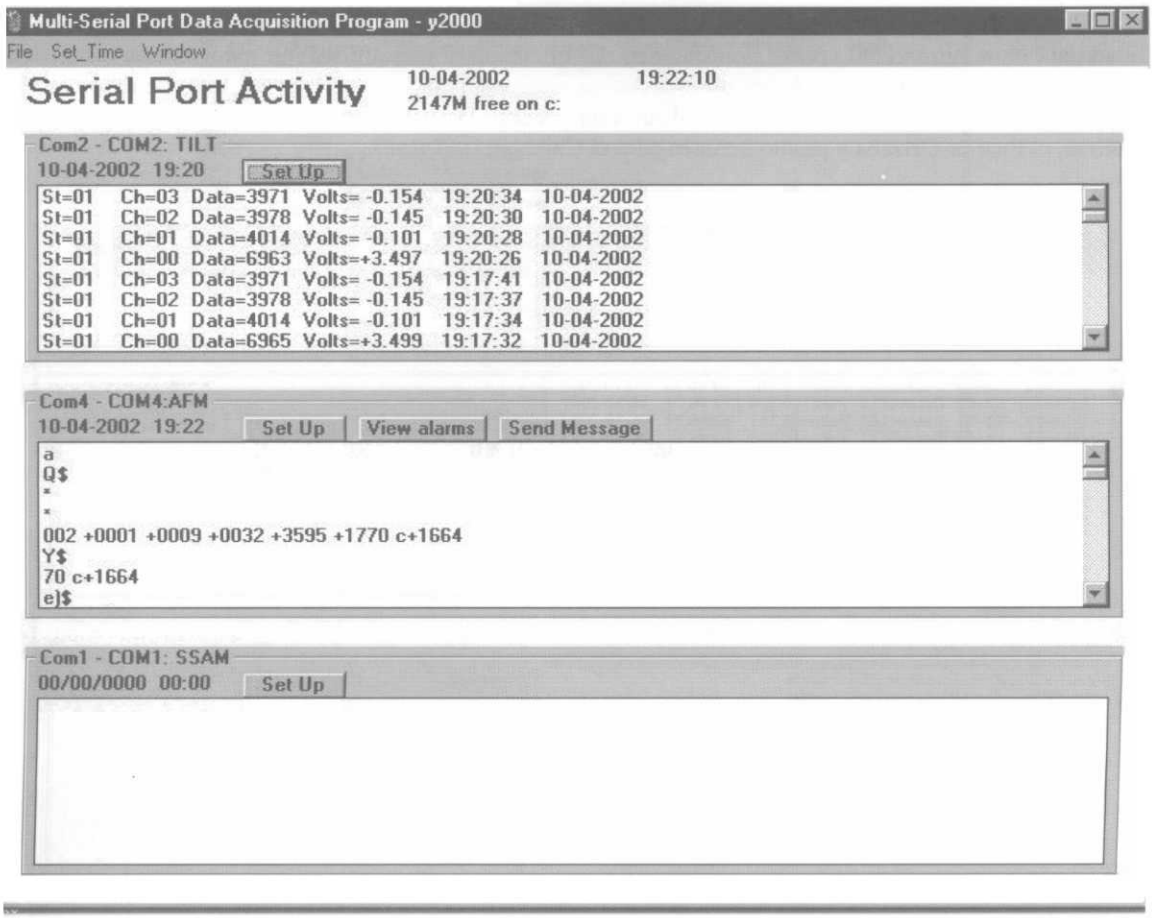

Figura 4.8 Programa PORKY desplegando datos de TILT, AFM y SSAM

4.1.6 EARTHWORM

Es el sistema central del monitoreo del volcán Popocatépetl ya que es el equipo que integra la mayoría de las señales. La información que recibe es registrada, procesada y desplegada en forma continua. **EARTHWORM**, sistema implementado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), integra todas las señales sísmicas provenientes del volcán Popocatépetl y también del volcán Citlaltepetl, las señales de los inclinómetros y las señales de las estaciones detectoras de flujo del volcán Popocatépetl, entre otras.

