseña para poder acceder al sistema.

Posteriormente, se mostrará la página principal del sistema, tal y como se muestra en la figura 1.1.

Fig. 1.1 Página principal del sistema



Como se puede observar el usuario podrá elegir a qué módulo desea ingresar presionando el botón correspondiente, según sea la actividad que desee realizar dentro del sistema.

Ahora vamos a entrar en detalle sobre cada uno de los módulos del SISV, en el orden en que fueron presentados.

#### ❖ MÓDULO DE ALTAS

En este módulo el usuario podrá dar de alta diferentes datos, en la figura 1.2. se puede observar la lista de opciones que consiste en:

- Datos para la gráfica del total de exhalaciones
- Datos para la gráfica de exhalaciones que rebasaran el umbral
- Datos para la gráfica de fase y prefase
- Archivo dmx
- Foto de sismograma
- Archivo hypoc.out

Fig. 1.2 Página del módulo de altas

MÓDULO DE ALTAS

Día Mes Año  
12/06/2000

Datos para la gráfica del total de exhalaciones

Datos para la gráfica de exhalaciones que rebasaran el umbral

Datos para la gráfica de fase y prefase

Archivo dmx

Foto de sismograma

Archivo hypoc.out

Aceptar

**Paso 1.** Introducir la fecha del dato a dar de alta.

**Paso 2.** Elegir una de las opciones dando clic en el radio botón.

**Paso 3.** Presionar el botón *Aceptar*.



**Paso 4. Presionar el botón *Aceptar*.**

Aparecerá entonces una página donde se indicará al usuario si los datos fueron dados de alta correctamente, o bien si ha cometido algún error en los datos ingresados. Estos errores se encuentran listados en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Posibles errores generados por el usuario en el módulo de altas

ERROR	PRODUCIDO POR	ACCIÓN A TOMAR
La fecha no existe	El usuario ha seleccionado una fecha que no existe, por ejemplo un 29 de febrero de un año que no es bisiesto.	Asegurarse de haber elegido la fecha correctamente y de que la fecha exista.
El número introducido no es válido	El usuario ha introducido alguna letra o algún número flotante en vez de un número entero.	Introducir un número entero o flotante según sea el caso.
El archivo no es válido	La extensión del archivo no es válida para el sistema.	Introducir un archivo válido para el sistema: dmx, out, gif, jpg, bmp, según sea el caso.

❖ **MÓDULO DE BAJAS**

En este módulo (ver figura 1.4), el usuario podrá eliminar información que haya dado de alta a través del módulo de altas. Por lo tanto la lista de opciones es la misma que en el módulo de altas:

- Datos para la gráfica del total de exhalaciones
- Datos para la gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral
- Datos para la gráfica de fase y prefase
- Archivo dmx
- Foto de sismograma
- Archivo hypoc.out

Fig. 1.4 Página del módulo de bajas

**MÓDULO DE BAJAS**

Fecha de inicio:

Faltas por la enfermedad o accidente  
 Faltas por la atención de familiares que convalezcan al trabajo  
 Faltas por la prestación de servicios profesionales  
 Acreditado días  
 Faltas de otros motivos  
 Acreditado días

**Paso 1.** Introducir la fecha del dato a dar de baja.

**Paso 2.** Elegir una de las opciones dando clic en el radio botón.

**Paso 3.** Presionar el botón *Aceptar*.

Posteriormente aparecerá una página indicando al usuario si la eliminación del dato o datos fue efectuada exitosamente (figura 1.5), o si hubo algún error indicará el tipo de error que fue provocado. Los posibles errores que el sistema pudo haber encontrado al tratar de hacer una eliminación se encuentran listados en la tabla 1.3.



## ❖ MÓDULO DE MODIFICACIONES

En este módulo (ver figura 1.6), el usuario puede modificar información que haya sido previamente ingresada en el módulo de altas. Por lo tanto, la lista de opciones es la misma que en el módulo de altas:

- Datos para la gráfica del total de exhalaciones
- Datos para la gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral
- Datos para la gráfica de fase y prefase
- Archivo dmx
- Foto de sismograma
- Archivo hypoc.out

Fig. 1.6 Página del módulo de modificaciones

**Paso 1.** Introducir la fecha del dato a modificar.

**Paso 2.** Elegir una de las opciones dando clic en el radio botón.

**Paso 3.** Presionar el botón *Aceptar*.

Posteriormente aparecerá una página donde se le pida al usuario el nuevo valor del elemento seleccionado, ver tabla 1.1.

Una vez ingresados los datos correctamente, aparecerá una página indicando al usuario que la modificación ha sido exitosa, de otra manera se mostrará al usuario el tipo de error encontrado, ver tabla 1.2.

## ❖ MÓDULO DE CONSULTAS

Este es el módulo principal del sistema, en él recae su función primordial. Aquí el usuario podrá hacer consultas comparativas en base a fechas distintas, como se observa en la figura 1.7.

