



REPUBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
IVAN DUQUE ESCOBAR
Ministro



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS
ALFONSO LOPEZ REINA
Director General

LABORES DEL OBSERVATORIO VULCANOLOGICO NACIONAL

Informe preparado para:

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Por:

HUMBERTO GONZALEZ IREGUI

ALBERTO NUÑEZ T.

Medellín, Mayo 29, 1986



CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCION	1
2. LA ACTIVIDAD VOLCANICA Y SUS CONSECUENCIAS	5
3. MAPA DE RIESGOS	8
4. ACTIVIDADES DEL OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA	10
4.1. Sismología	11
4.1.1. Red telemétrica	17
4.1.2. Estaciones Portátiles	20
4.2. Deformación	22
4.2.1. Inclínometría Electrónica	22
4.2.2. Inclínometría seca	25
4.2.3. Perfiles de nivelación	26
4.2.4. Medidas electrónicas de deformación -EDM	30
4.3. Geología	38
4.3.1. Observación visual	38
4.3.2. Estudio de los depósitos volcánicos	38
4.4. Geoquímica	40
4.4.1. Análisis de SO ₂	40
4.4.2. Estudio de la fumarola de la Azufrera Nereidas	42
4.4.3. Análisis de gases del suelo	42
4.5. Detectores de flujos de lodo	43
4.6. Apoyo Logístico	44
4.6.1. Financiero	44



4.6.2.	Equipos	44
4.6.3.	Comunicaciones	48



II. USTRACIONES

	Pag.
Figura 1. Localización de sismógrafos	12
Figura 2. Señales de eventos regionales	14
Figura 3. Señales de eventos de alta y baja frecuencia	14
Figura 4. Evento de baja frecuencia	15
Figura 5. Tremor mostrando disminución de amplitud en el tiempo.	15
Figura 6. Computador IBM-PPC e impresora OKIDATA U92	16
Figura 7. Sismómetro o sensor, que permite captar las ondas sísmicas, para transmitir las al graficador.	17
Figura 8. Estación sismológica telemétrica	18
Figura 9. Graficador TELEDYNE GEOTECH modelo RV-320, del sensor de La Olleta, instalado en la sede del Observatorio.	19
Figura 10. Estación Sismológica Portátil	21
Figura 11. Estudios de deformación	23
Figura 12. Estación inclinometría electrónica telemétrica	24
Figuras 13 y 14. Estación de inclinometría seca de la Piraña.	27
Figura 15. Labores de inclinometría seca.	28
Figura 16. Labores de inclinometría seca en la Estación Piraña.	29
Figura 17. Estudios de deformación	34



Figura 18.	Equipo de EDM	35
Figura 19.	Equipo de EDM emitiendo el haz de rayos laser	36
Figura 20.	Reflectores empleados en las medidas de EDM	37
Figura 21.	Reflector devolviendo la señal de rayo laser	37
Figura 22.	Localización: detectores flujos de lodo, puestos observación visual, Azufrera de Nereidas	39
Figura 23.	Equipo de COSPEC, para mediciones de SO ₂	41
Figura 24.	Estación monitora de flujos de lodo del río Molinos, en la sede del Observatorio.	45
Figura 25.	Antena y panel solar de la estación monitora del río Gualí, en el Puesto de la Policía Nacional.	45
Figura 26.	Sensor en el río Gualí	46
Figura 27.	Sistema monitor de flujo residual	47
Figura 28.	Red de comunicación por radio de la zona de influencia del Volcán Nevado del Ruiz.	50



TABLAS

TABLA 1.	Ubicación estaciones sismológicas telemétricas	20
TABLA 2.	Estaciones sismográficas portátiles	21
TABLA 3.	Ubicación de las estaciones de inclinometría electrónica	25
TABLA 4.	Ubicación de las estaciones de inclinometría seca en los alrededores del Volcán-Nevado El Ruiz	26
TABLA 5.	Ubicación de los perfiles de nivelación en el Volcán Nevado El Ruiz	30
TABLA 6.	Líneas y reflectores para las mediciones de EDM en el Volcán Nevado El Ruiz.	31



1. INTRODUCCION

El Volcán Nevado del Ruiz con una altura de 5400 msnm es parte del Parque Nacional de los Nevados, está localizado en las coordenadas $4,88^{\circ}\text{N}$ y $76,37^{\circ}\text{W}$, 28 km al SE de la ciudad de Manizales en los límites de los departamentos de Caldas y Tolima. Sus laderas están cubiertas por un casquete glacial de unos 17 km^2 hasta una altura de 4800 m, donde nacen los ríos Gualí y Azufrado al Norte, Lagunillas al Este, Recio al Sur y Claro y Molinos al Oeste. . .

El Ruiz hace parte del Complejo Volcánico conocido como del Ruiz-Tolima y que se extiende por unos 60 km en la cima de la parte central de la Cordillera Central de Colombia y se compone de Norte-Sur por los volcanes Cerro Bravo, Ruiz, Cisne, Santa Isabel, Páramo de Santa Rosa, Tolima, Quindío y Machín..

El Ruiz es un volcán activo, compuesto, de forma elíptica con 12-15 km de diámetro mayor y un área de 200 km^2 , con pendientes laterales de 20 a 35° y una cima relativamente plana donde se encuentra el cráter Arenas de unos 600 m de diámetro y unos 150 m de profundidad. En los flancos del volcán existen dos cráteres parasitos sin actividad actual, La



Olleta al Oeste y La Piraña al Este, que podrían representar domos abiertos por mecanismos de explosión. El Ruiz se ha construido en dos etapas: un volcán de tipo escudo, lavas, y un volcán moderno compuesto, lavas y piroclastos formado sobre el anterior desde hace unos 500.000 años.

Desde la época de la conquista el Ruiz ha presentado erupciones registradas en los años: 1595, 1828, 1829, 1832, 1833, 1845 y 1985 de las cuales la primera y las dos últimas han sido las más violentas, pues provocaron deshielo y flujo de lodo asociados que alcanzaron a llegar hasta los ríos Magdalena y Cauca ocasionando numerosas pérdidas de vidas humanas y cuantiosos daños.

Desde 1845 hasta finales de 1985 el Cráter Arenas había presentado actividad fumarólica como la sísmica relacionada a un evento volcánico. En vista de ello INGEOMINAS, con la colaboración de ISA, Universidad Nacional, CHEC y el Instituto Geofísico de los Andes, instaló en Julio de 1985 una red de cuatro microsismógrafos portátiles con el fin de estudiar de manera más detallada el comportamiento sísmológico del volcán.

El 11 de septiembre de 1985 se presentó una emisión fuerte de cenizas que cubrió parte del casquete nevado y como consecuencia posterior ocurrieron pequeños flujos de lodo en los ríos Azufrado y Cualí. Teniendo en cuenta la alarma general suscitada, diversas entidades públicas y privadas solicitaron al Gobierno Nacional la realización de investigaciones para evaluar las posibilidades de una erupción de mayor magnitud



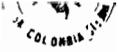
y los riesgos que ésta pudiese representar para el área de influencia y para tal efecto el Ministro de Minas y Energía, doctor Iván Duque Escobar, comisionó al INGEOMINAS para coordinar un comité técnico encargado de evaluar el estado de actividad del volcán y elaborar el Mapa de Riesgo Volcánico.

La elaboración del Mapa de Riesgo Volcánico Potencial del Nevado del Ruiz se inició el 20 de Septiembre y la versión inicial, escala 1:50.000 fue entregada el 7 de Octubre a las autoridades involucradas en la emergencia. Conjuntamente con la elaboración del mapa de riesgo se efectuaron labores de vigilancia tales como sismología, geodesia, geoquímica y observación visual, básicas para la predicción de una erupción volcánica.

Con posterioridad a la entrega del mapa preliminar se elaboró el Mapa de Riesgo Volcánico Potencial, escala 1:100.000, conservando la misma precisión del anterior pero modificado debido al mejor reconocimiento de campo y atendiendo las sugerencias hechas por los expertos internacionales de UNESCO, Italia y Alemania que se hicieron presentes en el área.

El 13 de Noviembre una erupción freato-magmática produce caída de cenizas y flujo piroclástico con flujos de lodo catastróficos relacionados que ocasionaron numerosos muertos y pérdidas económicas incalculables.

A partir de esta fecha con la colaboración internacional se implementó



el Observatorio Vulcanológico de cuyo manejo se ha encargado al INGENIEROS MINAS.



2. LA ACTIVIDAD VOLCANICA Y SUS CONSECUENCIAS

Las erupciones volcánicas son uno de los fenómenos naturales más temidos, pero como todos estos impredecibles. Mitos, leyendas y crónicas hablan de su poder destructivo y el registro geológico muestra que los procesos volcánicos han sido continuos a través de la historia de la tierra y que continúan actualmente a menudo con efectos profundos sobre bienes y vidas humanas.

