COORDINACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA Y MONITOREO VOLCÁNICO

Responsable: M.I. Roberto Quaas Weppen

Objetivo general y estructura de la Coordinación

Tiene a su cargo el diseño, instalación, operación, mantenimiento y procesamiento de los datos de redes de instrumentación para el registro de movimientos sísmicos producidos por temblores fuertes, así como para el monitoreo y vigilancia de volcanes. Para ello cuenta con una moderna infraestructura de instrumentos y laboratorios especializados de electrónica y procesamiento de datos. La observación de los sismos se lleva a cabo mediante una red digital de estaciones acelerométricas. Esta red permite el estudio de los movimientos en la costa del Pacífico, las características de propagación de las ondas en la dirección de la Ciudad de México y, finalmente, el comportamiento dinámico del suelo bajo excitación sísmica y la respuesta dinámica de edificios y estructuras. Para el monitoreo volcánico, en particular del volcán Popocatépetl, se tiene una densa red de estaciones remotas para la observación visual, medición de la microsismicidad y deformación del edificio volcánico, así como instrumentación para detección de flujos y mediciones geoquímicas, junto con un puesto central de recepción de datos mediante telemetría y procesamiento automático de la información. Esta red permite detectar durante las 24 horas cualquier variación anómala de la actividad del volcán e informar oportunamente de ello a las autoridades de Protección Civil. La infraestructura instrumental es apoyada por modernos sistemas y programas de cómputo que procesan grandes volúmenes de información creando importantes bancos de datos cuya información se difunde ampliamente entre la comunidad científica y profesional. Otras actividades a cargo de esta Coordinación consisten en el diseño y desarrollo de instrumentos y sistemas de adquisición de datos en apoyo a las diferentes áreas de investigación del CENAPRED.

ORGANIGRAMA

Volcán Popocatépetl, (9 de diciembre, 1998)

En la Coordinación laboran 19 personas: 8 de tiempo completo, 6 de tiempo parcial, 5 asesores y 1 becario. La Coordinación está dividida en tres áreas de trabajo:

Área de Instrumentación y Observación Sísmica

Responsable: M.C. Mauricio A. Ortega Ruiz

Su función es la de operar redes de instrumentos para la observación y registro de movimientos sísmicos intensos requeridos para estudios sobre riesgo sísmico, respuesta dinámica de estructuras y comportamiento de suelos. Esta área es responsable de la red de observación sísmica del CENAPRED, un sistema de 17 estaciones, 5 instaladas a lo largo de una línea entre Acapulco y México, y 12 estaciones en la zona urbana del DF. Los equipos son acelerógrafos triaxiales de estado sólido, de alta resolución, instalados en la superficie, en pozos a distintas profundidades y algunos también en edificios.

Colaboradores

Ing. Miguel A. Franco Sánchez
Ing. Ricardo Vázquez Larquet
Ing. David Almora Mata
Ing. Juan Manuel Velasco Miranda
Ing. Miguel Torres Noguez
César Morquechu Zamarripa
Javier Ortíz Castro

Las principales actividades de esta área son:

a) Operar y mantener en forma óptima las estaciones de registro sísmico mediante visitas periódicas de inspección a todas las estaciones de la red. Efectuar visitas extraordinarias en caso de falla o al ocurrir un temblor importante.

b) Recolectar, procesar y evaluar oportunamente la información mediante los sistemas de interrogación remota y telemetría.

c) Desarrollar sistemas de instrumentos y técnicas especializadas para la medición de movimientos sísmicos y estimación de intensidades.

d) Instrumentación sísmica de estructuras

e) Participar en reuniones técnicas y académicas del área.

f) Publicar y diseminar oportunamente la información.