Fig. 1.7 Página del módulo de consultas

MÓDULO DE CONSULTAS

Seleccione periodo a consultar:

Inicio	Fin
[1] [Enero] [1999]	[1] [Enero] [1999]

Capa a consultar en esta base de datos:

- Sismogramas
- Planos en planta
- Planos en perfil
- Gráfica del total de exhalaciones
- Gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral
- Gráfica de fase y prefase

**CONSULTAR**

El usuario podrá consultar los siguientes elementos:

- Sismogramas
- Planos en planta
- Planos en perfil
- Gráfica del total de exhalaciones
- Gráfica de exhalaciones que rebasaron el umbral
- Gráfica de fase y prefase

**Paso 1.** Introducir la fecha de inicio de la consulta.

**Paso 2.** Introducir la fecha de fin de la consulta.

**Paso 3.** Seleccionar aquellos elementos que desean ser comparados.

**Paso 4.** Presionar el botón *Consultar*.

En el caso de las gráficas se desplegará una gráfica que abarca la información contenida entre ambas fechas, para el resto de los elementos se desplegará una ventana por cada elemento seleccionado y por cada día, en caso de que existan más de un registro en ese día también serán desplegados.

Como se puede apreciar el SISV brinda una interfaz muy amigable, además de que su forma de uso es muy simple por lo que será bastante fácil para el usuario lograr los fines para los que fue diseñado este sistema.

Si tiene alguna duda o detecta algún problema en el sistema favor de reportarlo al área de desarrollo de sistemas o bien a la dirección [sisv@cenapred.unam.mx](mailto:sisv@cenapred.unam.mx).

### 7.3. PRUEBAS

La etapa de pruebas del SISV consistió en simular un ambiente real de producción e involucrar al sistema dentro de éste, con la finalidad de evaluar su funcionamiento y detectar posibles errores en el mismo, de ese modo se pudieron corregir los errores detectados, depurando el código interno del sistema e inclusive se logró hacerlo más eficiente. Todo ello con el propósito de liberar el sistema sin errores ya que un sistema debe ser ampliamente probado antes de ser implantado, los motivos son de sobra conocidos.

Definitivamente no podemos encasillar las pruebas de un sistema solamente en una etapa, ya que esta actividad debe ser constante durante todo el desarrollo del sistema. El SISV fue desarrollado en base a módulos, por lo tanto cada módulo fue probado por separado antes de la integración del sistema, además dentro de cada módulo se realizaron pruebas internas, es decir, se hicieron pruebas para evaluar el funcionamiento interno del módulo y posteriormente se integraron éstos para realizar una prueba global del sistema, con ello se pudieron detectar y corregir algunos fallos en el funcionamiento del mismo antes de presentarlo finalmente al usuario.

Las pruebas al SISV tenían como objetivo:

- ❖ Evaluar:
  - Cada una de las partes que interactuaban en cada módulo
  - Funcionamiento de cada uno de los módulos del SISV
  - Integralmente los módulos del SISV
- ❖ Detectar posibles fallas para su inmediata corrección
- ❖ Estimar
  - Tiempos de captura
  - Tiempos de comunicación entre procesos
  - Tiempos de respuesta del sistema
  - Comunicación con la base de datos y su tiempo de respuesta
- ❖ Provocar errores del usuario para evaluar el comportamiento del sistema
- ❖ Identificar puntos clave que permitieron mejorar el sistema

#### ALCANCES

- ❖ Para la prueba integral del SISV no se consideraron procedimientos de *fail over*, es decir, solamente se probaron fallas en el software, se simuló un ambiente sin problemas y con el servidor funcionando correctamente.
- ❖ Se realizó el proceso completo que el usuario tendría que realizar desde la alta de información, modificaciones, consultas y bajas.

#### LIMITANTES

- ❖ Dado que en la prueba integral no se contaba aún con la infraestructura adecuada para soportar la gran cantidad de información que se tenía, no fue posible realizar pruebas relacionadas con el almacenamiento excesivo de información en la base de datos y el impacto de éste en la comunicación del sistema con el manejador de la base de datos Informix.

## 8. IMPLANTACIÓN

### 8.1. PRESENTACIÓN DEL SISV

El SISV fue presentado en una mesa redonda ante un grupo de investigadores y encargados de supervisar el proyecto, el grupo completo estaba formado por:

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| ❖ Ing. Gilberto Castelán Pescina | <i>Subdirector de Monitoreo volcánico</i>                                      |
| ❖ Ing. Alicia Martínez Bringas   | <i>Investigadora, usuaria del sistema</i>                                      |
| ❖ Cynthia Lilliana Vidal Gaona   | <i>Responsable del área de Desarrollo de sistemas, desarrolladora del SISV</i> |
| ❖ Susana García Peralta          | <i>Tesista, Desarrolladora del SISV</i>  |

Se mostró el sistema funcionando como lo haría en un ambiente de producción. Durante la presentación del sistema se abordaron los siguientes puntos:

- ❖ Objetivo del sistema
- ❖ Descripción del sistema
- ❖ Alcance del sistema
- ❖ Módulos que conforman el sistema y funcionalidad de cada uno de ellos
- ❖ Proceso normal que el usuario tendría que efectuar para obtener los resultados esperados del sistema
- ❖ Comentarios
- ❖ Conclusiones

### 8.2. PRUEBAS CON EL USUARIO

La fase de pruebas con el usuario consistió básicamente en un proceso durante el cual el usuario utilizó el sistema como lo haría en la realidad, quien contaba con el manual de usuario y se le había brindado la capacitación suficiente.