El material fundido que se produce en la corteza terrestre se denomina magma y está constituido por una mezcla de silicatos que contiene gases disueltos y algún material cristalizado en suspensión. Cuando este material se desplaza hacia la superficie, disminuye la presión confinante y esto permite que los gases empujen el magma hacia arriba y a través del conducto volcánico. La magnitud de la erupción estará determinada por la cantidad y tasa de efervescencia de los gases y por la viscosidad del magma.

Las erupciones varían en magnitud y duración no solo de un volcán a otro sino también en el mismo volcán. La frecuencia de éstas también es variable, desde volcanes que están casi continuamente en erupción hasta

aquellos cuya actividad se manifiesta en intervalos de cientos o aún miles de años.

Los volcanes de las grandes cordilleras de expansión o de islas medio-oceánicas producen, en general, lavas de baja viscosidad que fluyen fácilmente. En contraste, los volcanes de las zonas de subducción alrededor de algunos bordes continentales emiten lavas de alta viscosidad que tienden a superponerse una a otras para formar domos, o a formar flujos cortos bastante espesos. La alta viscosidad en este tipo de volcanes permite que se acumulen grandes presiones de gas, de tal manera que cuando éste es liberado se expande de manera explosiva y arrastra grandes cantidades de sólidos en suspensión. Por lo tanto, la composición y el contenido de gases en el magma controlarán la magnitud y tipo de erupción de un volcán.

Los volcanes afectan la actividad humana tanto en sentido positivo como negativo. Cualquier erupción volcánica, independiente de su magnitud, puede ser peligrosa para las personas localizadas en las cercanías del volcán o en las áreas de influencia de los procesos que se desarrollan como consecuencia de la erupción: flujos de lodo, avalanchas, etc. Sin embargo, durante los períodos de inactividad los volcanes atraen a las comunidades por la belleza del paisaje y por la fertilidad de los suelos. Gran número de personas y enormes inversiones pueden correr riesgos cuando ocurre una erupción.

La mayoría de las erupciones están precedidas por signos premonitorios, que sí son reconocidos y entendidos podrían avisar con tiempo los eventos inminentes. En la mayoría de los casos estos signos son complejos y demandan un estudio detallado y cuidadoso antes de ser interpretados correctamente. Muchas catástrofes pueden ser causadas por erupciones cuyos primeros síntomas fueron ignorados, no reconocidos o no entendidos.

Cada volcán tiene su propio comportamiento y por éllo es esencial conocer su historia, la frecuencia y magnitud de sus erupciones y entender los procesos que los dominan. No se pueden abandonar todos los asentamientos sujetos a amenaza volcánica, lo que es importante es aprender a vivir con ellos de la manera más segura posible.

Los productos de las erupciones volcánicas pueden agruparse de acuerdo al tipo de material expulsado y a su medio de transporte desde la fuente al sitio de depositación. Estos productos son flujos de lava, flujos piroclásticos, caída de cenizas y emisiones de gas. Sin embargo, existen otros fenómenos relacionados a las erupciones volcánicas y que en muchos casos han causado más destrucción o producido más muertos que los productos de la misma erupción. Estos fenómenos son: agrietamiento del suelo, subsidencia, avalanchas de escombros, flujos de lodo (lahares), fusión de glaciares, terremotos volcánicos y maremotos.



3. MAPA DE RIESGOS

Las erupciones volcánicas son uno de los más temibles fenómenos naturales por su potencia destructiva, su control prácticamente imposible y como todo fenómeno natural impredecible en el tiempo; su manifestación externa varía sustancialmente en magnitud y duración aún en el mismo volcán y contra sus manifestaciones más fuertes no existe protección diferente a la evacuación de los sitios amenazados. La historia de cada volcán es propia y única y permite deducir aproximadamente su futuro comportamiento y por lo tanto conocer que áreas podrían estar afectadas por determinado fenómeno para planear una situación de emergencia y evitar al máximo la pérdida de vidas y bienes.

Un mapa de riesgo volcánico establece con anticipación los lugares que puedan ser afectados por los distintos tipos de fenómenos derivados de una supuesta erupción, similar a las que haya presentado el volcán en consideración a su pasado más reciente. Es evidente, entonces que los costos y problemas sociales derivados de una evacuación colectiva pueden ser reducidos enormemente mediante el uso adecuado del mapa de riesgo volcánico.



Es de anotar que a medida que se tenga un conocimiento más preciso del comportamiento del volcán, se irán modificando los parámetros considerados para la evaluación de las zonas de riesgo, de la probabilidad que en determinado tipo de fenómeno volcánico ocurra y de su magnitud. También cada nuevo ciclo de actividad volcánica producirá modificaciones e introducirá nuevos parámetros a considerar en la elaboración del mapa de riesgo. Por lo tanto este tipo de mapa debe tomarse como una base que se irá modificando y revaluando su impacto a través del tiempo pero que siempre se tendrá como punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con el comportamiento del volcán y para un desarrollo apropiado de la infraestructura del área.

4. ACTIVIDADES DEL OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA

El objeto primordial de un observatorio vulcanológico es el monitoreo de un volcán de tal forma que conociendo su comportamiento histórico y comparándolo con la actividad actual, permita con la debida anticipación prevenir a la población que pudiese estar afectada en el momento de una erupción.

Para que una institución tenga éxito se requiere estructura, planeación, implementación, responsabilidad y dedicación del personal asignado y en estos aspectos un observatorio vulcanológico no es diferente a otras instituciones. Además, estos requieren por excelencia lograr esto ya que de sus servicios dependen vidas, propiedades, comercio y en muchos casos la estabilidad civil-política.

En comparación con otras organizaciones, los observatorios vulcanológicos son relativamente simples, pues conociendo el mapa de riesgos del área involucrada, estos pueden suministrar un buen soporte con 3-4 científicos que dirijan y conformen un grupo técnico de 10-15 personas para monitorear el volcán.

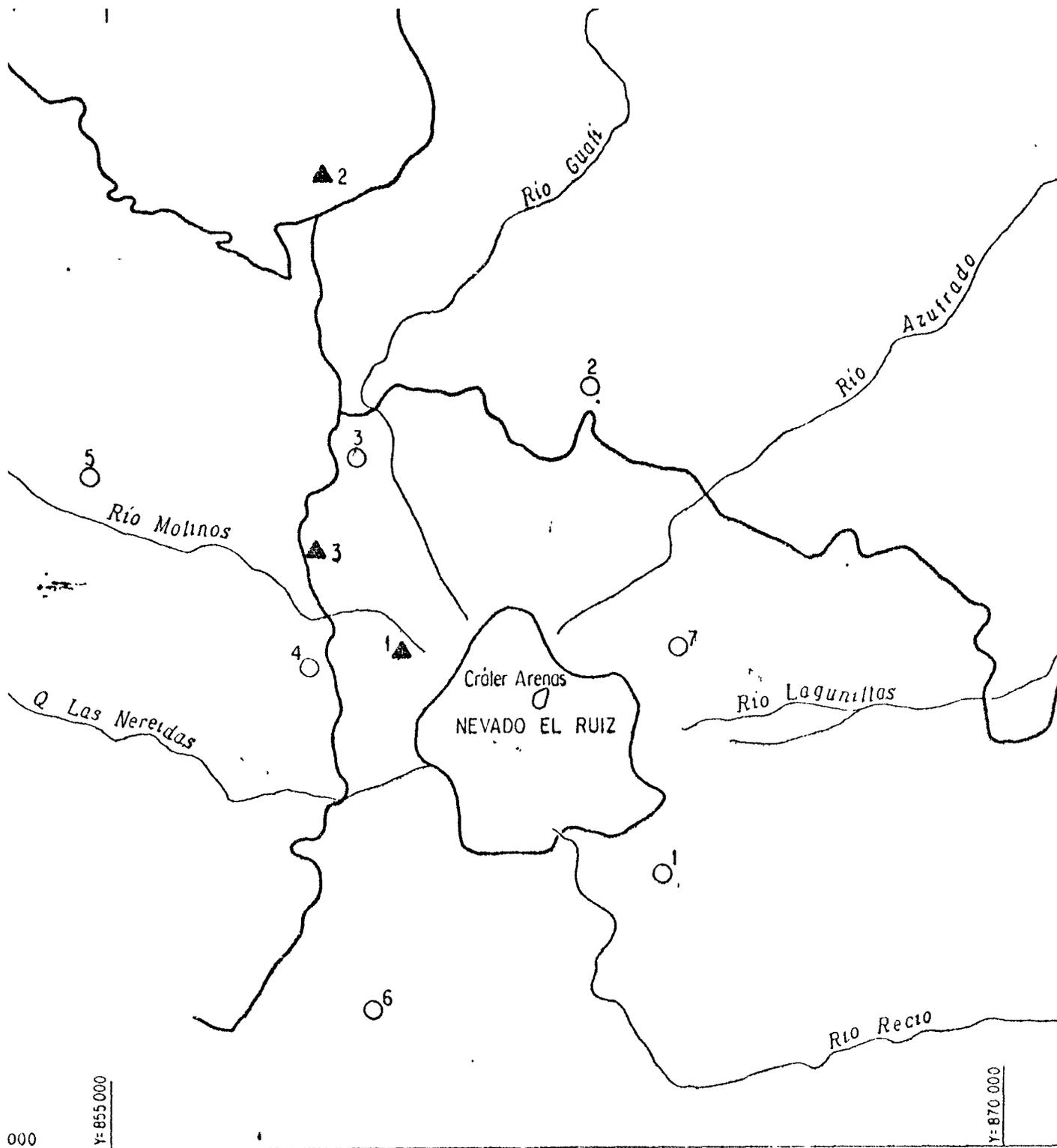


Después de la erupción del 13 de Noviembre de 1985, la constitución del Observatorio Vulcanológico oficializó el grupo de trabajo que había venido trabajando en el área, especialmente en la elaboración del Mapa de Riesgo Volcánico Potencial, y que pertenecen a distintas entidades. Las actividades que actualmente se desarrollan están encaminadas fundamentalmente a la vigilancia y monitoreo del Volcán Nevado del Ruiz.