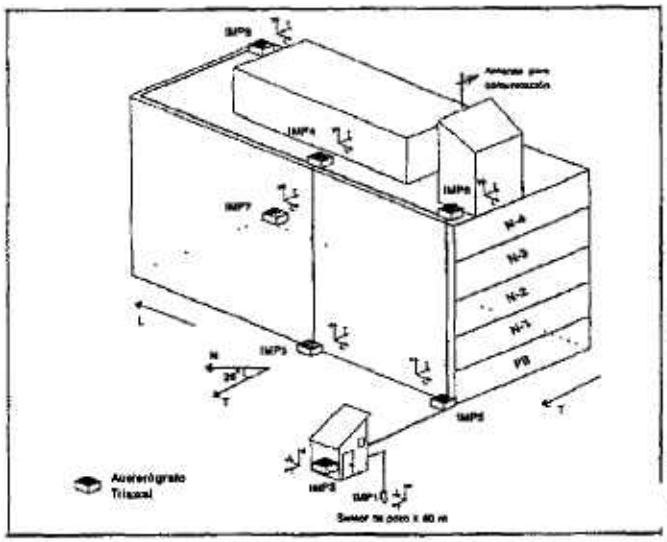
PROYECTOS REALIZADOS

Operación de la red de Observación Sísmica del CENAPRED

Para mantener en óptimas condiciones la Red de Observación Sísmica del CENAPRED, se realizaron visitas mensuales de servicio y mantenimiento a todas las estaciones de la red, así como revisiones diarias vía módem desde el CENAPRED de los equipos que cuentan con telemetría. Esto permitió detectar y corregir oportunamente fallas en los sistemas de medición. Al ocurrir un temblor fuerte de inmediato se recolectó la información registrada del movimiento, ya sea con visitas extraordinarias o directamente por interrogación remota de los instrumentos. Esto ocurrió para el temblor del 11 de enero de 1997 (M=7.3) del cual se elaboró, conjuntamente con el Área de Procesamiento de Datos, un reporte preliminar con los acelerogramas del evento. Para un mayor control de la operación de las estaciones acelerográficas, se continuó el desarrollo de un sistema automático de interrogación que permite verificar el correcto funcionamiento de los instrumentos y también en forma remota y de manera autónoma, recolectar y procesar la información sísmica registrada.

Apoyo a la Red Acelerográfica de Guerrero

Con el objetivo de obtener registros de mayor calidad, en 1997 se apoyó al Instituto de Ingeniería de la UNAM en la operación de la Red Acelerográfica de Guerrero a la cual también se le

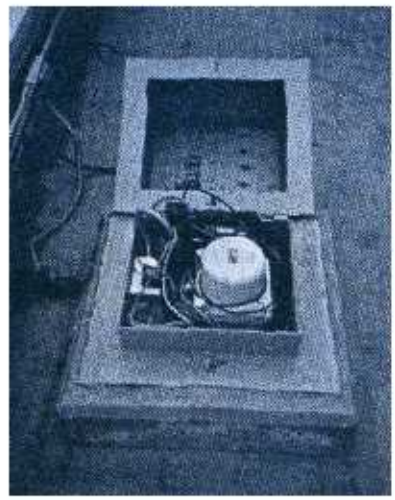


Instrumentación del Edificio IMP

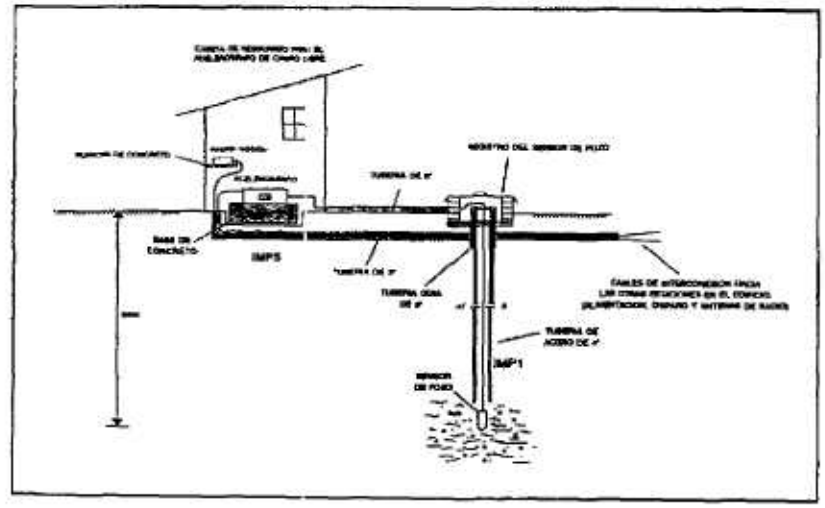
proporcionaron temporalmente 2 nuevos acelerógrafos modelo ETNA de alta resolución para reforzar su infraestructura instrumental.