El sistema consta de varios programas independientes llamados módulos y un programa principal ó maestro que se encarga del control de todos los módulos. Cada uno de estos módulos ejecuta en forma independiente una tarea específica, de manera que pueden crearse o quitarse módulos sin que se afecte el funcionamiento general del sistema. EARTHWORM, actualmente está trabajando sobre una plataforma de Windows XP, y está instalado en 2 servidores conectados en red. El primero de ellos se encarga de la adquisición de datos, mientras que el segundo es un espejo del primero y realiza las funciones de respaldo y distribución de la información

EARTHWORM posee una interfaz gráfica de gran utilidad que muestra las trazas de las señales que se están adquiriendo en tiempo real y los espectros en frecuencia de las señales sísmicas, permitiendo así la fácil identificación de los tipos de eventos generados por el volcán (figura 4.9) Este tipo de análisis en tiempo real permite el envío automático de mensajes a radiolocalizadores cuando la actividad del volcán rebasa ciertos umbrales predefinidos, alertando oportunamente a los investigadores y funcionarios

El sistema ha operado desde mediados del año 2000 y desde entonces ha sido una herramienta de gran utilidad para el monitoreo del volcán Popocatépetl La eficiencia y versatilidad que este sistema ha mostrado podría convertir a **EARTHWORM** en un estándar para la adquisición y el procesamiento de datos de redes de observación sísmica y de monitoreo de volcanes en general. De hecho se está utilizando ya para el volcán de Colima, el Pico de Orizaba y pronto también para el Chichonal y Tacaná.

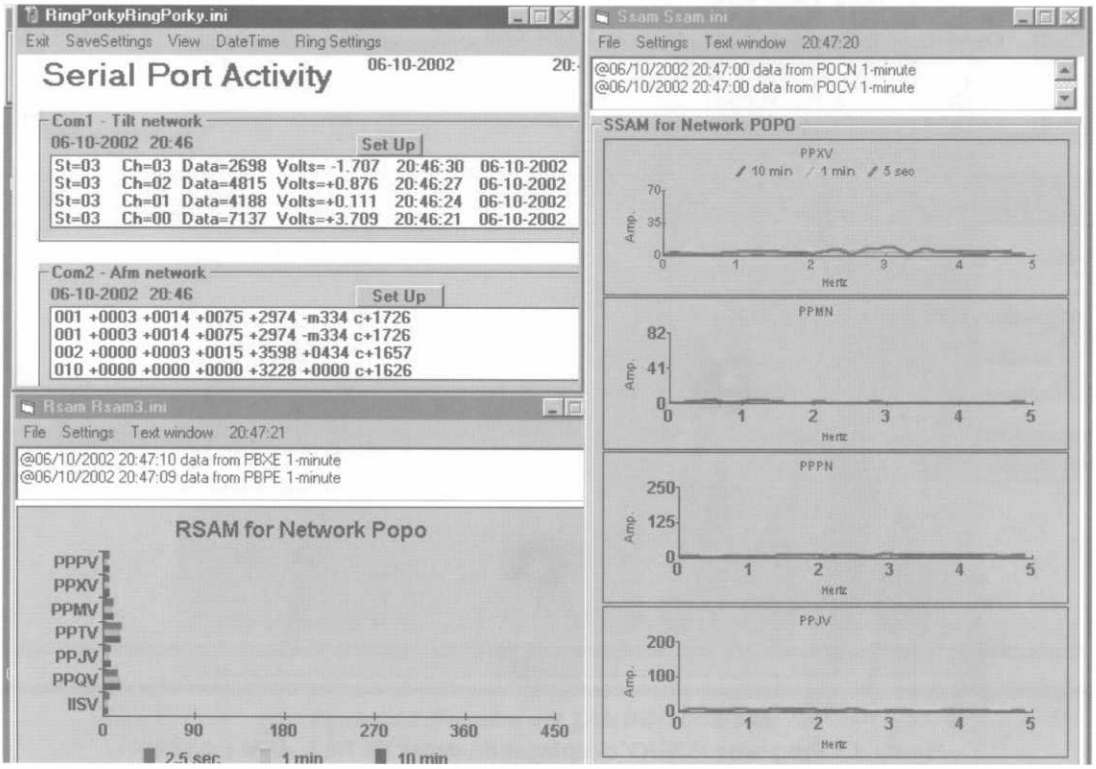

Figura 4.9 Programa EARTHWORM. Vista de tres módulos activos del sistema.