4.1. SISMOLOGIA

Las personas que integran este grupo están encargadas de investigar la actividad sísmica del Volcán-Nevado del Ruiz; para éllo cuentan con una red de 10 estaciones sismográficas, situadas sobre el edificio volcánico, alrededor del crater Arenas o Cumanday (Figura 1). Siete de estas estaciones son telemétricas y tres portátiles.

El objetivo primordial de las labores sismológicas es identificar las diferentes señales detectadas por los sismómetros y registradas por los graficadores, para interpretarlas y reconocer, en esta forma, los fenómenos que las causan. Tales fenómenos se presentan tanto dentro como fuera de la zona volcánica. Los internos son movimientos del magma y gases acumulados en la cámara magmática que, a su vez, producen movimientos de las partes sólidas (rocas), que conforman el cono volcánico. Los externos son el resultado de actividad tectónica regional y global, fuera de la red; fenómenos atmosféricos como lluvia, vientos y tormentas eléctricas; actividad antrópica tal como personas caminando cerca de los sismómetros, vehículos terrestres y aéreos, explosiones e



RED
EMETRICA

- 1 - Recio
- 2 - Rubi
- 3 - Inderena
- 4 - La Olieta
- 5 - Tolda Fría
- 6 - Cisne
- 7 - Piraña

CAMPO

- 1 - Refugio
- 2 - Herradura

INGEOMINAS

LOCALIZACION DE SISMOGRAFO

Por OBSERVATORIO VULCANOLOGICO
DE COLOMBIA

Dibujó Nora Hernánde

interferencias de radio. Las Figuras 2, 3, 4 y 5 muestran los diferentes tipos de señales registradas por la red sísmica instalada en el Nevado del Ruiz.

Identificados, en el tiempo y en el espacio, los fenómenos que causan las señales, se podría obtener una aproximación al comportamiento del volcán, para pronosticar, con un buen margen de seguridad y de anticipación, la presencia de eventos volcánicos que puedan causar daños a la comunidad que habita en el área de influencia del Ruiz. Para la localización de los sismos se utiliza el programa HYPO 71, en un computador IBM ppc (Figura 6) o su equivalente COMPAQ.

Estas labores de sismología son atendidas las veinticuatro horas del día por geólogos del INGEOMINAS y estudiantes de geología e ingeniería civil de las Universidades de Caldas y Nacional de Manizales, respectivamente.

Diariamente se realiza una reunión evaluativa de la actividad sísmica, de las últimas veinticuatro horas, preparándose un informe sobre el particular, que se analiza junto con los resultados de las demás actividades de vigilancia, para determinar la evolución de la actividad volcánica y tomar previsiones hacia el futuro. Además sirve de base para presentar el comunicado diario a la comunidad.

El registro de sismología tiene la posibilidad de:

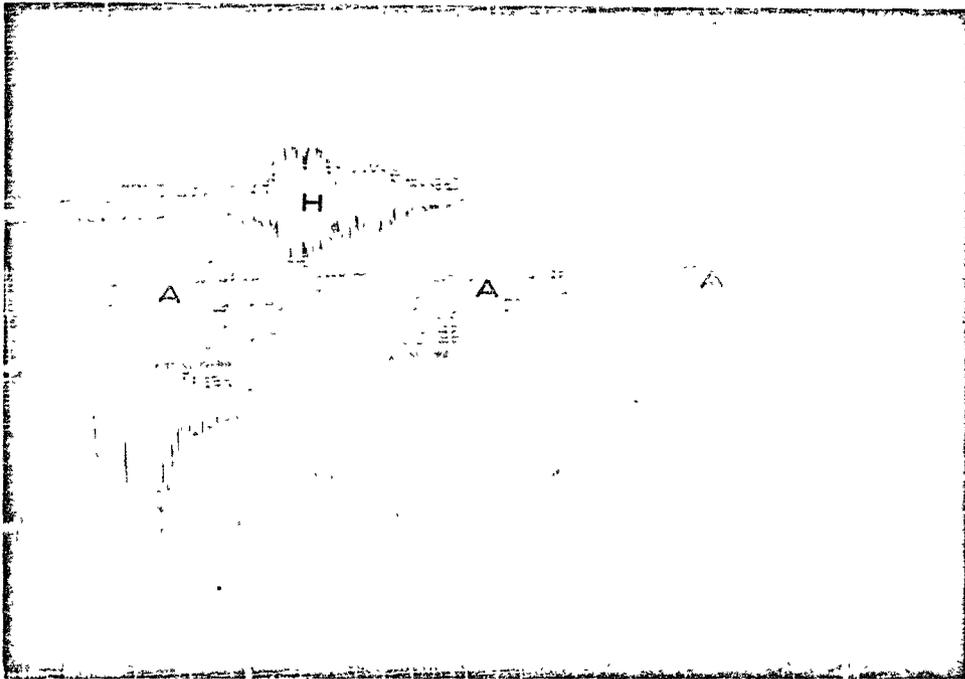


FIGURA 2. Señales de eventos regionales, negro; tectónicos locales, azul; ruidos de helicóptero H y de Auto A.

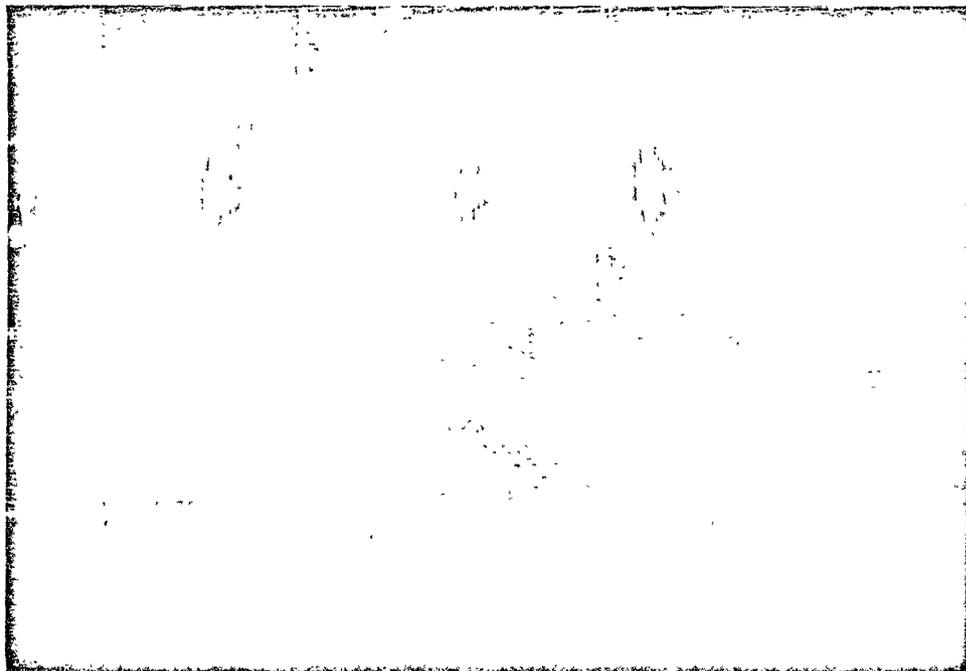


FIGURA 3. Señales de eventos de alta frecuencia, rojo; de baja frecuencia, amarillo.