Instrumentación del Edificio IMP

Para estudiar el comportamiento dinámico de edificios durante un temblor intenso, en 1997 se terminó la nueva instrumentación sísmica del edificio 'Lara Sosa' del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Actualmente se cuenta con 6 acelerógrafos triaxiales en el edificio, uno en terreno libre y un sensor de pozo a 80 m de profundidad. El sistema quedó interconectado al sistema de disparo remoto por radio desde el CENAPRED. Sobre el equipamiento del edificio IMP y los resultados obtenidos se elaboró un reporte detallado.



Sensor de aceleración en la estación de azotea

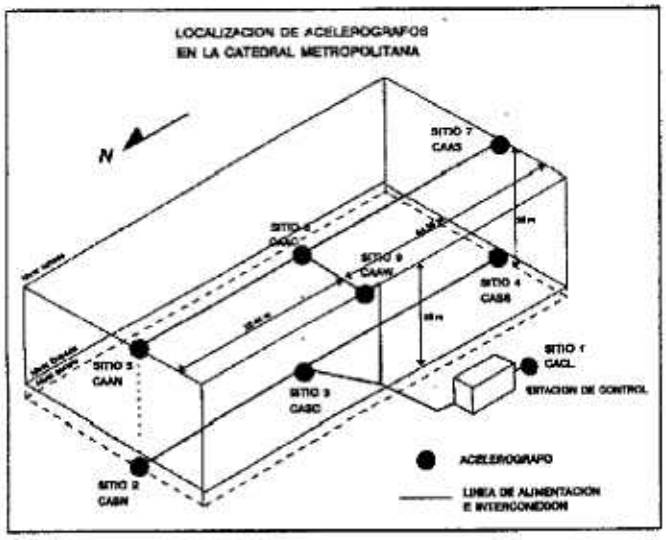


Instrumentación del sensor de pozo

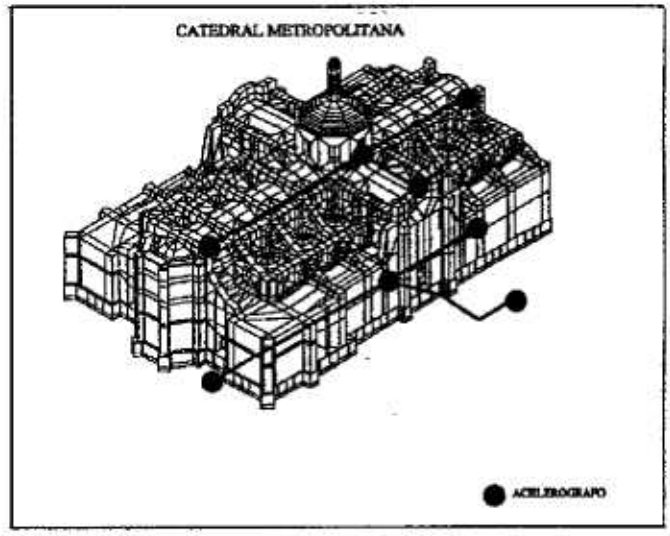
Instrumentación de la Catedral Metropolitana.

Para continuar con el estudio del comportamiento dinámico de la estructura de la Catedral Metropolitana afectada por el hundimiento del suelo, se operó durante 1997 la red local de 8 acelerógrafos K2. Estos instrumentos produjeron interesantes registros de los temblores del 11 y 21 de enero, 8 y 22 de mayo y 19 de julio de 1997.