Al término de este proceso hubo una sesión durante la cual se comentaron las experiencias del usuario durante este proceso de pruebas, algunos puntos importantes fueron:

- ❖ Sugerencias del usuario en cuanto a la interfaz gráfica del SISV y reacomodo de elementos visuales.
- ❖ Dará inicio la toma de fotografías digitales de los sismogramas impresos.

- 
- ❖ Se indicó que se procederá a alimentar la base de datos con información de años atrás lo más pronto posible.
  - ❖ El usuario visualizó posibilidades de crecimiento del SISV, en cuanto al tratamiento de más información.

### **8.3. LIBERACIÓN DEL SISV**

El día 7 de octubre de 2002 se efectuó la firma del documento que hace constar que el SISV ha sido concluido, probado y documentado por lo que se encuentra listo para ser puesto en marcha.

Dicho documento fue presentado ante un grupo conformado por:

- ❖ Ing. Enrique Guevara Ortiz
- ❖ Ing. Gilberto Castelán Pescina
- ❖ Ing. Alicia Martínez Bringas

*Coordinador de Instrumentación*  
*Subdirector de Monitoreo volcánico*  
*Investigadora, usuaria del sistema*

## CONCLUSIONES

Una vez más hemos comprobado que cualquier procedimiento por complejo que parezca puede ser automatizado, con ciertas consideraciones en casos especiales, a través de tecnología aplicada, en este caso estamos hablando de una herramienta de software que provee gran beneficio a los investigadores del CENAPRED encargados de emitir un juicio, el cual es producto de la valoración de varios aspectos del volcán Popocatepetl, entre los que destacan los aspectos sísmicos.

Es evidente que un sistema informático es muy valioso en una organización y a la larga ineludiblemente le ahorra tiempo, dinero y esfuerzo, así mismo es necesario reconocer que un sistema informático no es capaz, al menos hasta ahora, de sustituir completamente las actividades realizadas por el humano, sobre todo si tales actividades están involucradas con el raciocinio.

Aplicado este paradigma al caso que nos atañe en esta ocasión, podemos decir que el SISV es un software que le facilitará al usuario el proceso de análisis de actividad sísmica del volcán Popocatepetl, sin embargo como es normal el SISV también tiene límites definidos y no pretende ser un sistema experto que sustituya aquéllas tareas del usuario relacionadas con la toma de decisiones.

Sin embargo, tenemos la plena certeza de que el SISV será un gran apoyo en primera instancia, para la clasificación y organización de la información sísmica del volcán Popocatepetl, y además como ha sido mencionado en repetidas ocasiones, le permitirá al usuario comparar eventos y a partir de ello realizar un análisis que le permita discernir o tratar de estimar el comportamiento del volcán en determinado momento, aunque bien sabemos que es imposible determinar con certeza el comportamiento del volcán por razones que quedan fuera del alcance humano, se pueden efectuar pronósticos cercanos a la realidad si se cuenta con una herramienta como ésta.

Es importante mencionar que la tendencia de desarrollo de software en nuestros días, se enfoca en sistemas que permiten al usuario liberarse de cargas de trabajo excesivas, de actividades rutinarias que le consumen mucho tiempo e inclusive, de aquellas actividades que involucran una toma de decisiones de bajo nivel, en cuyo caso un sistema informático podría llegar a tomar tales decisiones en base a circunstancias predeterminadas. Esto no presupone un reemplazo del hombre como suele pensarse, sino al contrario, brinda la posibilidad de dedicarse a desempeñar actividades de mayor nivel intelectual, con lo cual México avanzaría un peldaño más en su desarrollo tecnológico e intelectual.

El SISV es un claro ejemplo de que los sistemas informáticos además de ser una ayuda, se han convertido en una necesidad, que de ser cubierta, permite que los procedimientos de una organización sean más eficientes.

Al concluir este proyecto además de adquirir experiencia en el ámbito profesional, hemos adquirido experiencia humana e intelectual, logrando con ello una gran satisfacción de haber colaborado en procesos destinados a tan noble labor como es la prevención de desastres.

Esperando no haber omitido cuestiones de suma importancia agradecemos al lector el tiempo invertido para el entendimiento del presente proyecto, esperando le haya sido de utilidad el conocimiento aquí plasmado.