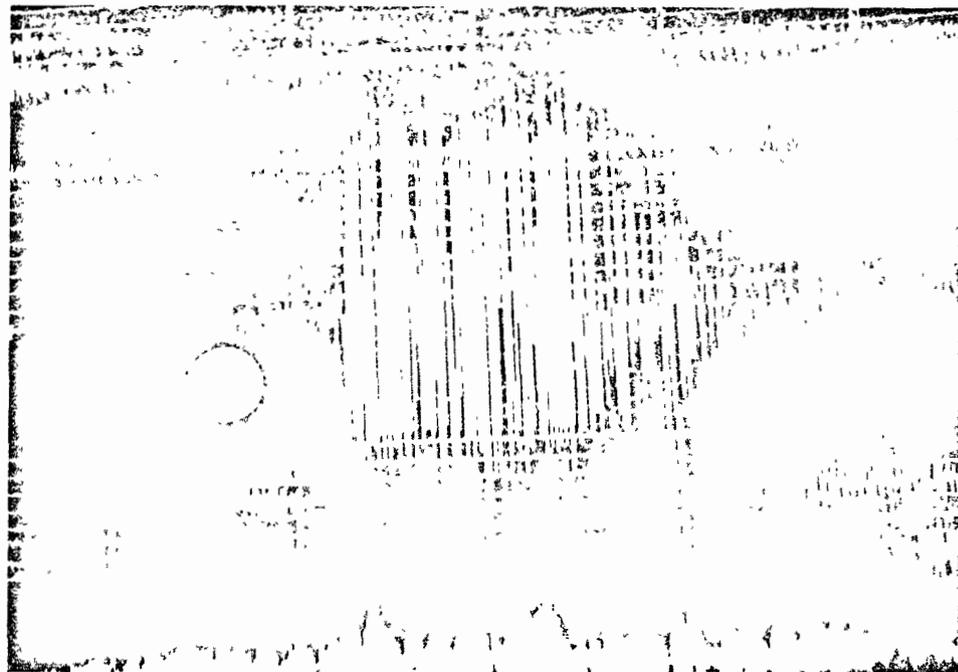


FIGURA 4. Evento de baja frecuencia, amarillo; telesismo, negro.

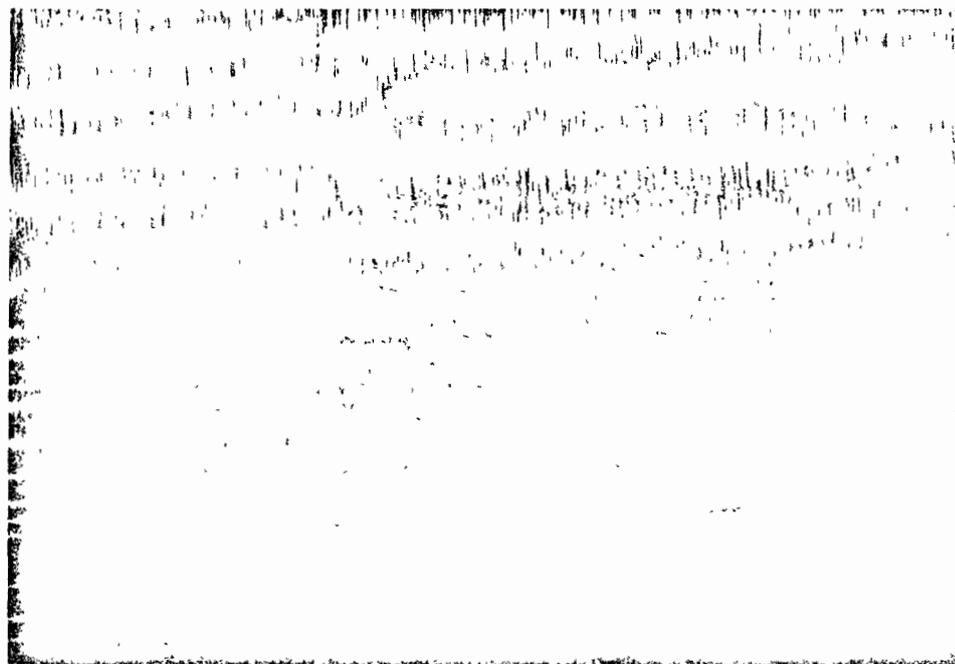


FIGURA 5. Tremor mostrando disminución de la amplitud en el tiempo.

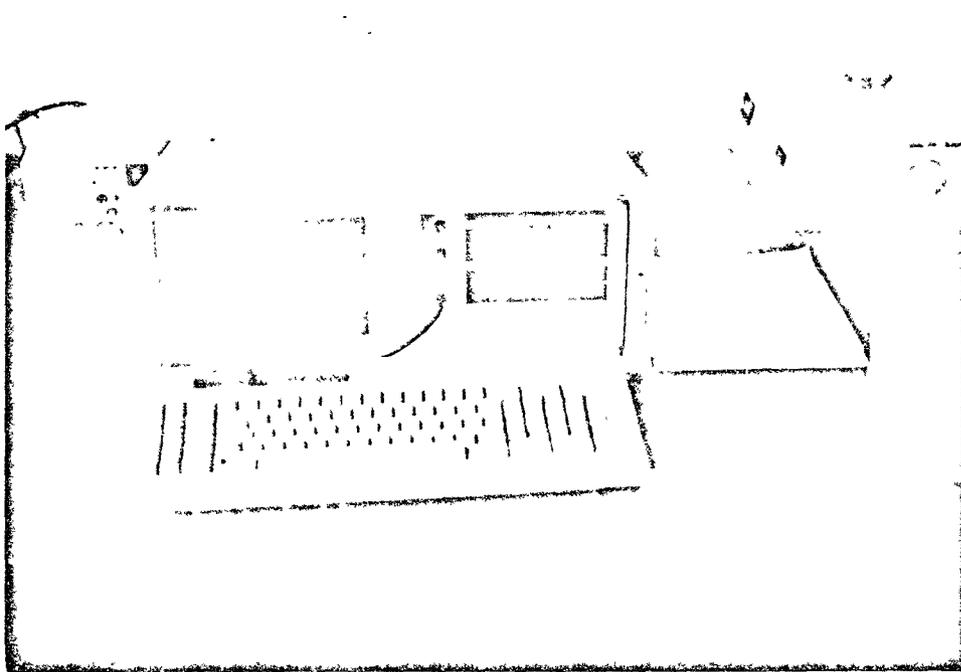


FIGURA 6. Computador IBM-PPC e impresora OKIDATA U92.

- Detectar cualquier tipo de actividad volcánica, en tiempo real;
- Prever los sucesos que se pueden presentar en la zona volcánica;
- Identificar los sitios en donde ocurren las perturbaciones, para hacer hipótesis sobre tamaño y ubicación de la cámara magmática y determinar el movimiento del magma, en términos de ascenso hacia

la superficie de la tierra o desplazamientos laterales.

4.1.1. Red telemétrica. Una estación sismográfica telemétrica consta de un sismómetro, instalado cerca al volcán, que envía su señal a través de ondas de radio a un graficador (Figuras 7, 8 y 9). Este sistema permite observar la actividad sísmica en el mismo momento en que se está produciendo. La red telemétrica consta de siete estaciones (Figura 1, Tabla 1); los sismómetros son de la casa MARK PRODUCTS INC modelo L-4 y los graficadores TELEDYNE GEOTECH Modelo RV-320 (sies) y SPRENGNETHER modelo MEQ-800.

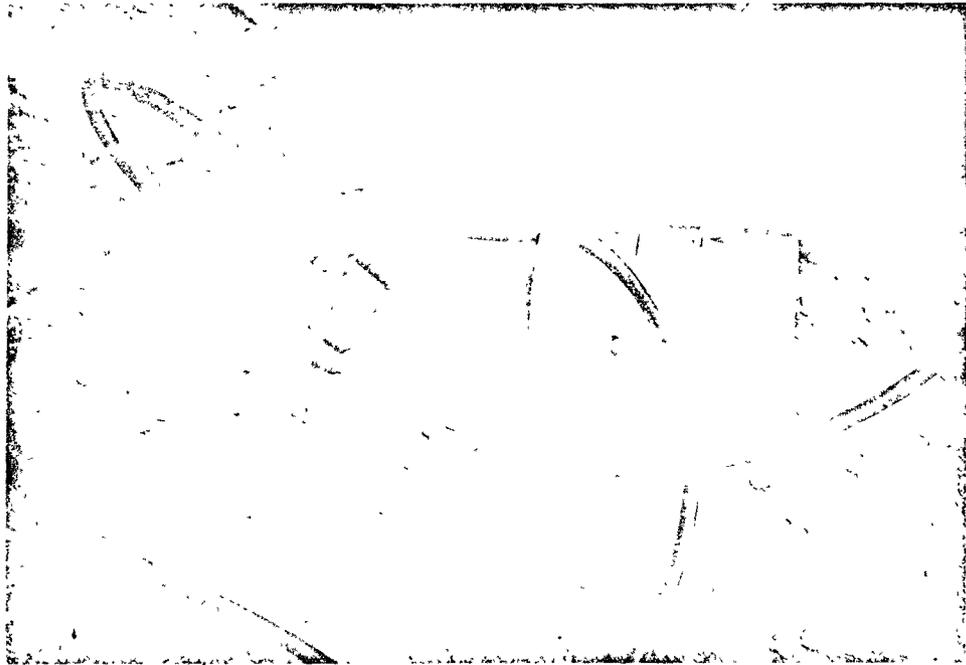
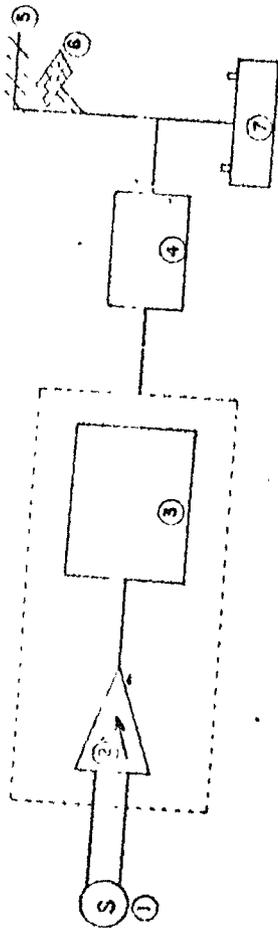
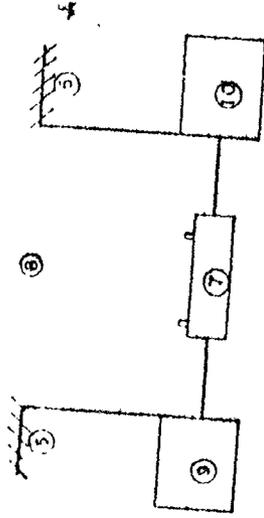


FIGURA 7. Sismómetro o sensor, que permite captar las ondas sísmicas, para transmitir las al graficador.