4.1.7 RSAM

Un parámetro para el análisis y alertamiento en el sistema de monitoreo del volcán es el que se deriva de la medición en tiempo real de las amplitudes de las señales sísmicas (RSAM) Esta medición es desplegada en un monitor de una computadora, llamada **RSAM**, que indica los promedios del nivel de sismicidad registrado en cada estación. El despliegue de estas mediciones es mediante diagramas de barras como se muestra en la figura 4.10 A cada señal se le asocian 3 barras de distinto color. la superior indica el promedio de la amplitud de la sismicidad en un intervalo de 10 segundos, la intermedia el promedio en un minuto y la barra inferior el promedio calculado en 10 minutos. Este sistema permite tener una visión global y de forma continua de la actividad sísmica en conjunto.

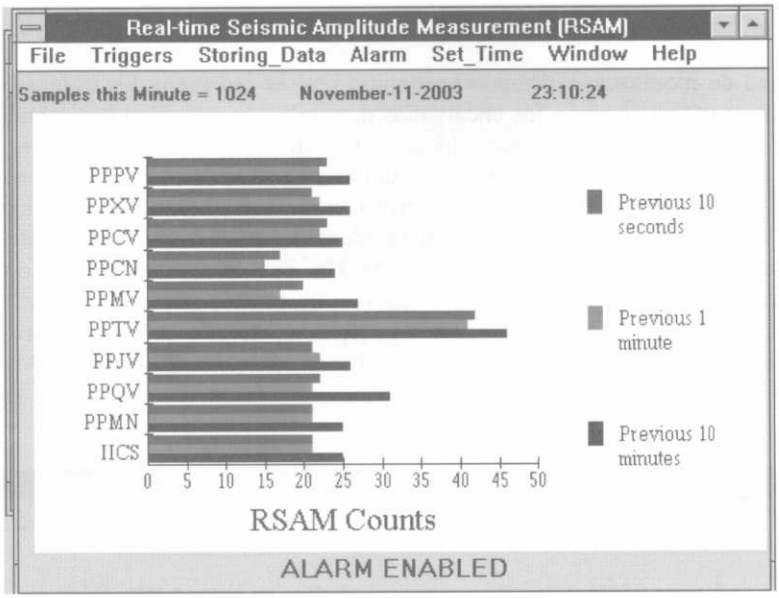

Figura 4.10 Pantalla principal de RSAM

4.1.8 GRÁFICOS

Donado al CENAPRED también por el USGS, el sistema **GRÁFICOS** permite la observación visual de los datos provenientes de las estaciones inclinométricas y de flujos. La visualización de estos es en tiempo real por lo que permite interpretar de inmediato la actividad del volcán. El sistema funciona a través de dos programas comerciales denominados OmniServer y OPCSystems. El OmniServer es el encargado de recibir los datos mediante el puerto serial y además contiene la configuración de las estaciones y canales; el OPCSystems proporciona la interfaz gráfica mediante la cual es posible visualizar los datos (figura 4.11).