## GLOSARIO

**Acelerógrafos:** En las proximidades del hipocentro de un sismo, el paso de las ondas sísmicas produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones elevadas dependiendo de la magnitud del sismo y de su distancia epicentral. Esta zona llamada "campo cercano" es de interés para la Ingeniería sísmica ya que aquí se producen los mayores daños en las estructuras. Debido a las altas frecuencias que se generan (0.05-0.10 segundos) sólo pueden ser registrados correctamente con los acelerógrafos.

**Acelerograma.** Registro de la aceleración del terreno durante un terremoto. El instrumento que realiza dicho registro se denomina acelerógrafo.

**Altitud.** Distancia vertical de un punto de la tierra respecto al nivel del mar.

**Amplitud.** Es la máxima altura de la cresta de una onda sísmica.

**Andesita.** Lava de color gris, con un contenido del 52 al 66% de sílice.

**Astenósfera.** Parte superior del manto terrestre cuyas rocas se comportan como un fluido.

**Caldera.** Depresión en forma semicircular localizada en la cima de un volcán, ésta se produce por explosiones volcánicas.

**Cámara magmática.** Depósito subterráneo donde se almacena el magma incandescente (lava), ubicado a profundidades mayores a los 2 km.

**Ceniza volcánica.** Material piroclástico muy fino, emitido durante las erupciones volcánicas. Procede del magma y material rocoso desmenuzado, debido a la pulverización entre la fase líquida y gaseosa producida en el conducto volcánico.

**Cizallamiento:** Corte. Es el esfuerzo que oponen las diversas moléculas de un objeto a la acción de las fuerzas paralelas, que tienden a cortar la sección transversal del objeto.

**Corriente convectiva.** Movimiento de ascenso o descenso de un fluido debido a las diferencias de temperatura o presión con el entorno.

**Cortical.** Perteneciente o relativo a la corteza.

**Cráter.** Abertura por donde los volcanes arrojan ceniza, humo, lava, etc., formado por erupciones anteriores.

**Dacita.** Lava de color claro que se sitúa entre las lavas de tipo andesitas y riolitas.

**Domo.** Relieves en forma de cúpula muy vigorosos que por su escasa fluidez se consolidan muy cerca de la boca de emisión del volcán.

**Epicentro.** Punto sobre la superficie de la tierra directamente arriba del foco o hipocentro de un sismo. Para determinar con precisión el epicentro de un sismo se requiere del apoyo de varias estaciones sismológicas.

---

**Erupción pliniana.** Violenta erupción volcánica, donde la principal característica es la presencia de nubes ardientes (flujos piroclásticos) formadas por gases, vapor de agua y cenizas a muy alta temperatura, se puede producir un colapso del edificio volcánico y formación de calderas.

**Erupción tipo Sta. Helena.** Erupción pliniana en el monte de Sta. Helena en Washington, E.U.A.

**Erupción volcánica.** Fenómeno geológico que consiste en la liberación de magma proveniente de capas profundas de la tierra, aflora a la superficie por aberturas o fisuras de la corteza terrestre.

**Estación sismográfica.** Es un sitio en donde uno o más sismógrafos son monitoreados.

**Estratovolcán Andesítico-Dacítico.** Cono volcánico construido por alternancia de capas de ceniza y lava, el cual puede alcanzar alturas superiores a los 2000 m.

**Exhalación.** Vapor que un cuerpo echa de sí por evaporación.

**Explosión.** Fenómeno originado por la expansión violenta de gases, se produce a partir de una reacción química, o por ignición o calentamiento de algunos materiales, se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos.

**Fase.** Es el comienzo de un desplazamiento u oscilación en un sismograma indicando la llegada de un tipo diferente de onda.

**Fase sísmica.** Diferentes tipos de ondas sísmicas registradas en una estación sísmica. Ondas sísmicas que han recorrido trayectos diferentes dentro de la Tierra, debido a la refracción y a la reflexión de las mismas.

**Flujo piroclástico.** "Nube Ardiente" y densa compuesta de ceniza, fragmentos de roca (piroclastos) y gases volcánicos proyectados generalmente desde la cima de un volcán. La nube ardiente desciende por las laderas del volcán a alta velocidad y temperatura.

**Frecuencia sísmica.** Número de temblores registrados en una región y en un periodo de tiempo determinados.

**Fumarola.** Abertura del suelo por donde emanan gases volcánicos y vapor de agua.

**Hipocentro.** Foco de un terremoto, punto o zona del interior terrestre donde se produce la ruptura que genera el terremoto.

**Inclinómetro.** Instrumento destinado a medir la inclinación magnética. Consiste básicamente en una aguja de inclinación o aguja magnética suspendida de tal manera que puede quedar libre para rotar alrededor del eje horizontal.

**Ignición.** Acción y efecto de estar un cuerpo encendido, si es combustible, o enrojecido por un fuerte calor, si es incombustible.

**Intensidad.** La intensidad no permite medir el movimiento del suelo, pero si los efectos que ellos producen en la superficie en donde causan daños al hombre y a las construcciones.