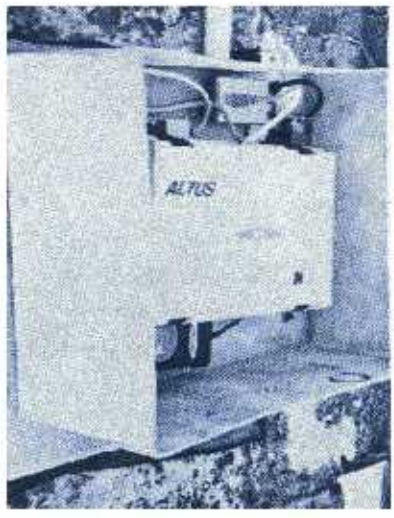
Catedral Metropolitana



Localización de estaciones



Instrumentación de la red



Instrumentación sísmica de la Catedral Metropolitana

Instrumentación del Puente Vehicular *"La Impulsora"*

En apoyo a las áreas de Estructuras y Geotecnia del CENAPRED, se inició en 1997 la instrumentación sísmica de la superestructura del puente vehicular "La Impulsora", compuesta por 2 acelerómetros triaxiales, 4 trasductores de desplazamiento, 48 celdas de esfuerzo y un sistema centralizado de adquisición de datos. Asimismo se colaboró en la instrumentación de la cimentación del mismo puente.

Área de Instrumentación y Monitoreo Volcánico

Responsable: Ing. Arturo Montalvo García

Diseñar y operar redes de instrumentos especializados para la observación y monitoreo de volcanes. Vigilar en forma sistemática y continua los volcanes instrumentados, particularmente el volcán Popocatépetl, para poder detectar cualquier cambio de su actividad que pudiese indicar un potencial riesgo de erupción. Procesar la información recabada e informar oportunamente a las autoridades y a la comunidad científica de las observaciones realizadas.

Colaboradores:

Ing. Gilberto Castelan Pescina
Francisco Galicia Aguilar
Lucio Cárdenas González

Las principales actividades de esta área son:

a) Diseñar e instrumentar redes para la observación y monitoreo de la actividad de volcanes activos basadas principalmente en estaciones sismológicas, 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 en el CENAPRED.

b) Vigilar permanentemente la actividad del volcán Popocatépetl y emitir reportes periódicos.

c) Procesar y evaluar oportunamente la información recolectada. Publicar y diseminar la información e intercambiarla con otras instituciones de investigación nacionales y del extranjero.

d) Desarrollar instrumentos y tecnologías especializadas de medición y mejorar sistemáticamente los sistemas en operación buscando mejorar su eficiencia y confiabilidad.

e) Participar en reuniones técnicas y académicas.

PROYECTOS REALIZADOS

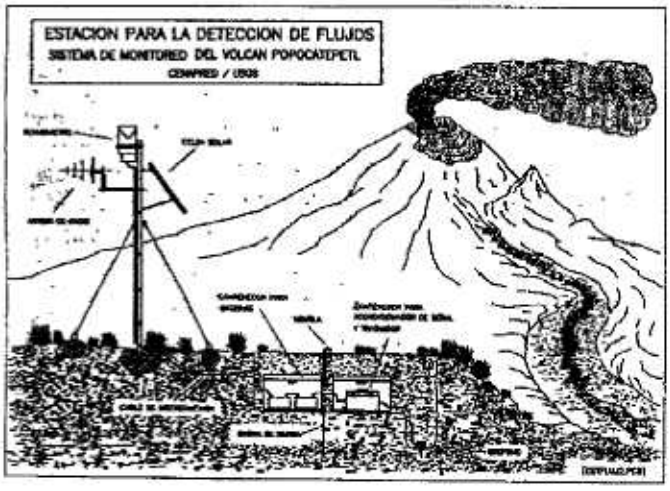
Operación y Mantenimiento de la Red de Observación y Monitoreo del Volcán Popocatépetl

La Red de Observación y Monitoreo del Volcán Popocatépetl está constituida por una red de telemetría en tiempo real de 11 estaciones sísmicas, 5 para medición de deformación, 4 para detección de flujos, una para el monitoreo visual mediante una cámara de video y un puesto central de registro y procesamiento ubicado en el CENAPRED. Durante 1997, año en que el volcán presentó importante actividad, se operó y mantuvo este complejo sistema realizando 36 visitas a las estaciones de campo. Con ello se logró una operación continua del sistema a lo largo del año con muy pocas interrupciones y pérdida de datos. Asimismo se realizaron 28 vuelos de inspección en helicóptero al volcán. Durante 1997 se continuó apoyando las campañas terrestres y aéreas para la medición de la concentración de gases SO_2 y CO_2 del volcán y otras mediciones geoquímicas.