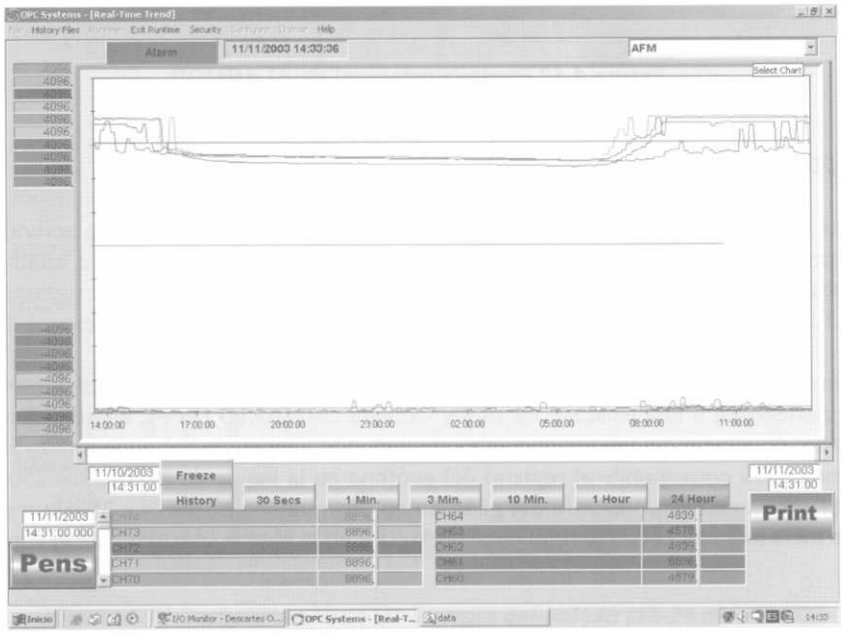

Figura 4.11 Pantalla principal de OPCSystems

4.1.9 ALARMOD

En un sistema de monitoreo volcánico en tiempo real es indispensable contar con dispositivos que permitan de forma automática alertar a los encargados de vigilar la actividad del volcán cuando éste rebasa ciertos niveles preestablecidos. En el caso específico del volcán Popocatépetl, se requiere tener una estrecha y continua vigilancia durante las 24 horas del día. Para satisfacer esta necesidad, el sistema de monitoreo cuenta con un programa diseñado en CENAPRED para activar una alarma acústica y al mismo tiempo activar el envío de mensajes automáticos vía radiolocalizador al personal de guardia permanente. El nombre de esta aplicación y del equipo que lo realiza es **ALARMOD**. Este programa revisa constantemente ciertos parámetros de los equipos RSAM y AFM; si éstos reportan un cambio importante en la actividad del volcán, el programa envía el mensaje informando qué sistema activó la alarma y la fecha y hora de la ocurrencia del evento. La importancia de este sistema radica en la rapidez con la que el personal responsable del monitoreo es alertado y avisado, usualmente en menos de un minuto.

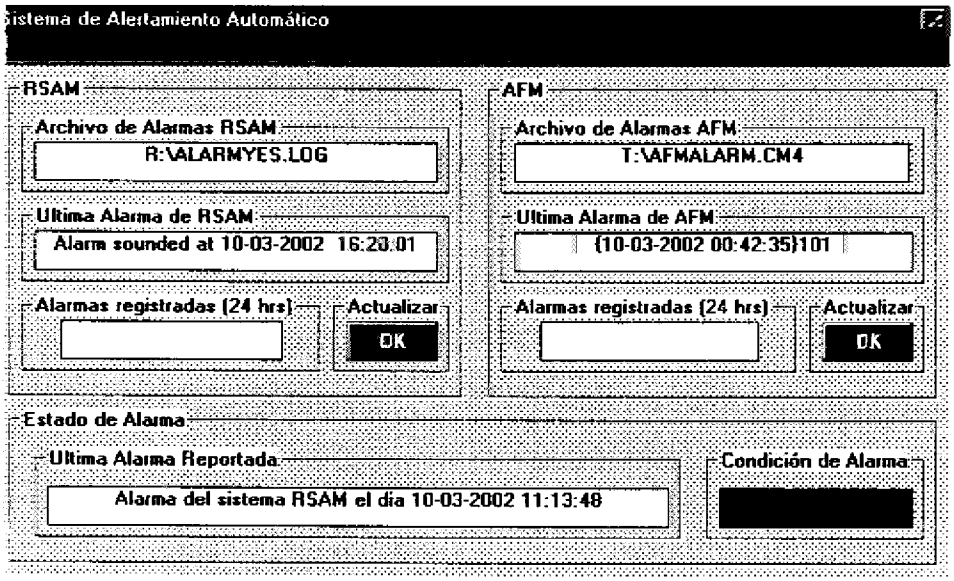

Figura 4.12 Pantalla principal de ALARMOD

4.1.10 BOB2000

Para llevar acabo el análisis y procesamiento de distintos datos relativos a la actividad del volcán se cuenta también con el sistema **BOB2000**, el cual alberga varias herramientas de análisis sísmico y de visualización. Destacan, las utilerías de PCSUDS para el análisis sísmico y un programa llamado **BOB**, desarrollado por T. Murray (1992b), que permite analizar los datos de las distintas estaciones de monitoreo.