**Latitud.** Es la localización de un punto al norte o al sur del Ecuador. La latitud se muestra en un mapa o globo como líneas con dirección Este-Oeste y paralelas al Ecuador.

**Lava.** Roca volcánica sólida o líquida, que se acumula sobre la tierra. Magma que ha salido a la superficie.

**Longitud.** Es la localización de un punto al este o al oeste según el meridiano de Greenwich. La longitud es mostrada en un mapa como líneas con dirección norte-sur.

**Magma.** Masa ígnea en fusión, de composición principalmente silícea, con abundantes elementos metálicos, formada en las profundidades de la Tierra por la fusión de las rocas preexistentes. Puede cristalizar en condiciones profundas o bien aflorar a la superficie a través de los fenómenos volcánicos.

**Magnitud.** Es la medida de potencia de un terremoto o extracción de energía liberada por este, y determinada por la observación sismográfica. Es una medida que tiene relación con la cantidad de energía liberada en forma de ondas.

**Macizo.** Prominencia rocosa sólida en la topografía del terreno.

**Onda P:** También conocida como onda transversal o de cizallamiento; las partículas se mueven ahora en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la onda.

**Onda S:** También es conocida como onda de compresión, porque consiste en la transmisión de compresiones y dilataciones como en el caso de la transmisión de sonido; en este caso las partículas del medio se mueven en el mismo sentido en que se propaga la onda.

**Período.** Es el tiempo que transcurre entre dos crestas sucesivas de ondas sísmicas.

**Piroclasto.** Material de lava fragmentado por efecto de las explosiones o interacciones líquido-gas en la columna eruptiva de un volcán.

**Placas tectónicas.** Segmento de la litósfera que internamente es rígido, se mueve independientemente encontrándose con otras placas en zonas de convergencia y separándose en zonas de divergencia.

**Riolita.** Lava de color claro con contenido de sílice mayor al 66%.

**Sismicidad.** Estudio de la Intensidad y frecuencia de los sismos en la superficie terrestre. Su distribución geográfica delimita tres grandes bandas sísmicas que son Mediterráneo, Himalaya y Circumpacífica, en las que se registra más del 90% de los terremotos. La República Mexicana se encuentra ubicada en una de las zonas de más alta sismicidad en el mundo, debido a que su territorio está localizado en una región donde interactúan cinco importantes placas tectónicas: Cocos, Pacífico, Norteamérica, Caribe y Rivera.

**Sismo.** Fenómeno geológico que tiene su origen en la envoltura externa del globo terrestre y se manifiesta a través de vibraciones o movimientos bruscos de corta duración e intensidad variable, los que se producen repentinamente y se propagan desde un punto original (foco o hipocentro) en todas direcciones.

---

**Sismo tectónico (tipo A).** Fenómeno geológico que se produce cuando hay deslizamiento de bloques de rocas en zonas de fractura. Se producen debajo de un volcán a una profundidad de 1 a 20 km. y con una magnitud menor a 6 grados R.

**Sismo volcánico (tipo B).** Fenómeno geológico que se produce cuando el magma trata de salir y por la presión, origina sacudimientos de la corteza terrestre en las zonas vecinas de los volcanes. Se presentan principalmente dentro del edificio volcánico, en el cráter o cerca de éste, son sismos muy superficiales y de magnitudes pequeñas. Este tipo de temblores son útiles en la predicción (a corto tiempo) de erupciones, debido a que antes de que suceda una erupción, se incrementa el número de eventos de este tipo.

**Sismógrafo.** Instrumento utilizado para registrar distintos parámetros de los movimientos sísmicos. Básicamente, el sismógrafo es un péndulo que traduce el movimiento del suelo en una corriente eléctrica, que posteriormente es amplificada y transformada en una gráfica por medio de un galvanómetro. Los sismógrafos están diseñados para operar a varias amplificaciones con objeto de cubrir al máximo el espectro de amplitudes de las señales sísmicas.

El principio físico de todos los tipos de sismógrafos se basa en la propiedad física de un péndulo (masa suspendida de un hilo) que al producirse el movimiento del suelo, este se desplaza con respecto a la masa suspendida en virtud de su inercia. Todos estos movimientos deben ser registrados en función del tiempo y dependiendo del tipo de movimiento al cual son sensibles (velocidad, desplazamiento o aceleración). La sismometría considera tres tipos de sismógrafos: mecánico, electromagnético y de banda ancha.

**Sismógrafo de banda ancha.** Sismógrafo que tiene su respuesta casi constante en un rango amplio de frecuencias, entre 0.08 - 10 Hz.(2)

Por lo general, los sismógrafos eran de dos tipos o registraban información sísmica en dos diferentes rangos de frecuencia, periodos cortos (1 seg) y periodos largos (15-100 seg). El primero adecuado para sismos que ocurren en el campo cercano y los segundos en el campo lejano. Sin embargo, después de los años 70 se construyeron instrumentos que permitían registrar mayores rangos de frecuencia y que incluían los registros de periodo corto y largo, es decir, entre 0.1-100 segundos, estos sismógrafos se llaman de banda ancha. Este adelanto en la sismometría se logró gracias a los progresos conseguidos en el modo de registro (registros magnéticos digitales) y en el desarrollo del sismómetro de balance de fuerzas de Wieland y Strekeisen (1983).