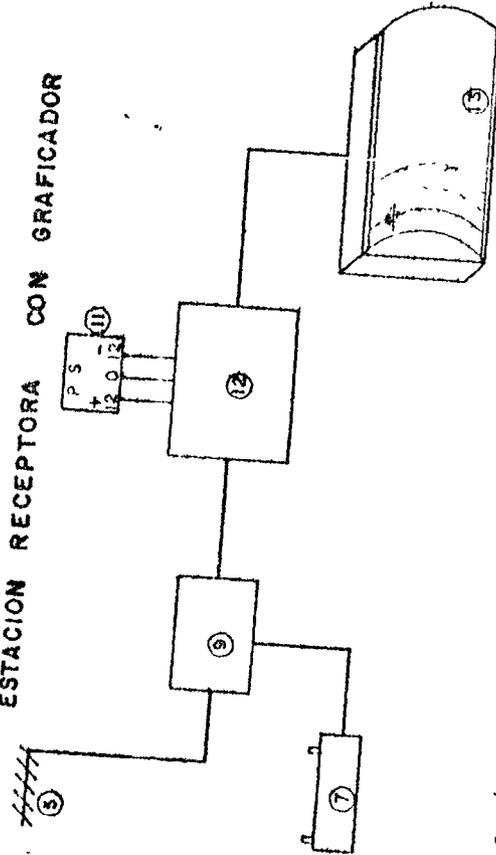
ESTACION TRANSMISORA



ESTACION REPETIDORA



ESTACION RECEPTORA CON GRAFICADOR



- 9 - Receptor (R X)
 - 10 - Transmisor (T X)
 - 11 - Fuente de alimentación
 - 12 - Discriminador Modelo J 10L, ± 15 Hz ± 4.05 , alimentado por una fuente de ± 12 V D.C.
 - 13 - Graficador
- R X y Graficador alimentado por batería de 12 V.D.C.

- 1 - Sismómetro Masa 1000 Grm
Frecuencia 1.0 Hz
Resistencia normalizadora 5300 \sim de 0.5 V/cm/seg
- 2 - Preamplificador Ganancia=90dB, atenuación de 0 a 49dB y Of a 30 Hz filtro
- 3 - V C Oscilador controlado por voltaje, $\pm 4.05V$ ± 15 Hz, ± 50 PPM/0°C
- 4 - T.X: Transmisor VHF ó UHF, 5 KHz ancho de banda
- 5 - Antena Yagui
- 6 - Panel Solar
- 7 - Batería Alimentada por 12 V.D.C y panel solar
- 8 - Estación Repetidora

INGEOMINAS	
OBSERVATORIO VOLCANOLOGICO DE COLOMBIA	
MACIZO VOLCANICO DEL RUIZ	
ESTACION SISMOLOGICA TELEMETRICA	
CONTIENE	DIBUJO
DISERO	CLARA INES RESTREPOV.
ALBERTO J. SUAREZ URIBE	FECHA
ESCALA	Fig. B de 28

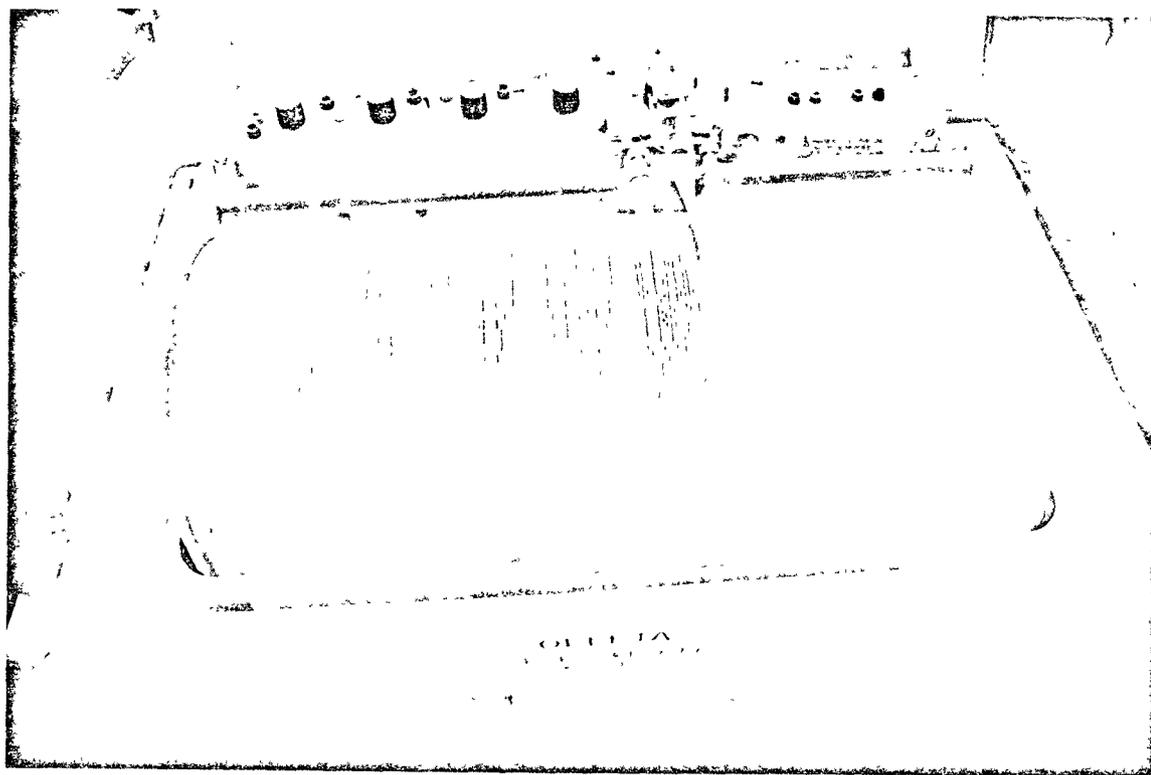


FIGURA 9. Graficador TELEDYNE GEOTECH modelo RV -320, del sensor de La Olleta, instalado en la sede del Observatorio.



TABLA 1. Ubicación de las estaciones sismológicas telemétricas en el Volcán Nevado del Ruiz.

Estación	Departamento	Distancia al cráter Cumanday
Rubí	Tolima	5,5 km al Norte
Piraña	Tolima	4,3 km al Noreste
Río Sucio	Tolima	4,5 km al Sureste
Cisne	Caldas-Tolima	6,4 km al Suroeste
La Olleta	Caldas	4,3 km al Oeste
Inderena	Caldas-Tolima	5,2 km al Noroeste
Tolda Fría	Caldas	10,1 km al Noroeste

4.1.2. Estaciones Portátiles. Las estaciones portátiles ubicadas en El Ruiz son tres (Figura 1, Tabla 2); tienen una configuración semejante a las telemétricas, pero sin el equipo transmisor-receptor de radio (Figura 10). Por esta razón sus registros son recogidos diariamente, en el campo. Tienen la ventaja de no registrar interferencias ni ruidos, producidos por la transmisión de la señal sísmica a través de ondas de radio. Estos sismogramas permiten una mejor ubicación de los sismos registrados y por tanto optimizar su localización espacio-temporal.

Los sismómetros y graficadores utilizados son de propiedad de



Interconexión Eléctrica "ISA".