En la figura 4.13 se muestra un ejemplo del tipo de gráficas que se obtienen a través del programa **BOB**. Los datos pertenecen a una estación de flujos llamada CANARIO (PPP), abarcando un periodo de 10 días. Muestran 5 trazas: la primera (de arriba abajo) corresponde al registro del pluviómetro instalado en dicha estación, la segunda traza corresponde al registro del geófono en la banda de 10Hz a los 250Hz, mientras que la tercera y cuarta corresponden al registro del geófono en dos rangos de 100Hz a 250Hz y el otro de 10Hz a 100Hz. La última traza muestra el comportamiento del voltaje en la batería que alimenta al equipo.

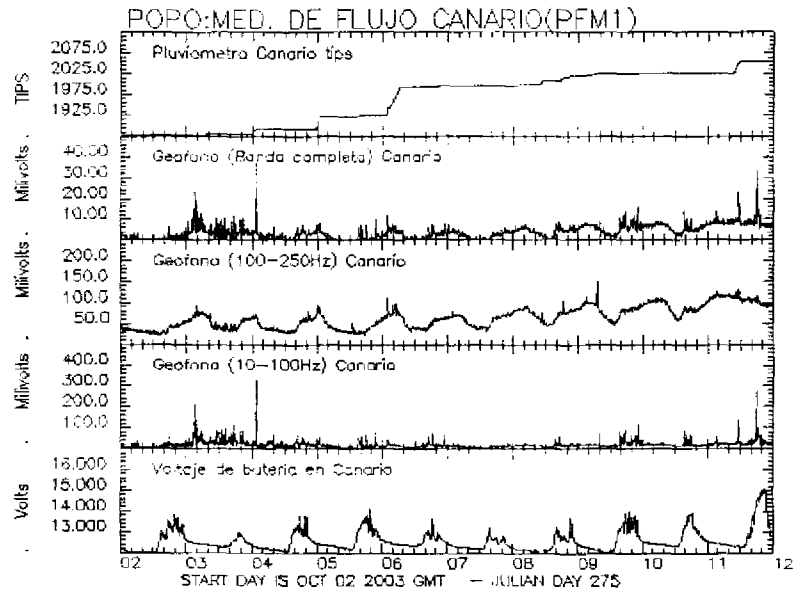

Figura 4.13 Pantalla de BOB para la estación de flujos CANARIO (PFM1)

BOB permite escoger distintas señales sísmicas, de deformación, temperatura, voltaje de batería, energía sísmica, etc. y desplegarlos a diferentes escalas y escoger el intervalo de tiempo (horas, días, meses, años). La obtención de este gráfico y la consulta de las demás señales de la actividad del volcán, permiten a los responsables del monitoreo realizar las evaluaciones oportunas sobre la actividad del mismo, como fue el caso de la evaluación en la actividad del año 2000, a través del la evolución de la energía que presentaban el volcán se pudo estimar con anticipación la ocurrencia del evento explosivo (figura 4.14).