Nueva Instrumentación y Sistemas de Monitoreo Vigilancia

En adición a las actividades rutinarias de campo, de monitoreo y de procesamiento de la información, se reforzó el sistema con nuevas estaciones de campo y diversos instrumentos en la central de adquisición de datos. Conjuntamente con el Servicio Geológico Norteamericano, USGS, se puso en operación un sistema automático para la detección y alertamiento de flujos en el flanco norte del volcán compuesto por 4 estaciones con telemetría. A finales de 1997 se instaló una nueva estación sísmica y de deformación en el lado noroeste del volcán a una altura de 4400 m. En colaboración con la Secretaría de Gobernación se inició el diseño y prueba de una estación satelital para reforzar la cobertura de observación y

monitoreo en el lado este del volcán, la cual se prevé quede instalada en 1998. Para detectar oportunamente la presencia de densas columnas de ceniza y otros materiales expulsados del volcán, se instaló y puso en marcha en CENAPRED, en forma experimental, conjuntamente con el USGS un radar doppler metereológico. Este dispositivo demostró ser de gran ayuda durante diversos eventos eruptivos del volcán, particularmente el evento del 30 de junio, ya que permitió la detección de columnas de ceniza en las inmediaciones del volcán y el alertamiento de las autoridades que controlan el aeropuerto y espacio aéreo. Finalmente se reforzaron los equipos de procesamiento y alertamiento automático y se tramitó un enlace digital de alta velocidad con TELMEX entre Altzomoni y el CENAPRED, para enviar en breve vía microondas, imágenes térmicas del volcán y otros parámetros importantes.

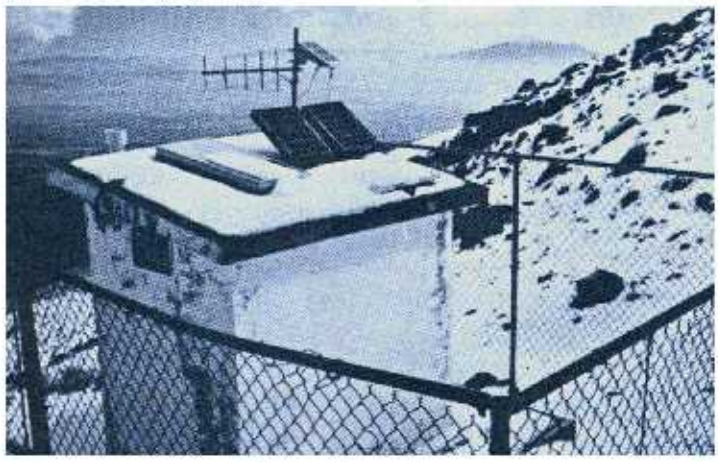


Croquis de la instalación de una estación para detección de flujos

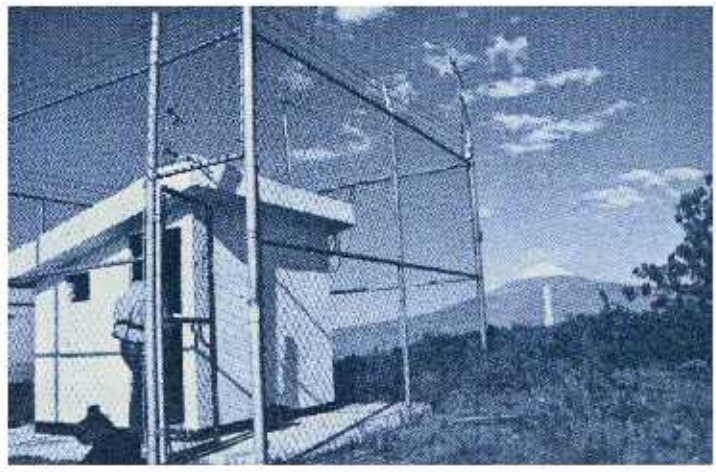
Vigilancia del Volcán y Difusión de la Información

Durante 1997 y en especial en las semanas críticas cuando el volcán mostró mayor actividad, se mantuvieron guardias las 24 horas del día. A través de reportes periódicos y especiales de

Estación para detección de flujos
La Espinera



Estación Canario



Estación Caló

emergencia cuando la situación así lo requirió, se informó oportunamente a las autoridades de la Secretaría de Gobernación y del Sistema Nacional de Protección Civil sobre el estado de la actividad del volcán. Para informar al público en general y a la comunidad técnica internacional, se incorporaron dos nuevos medios de difusión sobre la actividad del volcán, uno a través de un buzón de voz (tel. 205-1036) y otro mediante una página electrónica especial en Internet (www.cenapred.unam.mx). Asimismo personal de la Coordinación participó en muchos eventos técnicos, académicos y entrevistas a los medios para difundir e informar sobre la situación del volcán.