**Sismógrafos de deformación.** Construido en los años 30 por H. Benioff a fin de medir las deformaciones que tienen lugar en la superficie de la tierra. Es decir, variaciones lineales entre dos puntos fijos. El instrumento consta de un tubo de cuarzo de 10 a 100 metros de longitud cuyo extremo se encuentra rigidamente unido a un pilar y el otro libre a una distancia ( $d$ ) de otro pilar. La distancia  $d$  se mide con un transductor de tipo capacitativo o transductor de velocidad que puedan detectar cambios del orden de 1m m para una barra de longitud igual a 100 metros proporcionando una sensibilidad en deformación del orden de  $10^{-11}$ .

**Sismógrafo electromagnético.** Sismógrafo en el que el movimiento del sismómetro se realiza por la resistencia de un galvanómetro a una corriente generada por el movimiento de una bobina dentro del campo de un imán permanentemente.

La única variación de este sismógrafo es que el desplazamiento de la masa produce el movimiento relativo de una bobina en el campo magnético de un imán. En este caso la parte móvil es el imán y en otros la bobina. Al producirse el movimiento del suelo se genera corriente en la bobina proporcional a la velocidad ( $f$ ) de movimiento del suelo, la cual pasa por un galvanómetro y produce una cierta deflexión del espejo. Ahora, si se ha hecho incidir un haz de luz sobre el espejo unido al hilo del galvanómetro, éste sufrirá una desviación  $q$ , que recogida en un papel fotográfico proporciona el movimiento del sismómetro.

**Sismógrafo mecánico.** Este sismógrafo es el más simple y está constituido por un elemento detector del movimiento (sismómetro) y un sistema de palancas que amplifican dicho movimiento.

**Sismograma.** Registro de un movimiento sísmico. Consta de varias fases, cuyo estudio permite calcular la distancia del hipocentro y epicentro, hora del acontecimiento y su duración. La gráfica obtenida con un sismógrafo recibe el nombre de sismograma. En el sismograma están impresas las características del proceso de ruptura provocadas por el temblor, las características del medio en el que se propagaron las señales sísmicas y las del instrumento. Descifrar la información contenida en los sismogramas es complicada y requiere experiencia y sofisticados métodos de análisis.

**Sismómetro.** Instrumento que mide la intensidad de los sismos convirtiéndolos en señales que son registradas y amplificadas por un sismógrafo.

**Subducción.** Deslizamiento del borde de una placa de la corteza terrestre por debajo del borde de otra.

**Tectonismo.** Conjunto de movimientos de origen interno que modifican la corteza terrestre, elevándola, plegándola, fracturándola, invirtiendo las capas que la constituyen o hundiéndola.

**Telemétrico.** Que permite apreciar desde el punto de mira la distancia a que se halla un objeto lejano.

**Tremor.** Inicio del temblor.

**Tremor volcánico.** Señal sísmica continua asociada a la actividad eruptiva de un volcán.

**Viabilidad económica.** Evaluación del costo del desarrollo frente al beneficio final producido. Es muy complicado de realizar porque los criterios varían según las características del sistema, el tamaño del proyecto, la estrategia de amortización de esa inversión que lleve la empresa, etc.

Además suele ocurrir que parte de los beneficios obtenidos de un sistema informático sean intangibles (mejoras de calidad, de condiciones de trabajo, etc.), por lo que son muy difíciles de estimar en cifras.

**Viabilidad legal.** Determinación de cualquier infracción, violación o ilegalidad que pudiera resultar del desarrollo del sistema.

**Viabilidad técnica.** Estudio de la funcionalidad, el rendimiento y las restricciones que puedan afectar a la posibilidad de realización de un sistema aceptable, es decir, si existe la posibilidad técnica de desarrollar el sistema. Se deben considerar que tecnologías, métodos, algoritmos o procesos se requieren y como afecta al coste.