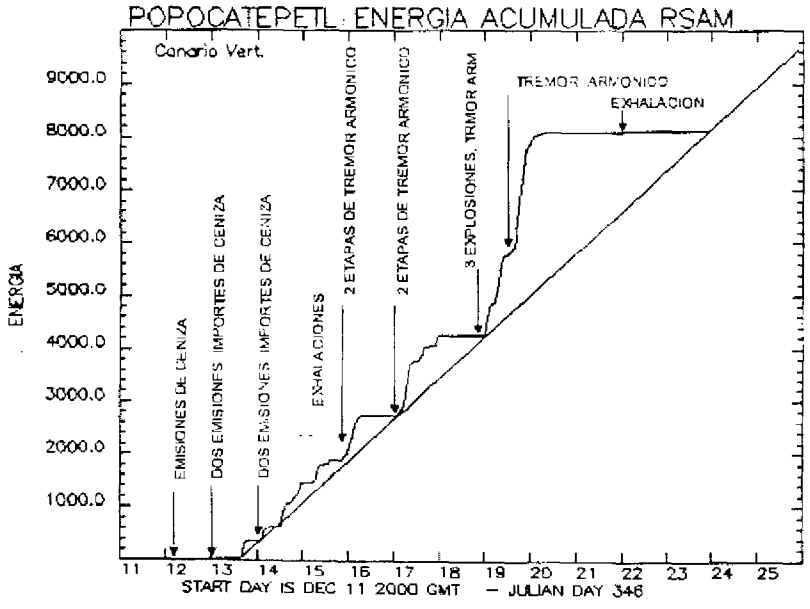

Figura 4.14 Comportamiento de energía del volcán (13-24 dic. 2000)

4.1.11 CÁMARA TÉRMICA

Con apoyo del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, se instaló en el Cerro de Altzomoni una cámara térmica infrarroja con la finalidad de apoyar el monitoreo del volcán Esta camara proporciona una imagen en la cual a través de una gama de colores se puede derivar la temperatura del edificio volcánico y de las fumarolas. La adquisición y procesamiento de la señal se lleva a cabo con una computadora llamada **CÁMARA TÉRMICA** instalada en la estación de monitoreo.

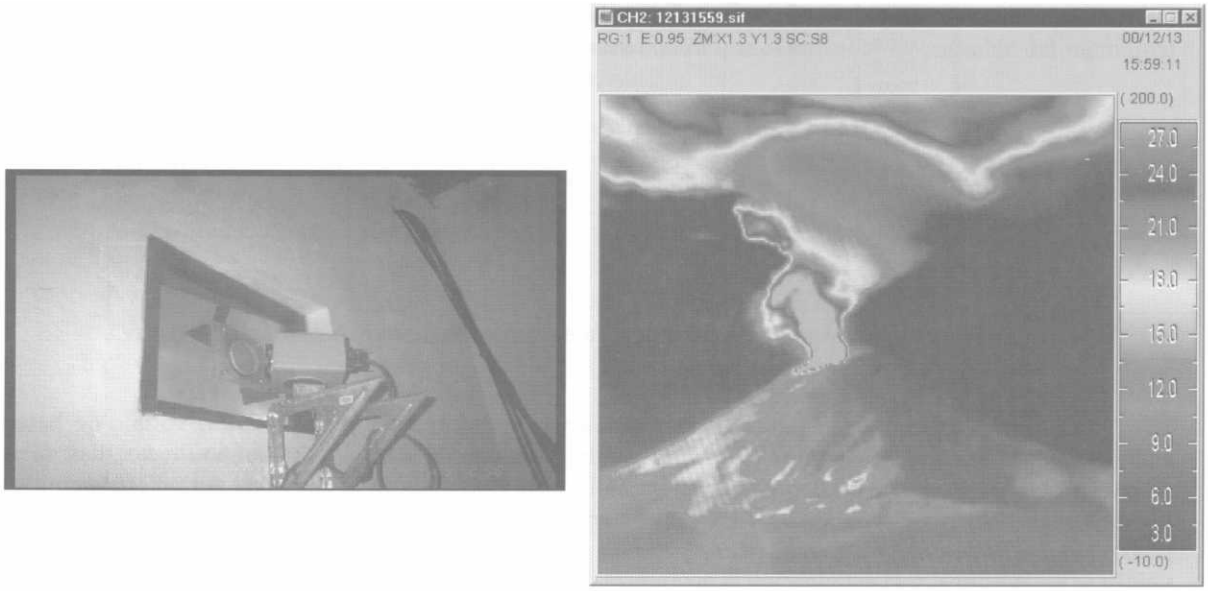

Figura 4.15 Cámara térmica instalada en Altzomoni e imagen térmica de una exhalación

4.1.12 EDM TEMOHUANI

A partir de noviembre de 1999 se instaló en el Popocatépetl un sistema de adquisición remota para un distanciómetro electrónico EDM en tiempo casi-real que, por medio de un rayo láser, permite medir con gran precisión la distancia entre un punto de referencia ubicado al pie del cono volcánico y varios reflectores instalados en las partes altas del volcán Este desarrollo involucra un sistema electromecánico controlado por una computadora, instalado en la estación TLAMACAS que permite la medición automatizada de todas las líneas que constituyen la red del flanco norte del volcán Incluye un mecanismo capaz de dirigir el láser a una posición deseada y también puede buscarla por si mismo a través de un algoritmo especialmente diseñado para ello. Los datos transmitidos son visualizados en el Puesto Centro de Registro gracias a un programa llamado **TEMOHUANI** desarrollado especificamente para este propósito.