Instrumentación de Otros Volcanes

En el marco de un convenio bilateral de cooperación entre México y Guatemala, se puso en operación una red de observación sísmica en el volcán Tacaná, en el estado de Chiapas, compuesta de cuatro estaciones con telemetría hacia un puesto central en Tapachula. Para ello se dio apoyo técnico y asesoría a la Unidad Estatal de Protección Civil de Chiapas quien instaló los equipos y opera el sistema. Como parte del programa para el monitoreo de volcanes activos en México se trabajó también conjuntamente con la Universidad Veracruzana y La Unidad Estatal de Protección Civil de Veracruz para la construcción e instrumentación de una estación sísmica en el volcán Pico de Orizaba. Esta estación está próxima a ponerse en marcha y enviará sus datos simultáneamente mediante telemetría hacia el CENAPRED y a la Universidad en Jalapa.

Área de Procesamiento de Datos

Reponsable· Pas. José Alonso Flores Gómez

Procesar, evaluar y catalogar los datos registrados por las redes de observación sísmica y de monitoreo volcánico que opera el CENAPRED. Desarrollar programas de cómputo especializados, crear bancos de información y difundir la información para apoyar estudios e investigaciones sobre estos fenómenos.

Colaboradores:

Ing. Bertha López Nájera
Ramón Ruiz Quintana
Ing. Alicia Martínez Bringas
Ing. Salvador Medina Morán

Las principales actividades de esta área son:

a) Procesamiento de datos acelerográficos: Procesar e interpretar oportunamente los datos recolectados de las redes de observación; obtener las historias de aceleración, velocidad y desplazamiento, así como espectros de Fourier y de respuesta de los registros. Elaborar reportes anuales y catálogos con los resultados y análisis de los sismos registrados. Crear bancos de datos, distribuir la información y colaborar junto con otras instituciones de investigación en la elaboración y actualización de la Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes.

b) Procesamiento de datos de la red de monitoreo volcánico: Evaluar y procesar la información diaria recibida de los sistemas de observación volcánica, graficar los datos registrados por los sismógrafos e inclinómetros instalados en el volcán Popocatépetl, localizar los eventos volcánicos y reportar oportunamente sobre cambios observados en su actividad. Mantener en óptimas condiciones los sistemas y programas de cómputo asociados.

c) Desarrollo en general de programas y sistemas para el eficiente manejo, procesamiento y difusión de la información.

d) Participar en reuniones técnicas y académicas.