TABLA 2. Estaciones sismográficas portátiles del Volcan Nevado del Ruiz

Estación	Departamento	Distancia al cráter Cumanday
Refugio	Caldas	2,6 km al Oeste
Aguacerales	Caldas-Tolima	5,0 km al Noroeste
La Herradura	Caldas	10,0 km al Noroeste

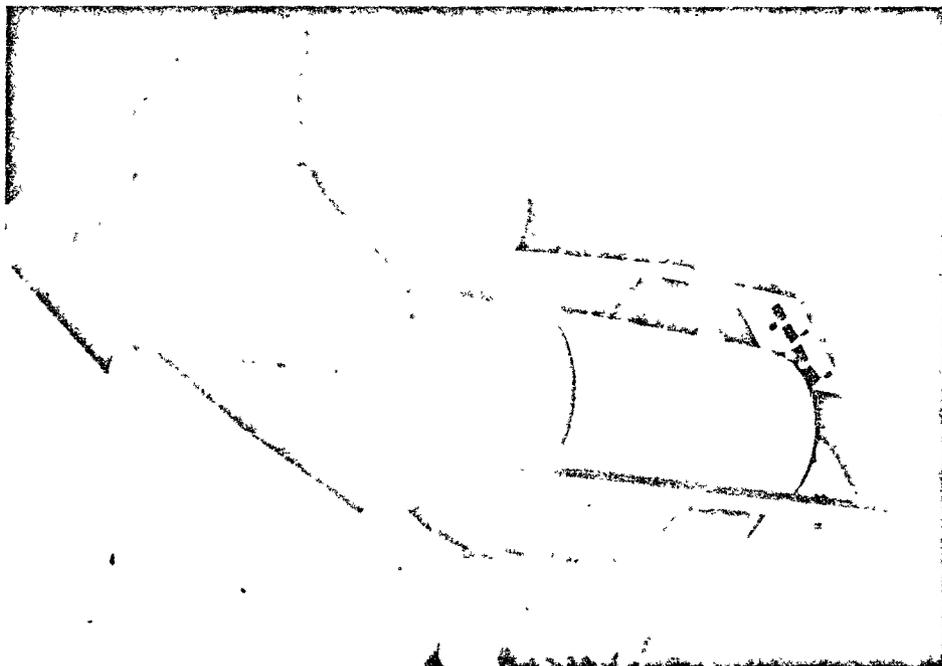


FIGURA 10. Estación Sismológica Portátil.

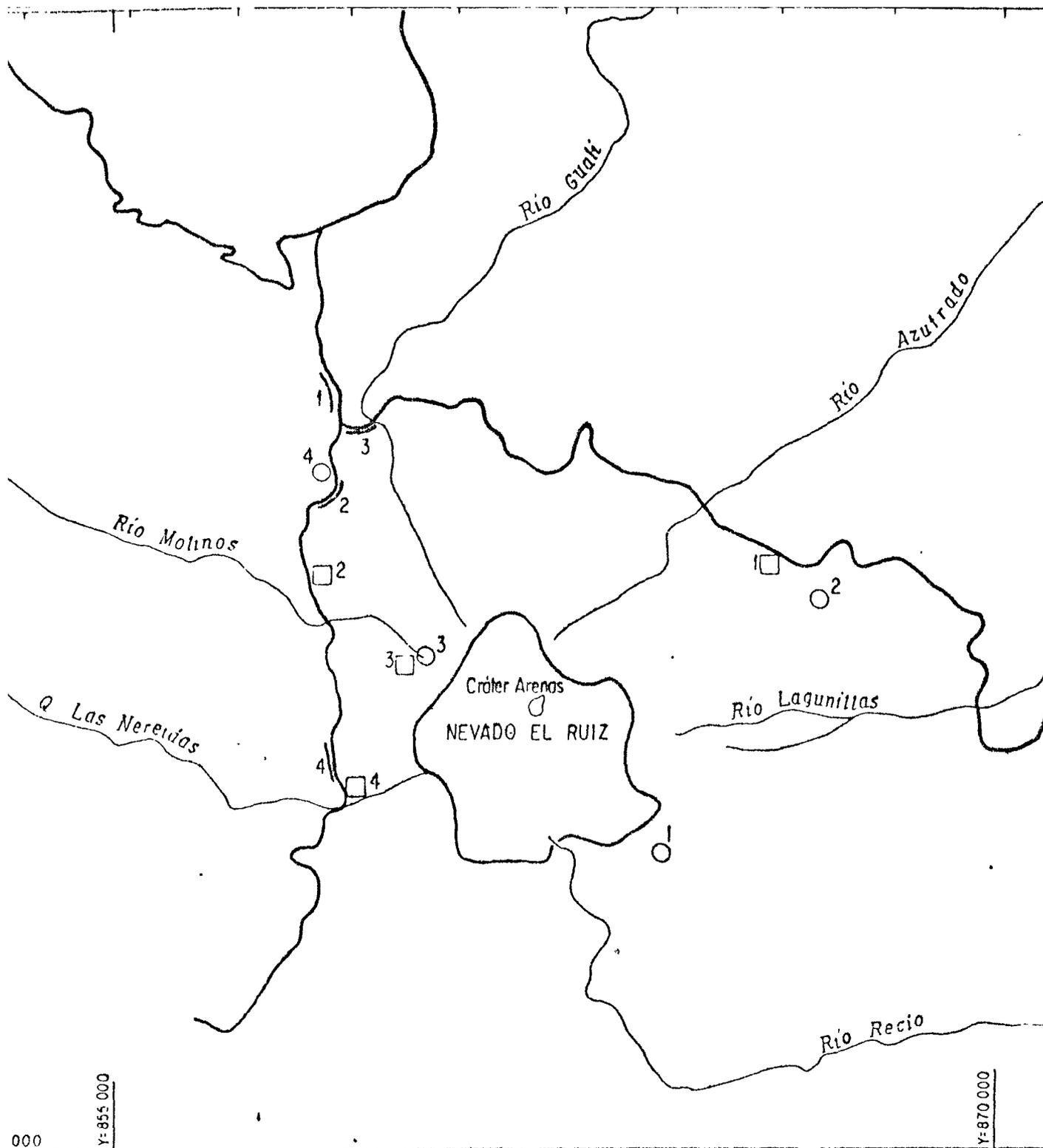


4.2 DEFORMACION

Tiene como objetivo detectar cambios en la morfología del aparato volcánico, como respuesta al ascenso del magma, desde el interior de la tierra. Estas deformaciones del terreno son del orden de algunos milímetros hasta metros y pueden ser verticales u horizontales; la interpretación de los movimientos inflacionarios o deflacionarios permitirá hacer cálculos sobre posible ubicación de la cámara magmática.

La deformación de una estructura volcánica puede ser analizada por diferentes sistemas (Figura 11).

4.2.1. **Inclinometría Electrónica.** Un inclinómetro es un nivel de burbuja, de alta precisión, que puede medir deformaciones angulares del orden de un microrradian. Las medidas de inclinación de la burbuja son convertidas en impulsos eléctricos, que se transmiten por ondas de radio al Observatorio Vulcanológico, de acuerdo con el esquema de la Figura 12. En la oficina los impulsos eléctricos son convertidos nuevamente en microrradianes para ser leídos, cada diez minutos, en la pantalla de un computador radio SHACK TRS 80 y, el promedio de cada hora, se escribe en una impresora radio SHACK TRP 100. Debido a que estos instrumentos miden la inclinación de sólo un punto en el terreno, se dificulta a veces la interpretación de los datos ya que puede proporcionar datos que corresponden sólo a dicho punto y no a toda la estructura volcánica.