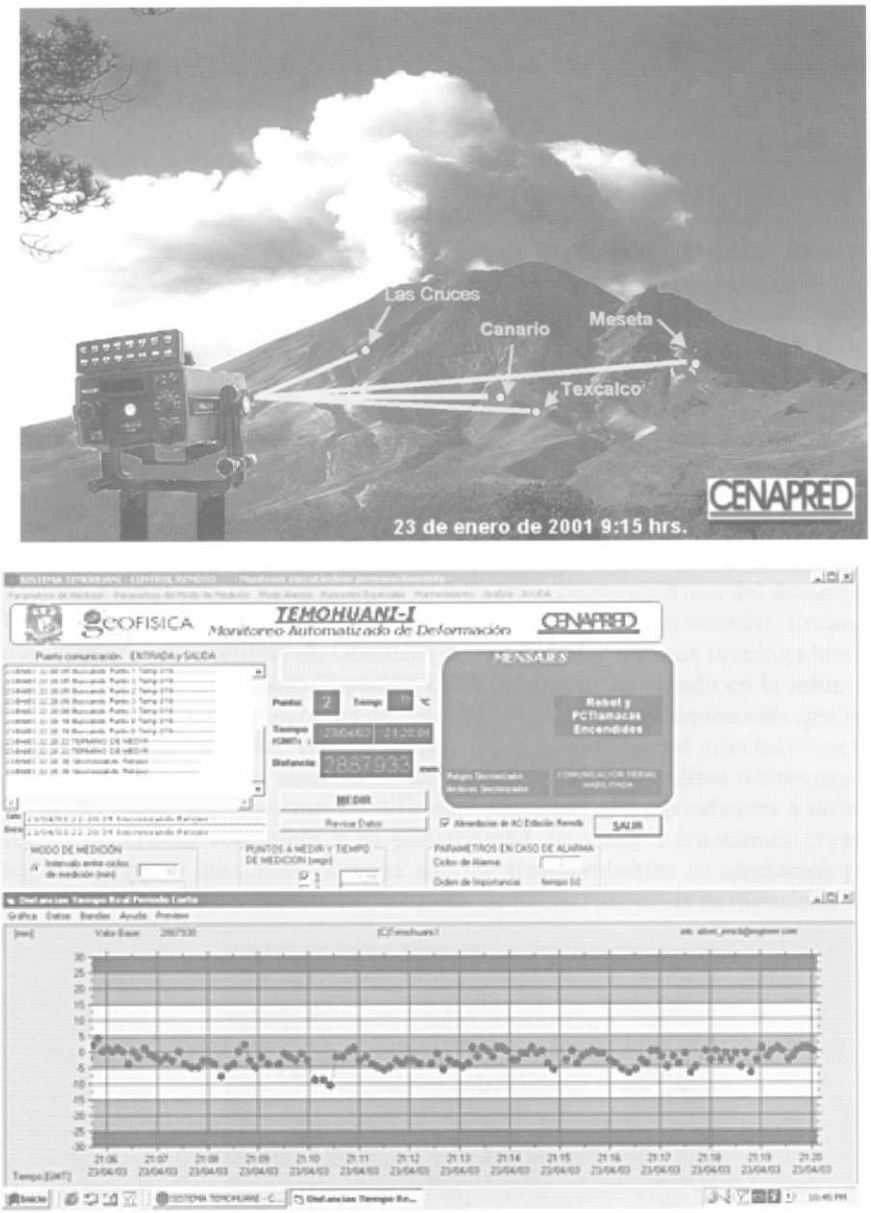

Figura 4.16 Sistema TEMOHUANI (EDM)