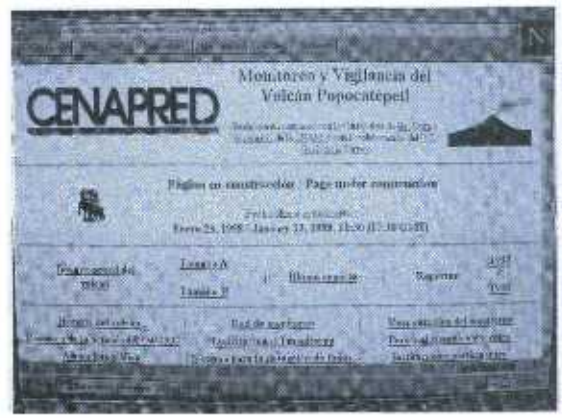
PROYECTOS REALIZADOS

Red de Monitoreo del Volcán Popocatépetl

Los datos de la actividad del volcán Popocatépetl son registrados y transmitidos continuamente desde cada una de las 21 estaciones de la red de monitoreo hacia la central de procesamiento en el CENAPRED en donde se reciben, procesan y grafican en tiempo real mediante una red de computadoras y diversos dispositivos de despliegue y registro. Una de estas computadoras está dedicada a la detección y alertamiento automático en caso de aumentar la actividad del volcán. El procesamiento y análisis de los datos se realiza en una computadora central (BOB), a través de la cual se tiene acceso a toda la información de la red incluso en forma remota vía módem. Durante 1997 la actividad sísmica del volcán se incrementó respecto a años anteriores. Esto generó una importante cantidad de información que ocupó cerca de 4 Gbytes de espacio de almacenamiento. Los registros sísmicos de origen volcánico se clasifican esencialmente en tectónicos, exhalaciones y tremor. Diariamente se analizaron los registros y se clasificaron obteniendo para 1997 una distribución como la mostrada en la tabla adjunta. Utilizando un software especial, para cada sismo tectónico se calcularon las coordenadas del hipocentro, su magnitud y su profundidad. En 1997 se registraron 274 sismos tectónicos cuyas magnitudes variaron entre 1.5 y 3.4, 4579 exhalaciones y 69 episodios de tremor. El mayor evento que se registró correspondió al ocurrido el 30 de junio y fue el episodio eruptivo más grande del volcán en los últimos 75 años. Semanalmente se preparó un reporte de la actividad registrada la cual se diseminó entre la comunidad científica.

SISMOS REGISTRADOS DURANTE 1997 EN EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

MESES	SISMOS TECTÓNICOS	EXHALACIONES	TREMORES
Enero	20	316	1
Febrero	17	282	3
Marzo	53	494	2
Abril	39	179	4
Mayo	15	261	10
Junio	30	227	4
Julio	15	189	0
Agosto	17	456	17
Septiembre	8	805	9
Octubre	27	764	4
Noviembre	17	353	8
Diciembre	16	253	7
Totales	274	4 579	69



Página del Popocatépetl en Internet (www.cenapred.unam.mx)

Instalación de la estación Juncos, noviembre 1997

Red de Observación Sísmica del CENAPRED

Comparado con años anteriores, 1997 fue un año con pocos eventos sísmicos, aunque los temblores ocurridos fueron de gran magnitud. La Red de Observación Sísmica del CENAPRED registró solo 11 temblores que produjeron un total de 169 acelerogramas de 3 componentes. El procesamiento que se llevó a cabo para cada uno de los registros consistió en la conversión de los archivos binarios al formato ASCII estándar, catalogación e integración de los datos a la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, cálculo de los espectros de Fourier y de respuesta de cada componente, graficación y finalmente la publicación de los datos en un reporte anual. Los principales sismos y el resumen de los datos de aceleración registrados se presentan en la tabla. El temblor más importante fue el ocurrido el 11 de enero en las costas de Michoacán el cual tuvo una magnitud de M=7.3.

SISMOS MÁS IMPORTANTES REGISTRADOS POR LA RED ACELEROGRÁFICA DEL CENAPRED

FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	MAGNITUD (Me)	EPICENTRO Latitud N	Longitud W	ACELEROGRAMAS GENERADOS
11 de enero	20:28:29	Costa de Michoacán	7.3	18.09°	102.86°	42
22 de mayo	7:50:56	Curso inferior del Río Balsas	5.9	18.47°	101.76°	22
19 de julio	14:22:07	Costa de Guerrero-Oaxaca	6.3	16.00°	98.23°	19
16 de diciembre	11:48:32	Costa de Guerrero	5.9	15.86°	99.16	18

La Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes

Conjuntamente con otras instituciones y como parte del esfuerzo que se viene desarrollando para crear y actualizar la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, en 1997 se publicó la Actualización de los Catálogos de Estaciones y Acelerogramas a 1995 y también se publicó la edición del primer CD-ROM que contiene todos los archivos ASCII estándar de aceleración de los registros obtenidos en México entre 1992 a 1995 (más de 5000 acelerogramas). Asimismo se trabajó en el desarrollo del software necesario para la revisión, captura y depuración de los bancos de datos de estaciones, instituciones, acelerogramas y aparatos. Se cuenta ya con un conjunto de utilerías que permiten la edición de los archivos ASCII estándar de aceleración y facilitan la revisión de los datos contenidos en sus encabezados

Apoyo secretarial

El apoyo secretarial y administrativo a las distintas áreas de la Coordinación fue proporcionado por Laura Gaytán Saldaña