ETRIA
INICA

- 1 - Recio
- 2 - Piraña
- 3 - Refugio
- 4 - Inderena

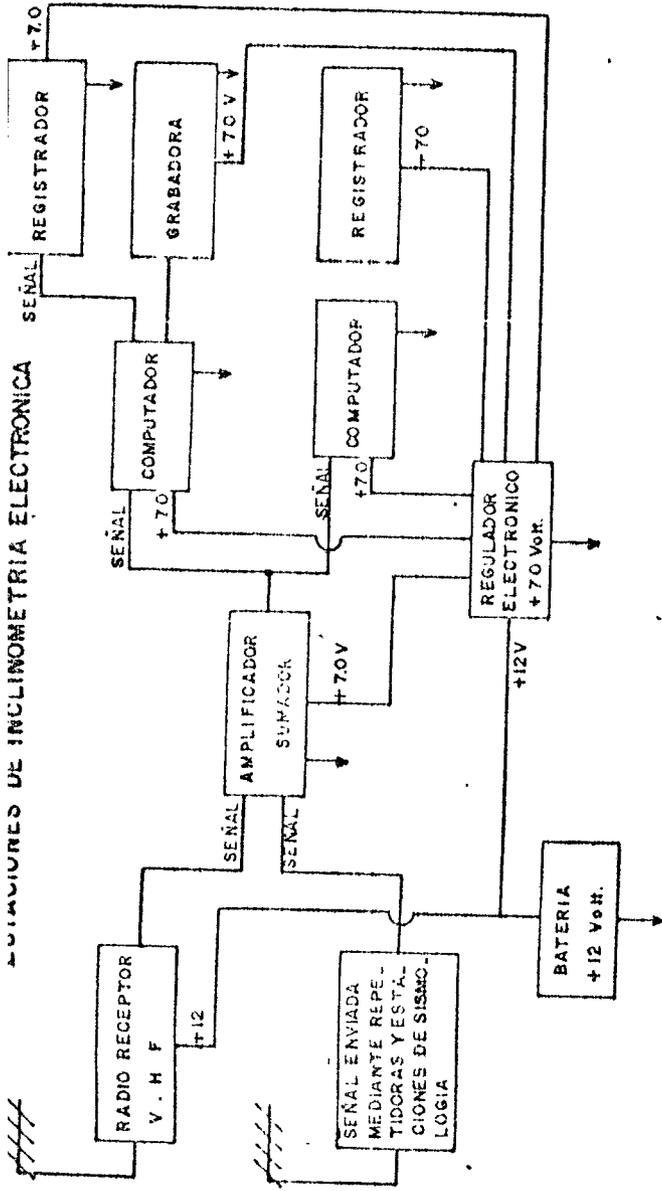
INCLINOMETRIA
SECA

- 1 - Piraña
- 2 - Molinos
- 3 - Refugio
- 4 - Nereidas

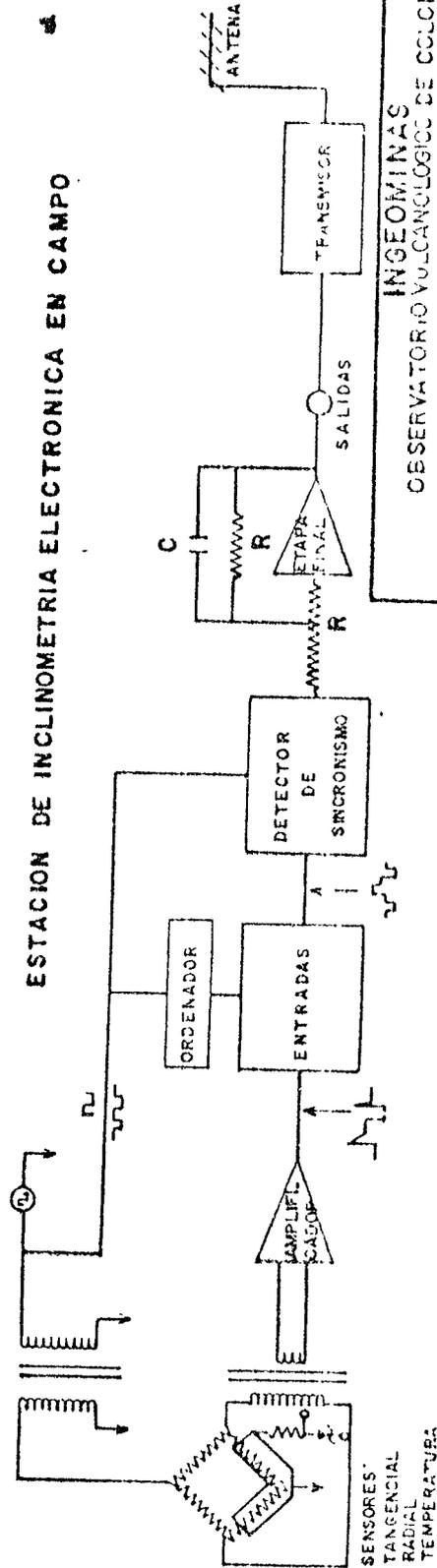
VECTORES DE | 1 - Brisas | 3 - Guait

INGEOMINAS	
ESTUDIOS DE DEFORMACION	
Por OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA	Dibujó Nora Hernández

SEÑALES DE INCLINOMETRIA ELECTRONICA



ESTACION DE INCLINOMETRIA ELECTRONICA EN CAMPO



INGEOMINAS	
OBSERVATORIO VOLCANOLOGICO DE COLOMBIA	
MACIZO VOLCANICO DEL RUIZ	
CONTIENE	
DISEÑO	DIBUJO
ALBERTO J SUAREZ URIBE	CLARA INES RESTREPO V
ESCALA	FECHA
	ABRIL 1986

ESTACION INCLINOMETRIA ELECTRONICA TELEMET

F. 12



En la zona del Volcán-Nevado del Ruiz se han instalado dos inclinómetros electrónicos WESTPHAL, del Servicio Geológico de Estados Unidos (Figura 11; Tabla 3) y dos SPERRY de la Federación de Cafeteros de Caldas.

TABLA 3. Ubicación de las estaciones de inclinometría electrónica del Volcán-Nevado del Ruiz.

Estación	Departamento	Altura sobre el nivel del mar
Refugio	Caldas	4.800 metros
Inderena	Caldas-Tolima	4.200 metros
Piraña	Tolima	4.200 metros
Recio	Tolima	4.600 metros

Las estaciones telemétricas de inclinometría se detectan, en el campo, por la presencia de la antena, ya que el aparato está localizado bajo tierra, dentro de un recipiente que lo protege de la humedad.

4.2.2. Inclinometría seca. El sistema de medidas de deformación, que recibe este nombre, consiste en la nivelación de precisión de un plano, materializado en el terreno en forma de triángulo isósceles de 40 metros de lado; sin embargo cualquier otra figura geométrica puede ser utilizada para tal fin.



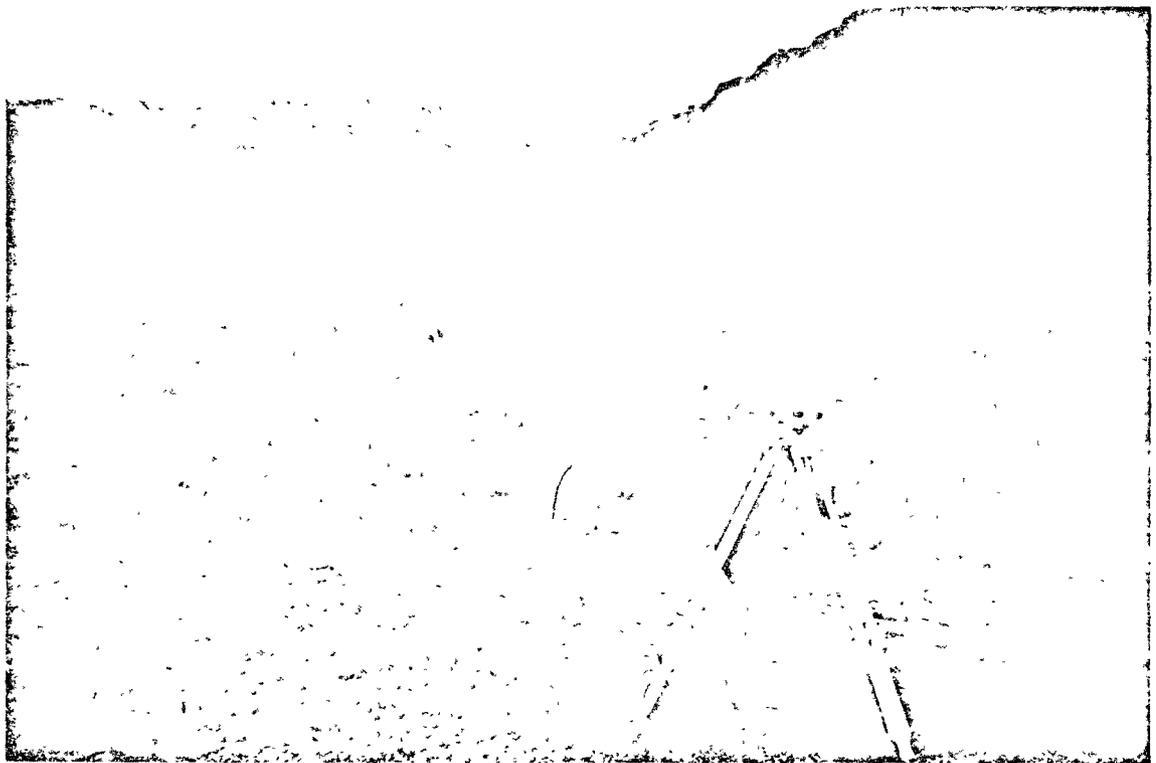
Esta nivelación exige altísima precisión (centésimas de milímetro) y se hace, por lo menos, dos veces por semana. Las estaciones se muestran en la Figura 11 y su ubicación se detalla en la Tabla 4. Adicionalmente se estudia la ubicación de dos nuevas estaciones en Billar y Recio, Departamento del Tolima, para cerrar la red.

TABLA 4. Ubicación de las estaciones de inclinometría seca en los alrededores del Volcán-Nevado del Ruiz.

Estación	Departamento	Altura sobre el nivel del mar
Refugio	Caldas	4.800 metros
Molinos	Caldas	4.200 metros
Nereidas	Caldas	4.400 metros
Piraña	Tolima	3.800 metros

Las medidas se efectúan con un nivel WILD NK2, al que se le adapta un micrómetro WILD GPM 3, y miras invar de 2 metros de longitud (Figuras 13, 14, 15 y 16).

4.2.3. Perfiles de nivelación. En este método se utiliza nivelación de primer orden, también de altísima precisión. Estas mediciones se



FIGURAS 13 y 14. Estación de inclinometría seca de la Piraña. El acceso a esta estación se hace por helicóptero. Al fondo en tono gris productos de la erupción del 13-XI-85.