---

**Vulcanismo.** Conjunto de fenómenos y procesos relacionados con la emisión de magma a través de los volcanes.

## BIBLIOGRAFÍA

<b>Nombre</b>	<i>Análisis Estructurado Moderno</i>
<b>Autor</b>	Edward, Yourdon
<b>Editorial</b>	Prentice Hall Hispanoamericana
<b>Edición-reimpresión</b>	1993
<b>ISBN</b>	968-880-303-0
<b>Clasificación-biblioteca</b>	QA76 Biblioteca: Alfredo Adam Adam, FCA, UNAM .9.S84 Y6818

<b>Nombre</b>	<i>Programming Informix SQL/4GL: Step-by-Step Approach</i>
<b>Autor</b>	Klipp, Cathy
<b>Editorial</b>	Prentice Hall PTR, Informix Series
<b>Edición-reimpresión</b>	2a. ed. E.U.A 1998
<b>ISBN</b>	0-13-675919-X

<b>Nombre</b>	<i>Aprendiendo programación para bases de datos con JDBC en 21 días</i>
<b>Autor</b>	Hobbs, Ashton
<b>Editorial</b>	Prentice Hall Hispanoamericana
<b>Edición-reimpresión</b>	México 1998
<b>ISBN</b>	970-17-0084-8

<b>Nombre</b>	<i>Aprendiendo JAVA en 21 días</i>
<b>Autor</b>	Lemay, Laura; Perkins, Charles L.
<b>Editorial</b>	Prentice Hall Hispanoamericana
<b>Edición-reimpresión</b>	México 1996
<b>ISBN</b>	968-880-741-9

<b>Nombre</b>	<i>Aproveche las noches con Java</i>
<b>Autor</b>	Wehling, Jason; Bharat, Vydia; et. al.
<b>Editorial</b>	Prentice Hall Hispanoamericana.
<b>Edición-reimpresión</b>	México 1998
<b>ISBN</b>	970-17-0034-1

<b>Nombre</b>	<i>Dynamic Web Programming Using Java, JavaScript, and Informix</i>
<b>Autor</b>	Harrison, Graham
<b>Editorial</b>	Prentice Hall PTR, Informix Series
<b>Edición-reimpresión</b>	2a. ed. E.U.A 2000
<b>ISBN</b>	0-13-086184-7

<b>Nombre</b>	<i>Glosario de conceptos sísmicos</i>
<b>Autor</b>	Protección civil
<b>Editorial</b>	Secretaría de Gobernación
<b>Edición-reimpresión</b>	México 1992
<b>ISBN</b>	968-805-632-4

## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. <http://www.ujaen.es/Investiga/rnm217/glosario.htm>
2. <http://cns.igp.gob.pe/glos.htm>
3. <http://www.dgf.uchile.cl/glosario.html>
4. <http://www.rae.es/>
5. <http://www.una.ac.cr/ovsl/glosario.html>
6. [http://cns.igp.gob.pe/reportes/tipos\\_sismogr/sismografos/tipos.htm](http://cns.igp.gob.pe/reportes/tipos_sismogr/sismografos/tipos.htm)
7. [http://grulla.hispalinux.es/enunciados/analisis\\_stmas.pdf](http://grulla.hispalinux.es/enunciados/analisis_stmas.pdf)
8. <http://mailweb.udlap.mx/~seguro/Volcanes/popohistoria.html>
9. <http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm02511.htm>
10. <http://www.cienciahoy.org/hoy60/volcanes1.htm>
11. [http://www.ingemmet.gob.pe/riesgo\\_geologico/volcanico.htm](http://www.ingemmet.gob.pe/riesgo_geologico/volcanico.htm)
12. [http://www.loria.fr/projyets/MLIS/DHYDRO/outils/site\\_edition/byproducts/Tout\\_Martif\\_es.html](http://www.loria.fr/projyets/MLIS/DHYDRO/outils/site_edition/byproducts/Tout_Martif_es.html)
13. <http://www.orbi.net/sinaproc/glosario.htm>
14. <http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/volcanes.htm>
15. <http://www.monografias.com/trabajos/volcanes/volcanes.shtml>
16. <http://www.larevista.com.mx/ed488/4888.htm>



**ANEXOS:**

**Oficio de aprobación de la propuesta de solución**

**Oficio de liberación del sistema**

México, D.F. a 15 de febrero de 2002

Ing. Gilberto Castelán Pescina  
Subdirector de Monitoreo volcánico

## PRESENTE

Una vez analizadas tanto las fuentes de información sísmica como las necesidades de los investigadores encargados del análisis de dicha información, se plantea una propuesta de solución a desarrollar, la cual se detalla a continuación.

Hemos concluido que como punto primordial se requiere de un almacén o banco de datos donde sea posible almacenar toda la información sísmica sobre el volcán Popocatepetl, la cual actualmente se encuentra dispersa en diferentes puntos de almacenamiento, para que pueda ser procesada más fácilmente.

En consecuencia, es necesario el desarrollo de un sistema informático capaz de establecer comunicación con la base de datos y que permita hacer un análisis comparativo más rápidamente a través de múltiples ventanas, logrando con ello la visualización inmediata de uno o más eventos sísmicos ocurridos en distintas fechas, susceptibles de comparación.

Además de la base de datos y el sistema informático, será necesaria la adquisición de medios de almacenamiento adicionales de tal manera que soporte el crecimiento de la información almacenada en la base de datos.

## ❖ ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Consta de una base de datos que contendrá información sísmica sobre el volcán Popocatepetl desde 1995 a la fecha, actualizándose diariamente, así mismo se contará con un sistema informático capaz de administrar la base de datos, permitiendo realizar análisis comparativos entre eventos sísmicos registrados en distintas fechas.

El usuario (investigador) podrá ingresar al sistema mediante dos vías:

1. *Usuario administrador*: Tendrá permisos de acceso a la información para su actualización, es decir podrá dar de alta información, eliminarla o modificarla.

2. *Usuario visitante*: Tendrá permisos de acceso a la información sólo para su consulta. Como requerimientos tecnológicos se consideran factibles los siguientes:

- Sistema operativo Unix
- Lenguaje de programación Java
- Servidor web Apache
- Servidor de JSP's y servlets Tomcat
- RDBMS Informix
- Espacio de almacenamiento en disco de 2 TB

#### ❖ VENTAJAS

El uso de este sistema de información presentará distintas ventajas, entre las que se pueden mencionar:

- Búsqueda de información con mayor rapidez mediante distintas opciones que brindará el nuevo sistema presentándose con mayor rapidez ante el usuario la información requerida.
- Concentración de la información en una base de datos, la accesibilidad a ésta sustituirá a la recopilación de distintas fuentes de información que actualmente realiza el usuario.
- La facilidad de uso de la interfaz del sistema ayudará a aquellos usuarios que no son expertos en la realización de las actividades involucradas.
- Observación de los sismogramas a través de la pantalla de la computadora, sustituyendo la observación de la hoja impresa.

#### ❖ DECLARACIÓN DEL PROPÓSITO

El propósito del Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica, es permitir a los investigadores realizar un análisis comparativo entre eventos sísmicos ocurridos en distintas fechas de manera visual y rápida, agilizando con ello la generación de resultados.

## ❖ ALCANCE

1. La base de datos contendrá la siguiente información:
  - Imágenes de sismogramas.
  - Número de exhalaciones totales por día.
  - Número de exhalaciones diarias por encima del umbral.
  - Amplitud y magnitud de la fase y prefase.
  - Archivo hypoc.out el cual es utilizado para generar las imágenes de ubicación de sismos tanto en planta como en perfil.
  - Fotografía del volcán que se anexa a cada reporte diario.
  - Datos del reporte del volcán Popocatepetl que se genera diariamente.
  - Archivo DMX
2. Permitir dar de alta la información mencionada anteriormente, así como modificarla o eliminarla.
3. Permitir el análisis comparativo de eventos sísmicos tales como:
  - Eventos tectónicos
  - Eventos volcanotectónicos
  - Tremores
  - Explosiones
  - Exhalaciones

## ❖ LIMITACIONES

1. En la actualidad existen restricciones en cuanto al espacio de almacenamiento en disco, siendo éste un aspecto fundamental considerando la gran cantidad de información con la que se cuenta actualmente y su evidente crecimiento, de no contar con el espacio de almacenamiento suficiente no será posible tener acceso a información no almacenada en la base de datos a través del sistema.

2. El archivo hypoc.out que se almacenará en la base de datos es el resultado de la localización de sismos efectuada por los investigadores participantes en el proceso actual, dicho archivo será necesario para que el sistema de información genere los planos en planta y perfil.

Esperamos que este informe haya cumplido con su objetivo, logrando con ello la autorización para el desarrollo y seguimiento de la propuesta mencionada.



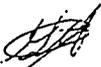
---

Cynthia Liliána Vidal Gaona  
*Equipo de desarrollo*



---

Susana García Peralta  
*Equipo de desarrollo*



---

Gilberto Castelán Pescina  
*Subdirector de monitoreo volcánico*

México, D.F. a 07 de octubre de 2002

Por medio del presente documento se hace constar que el Sistema de Información sobre Sismicidad Volcánica (SISV), fue diseñado y desarrollado por Cynthia Lilliana Vidal Gaona y Susana García Peralta en el periodo comprendido entre diciembre de 2001 y septiembre de 2002.

El SISV ha sido concluido satisfactoriamente de acuerdo a lo establecido en la propuesta de solución y perfectamente documentado, por lo que se encuentra listo para ser sometido en un ambiente de producción real.

Este sistema se enfoca en la información sísmica del volcán Popocatepetl, sin embargo ofrece la misma utilidad si se trata de otro volcán siempre y cuando se cumpla el mismo formato de la información de entrada al sistema. Además se vislumbra su futuro crecimiento al contemplar todas las variables involucradas en el monitoreo de un volcán, el cual es el producto final esperado sobre el proyecto "Base de datos de fenómenos naturales", proyecto institucional del CENAPRED, y por lo pronto queda fuera del alcance del SISV.

Es importante hacer notar que este sistema es una valiosa aportación al "Atlas Nacional de Riesgo", prioridad del C. Santiago Creel Miranda y por lo tanto actividad central del CENAPRED en los futuros años, ya que el desarrollo, la administración y expansión del mismo fueron encomendados al Centro.

ATENTAMENTE



---

Ing. Gilberto Castelán Pescina  
Subdirector de Monitoreo volcánico