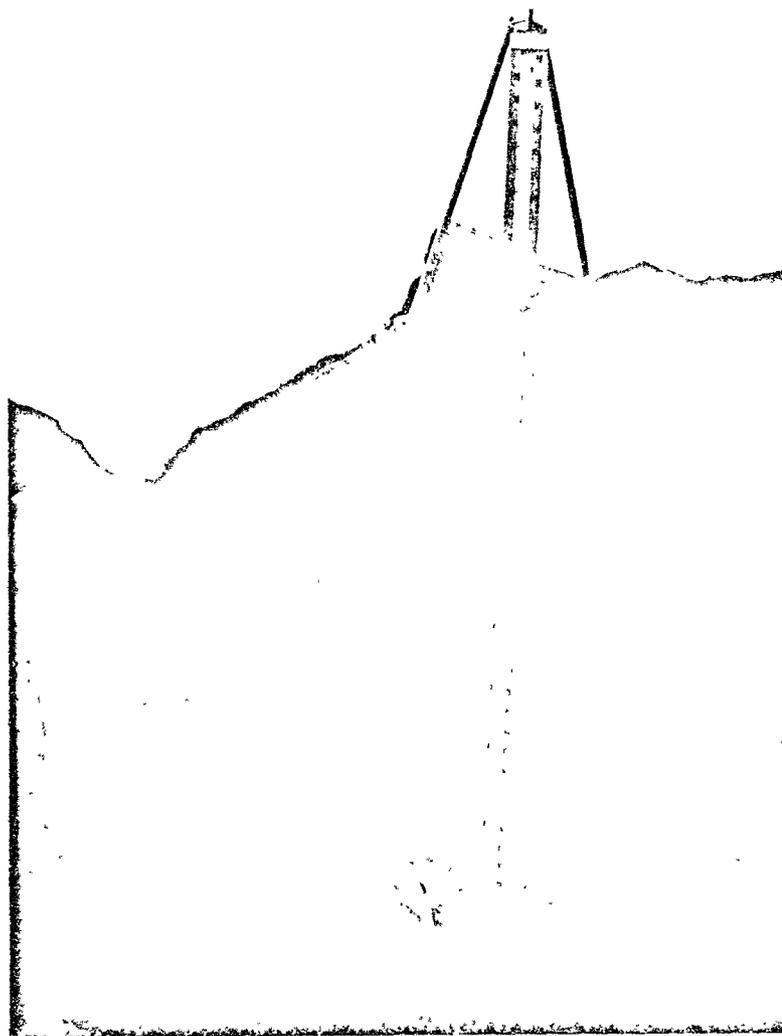


FIGURA 15. Labores de inclinometría seca. Detalle de las miras de invar.

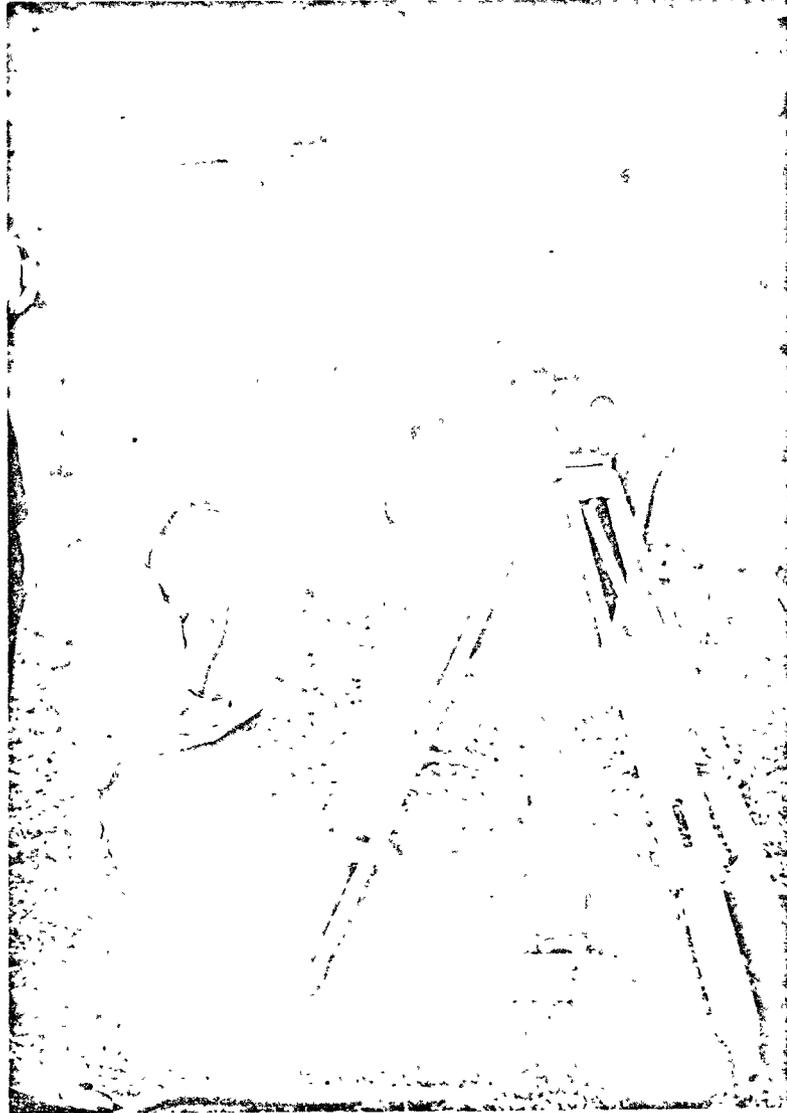


FIGURA 16. Labores de inclinometría seca en la Estación Piraña. Lectura del nivel y anotación de datos.



realizan en tramos cortos y rectos, escogidos en forma radial o tangencial a la estructura del volcán, con una longitud que varía entre 150 y 600 metros.

Se utiliza el mismo equipo de inclinometría seca; los tramos se muestran en la Figura 11 y la Tabla 5.

TABLA 5. Ubicación de los perfiles de nivelación en el volcán Nevado del Ruiz.

Tramo	Tipo	Longitud	Distancia al cráter
Brisas 1	Radial	552 m	6,0 kilómetros
Brisas 2	Radial	268 m	6,0 kilómetros
Aguacerales	Radial	264 m	3,0 kilómetros
Gualí	Transversal	320 m	4,0 kilómetros
Olleta	Radial	175 m	3,5 kilómetros

4.2.4. Medidas electrónicas de deformación -EDM. Las iniciales EDM provienen del término en inglés "Electronic Deformation Measurements". Estas medidas se realizan, en lo posible, diariamente y pretenden establecer el cambio de longitud que se puede dar entre sitios determinados, bases en las que se arma el instrumento de medición, y prismas de



reflexión, ubicados en diferentes sitios alrededor del volcán y del cráter Cumanday (Figura 17; Tabla 6).

Además se buscará, con estas medidas, deformación del edificio volcánico, se mide el movimiento de los glaciares y la evolución de grietas y fracturas alrededor del cráter.

Esta actividad requiere el uso de helicóptero para llegar a las bases de medición. Desde allí se acciona un geodímetro KEUFFEL & ESSER modelo Ranger V-A, que emite un haz de rayos laser el cual se refleja en retroreflectores Lightweight de 2,5 pulgadas de apertura, fabricados por Lapping & Optical Co. INC (Figuras 18, 19, 20 y 21). Para distancias cortas, menores de 3 km, se tiene un distanciometro LIETZ/SOKKISHA SDM 3E.

Para complementar la red de medidas de EDM se ubicarán nuevas bases al Sur del río Recio, en el Departamento del Tolima, y cerca del río Molinos, en el Departamento de Caldas.

TABLA 6. Líneas y reflectores para las mediciones de EDM en el Volcán Nevado del Ruiz.

Reflector	Línea N° 1. - Arbolito I (Altura 3.950 m)		
	Altura	Distancia a la base	Posición
Back	3.825 m	2.599 m	Atrás
Rock	3.840 m	3.679 m	Adelante
Sand	4.250 m	4.691 m	Adelante



Reflector	Altura	Distancia a la base	Posición
Snow	4.772 m	6.985 m	Adelante
New Road	4.375 m	6.693 m	Adelante
Refugio	4.825 m	7.764 m	Adelante
New Rim	5.180 m	9.151 m	Adelante
Cima	5.210 m	9.266 m	Adelante
Slump	5.180 m	9.365 m	Adelante
IGAC	3.796 m	10.419 m	Atrás
Olleta 1	4.876 m		Adelante

Línea N° 2. -Cisne (Altura 4.325 m)

Ridge	4.025 m	3.655 m	Atrás
Lava	4.580 m	2.430 m	Adelante
Glacier	5.075 m	4.209 m	Adelante
Chente	4.340 m	1.693 m	Adelante
Olleta 2	4.875 m	3.355 m	Adelante
Potosí	3.750 m	7.717 m	Atrás

Línea N° 3 -Azufrado (Altura 4.005 m)

Base	4.475 m	5.480 m	Adelante
Slip	5.130 m	6.829 m	Adelante
New Rim	5.180 m	6.775 m	Adelante
Martica	5.030 m	6.695 m	Adelante
Finger	5.000 m	6.655 m	Adelante

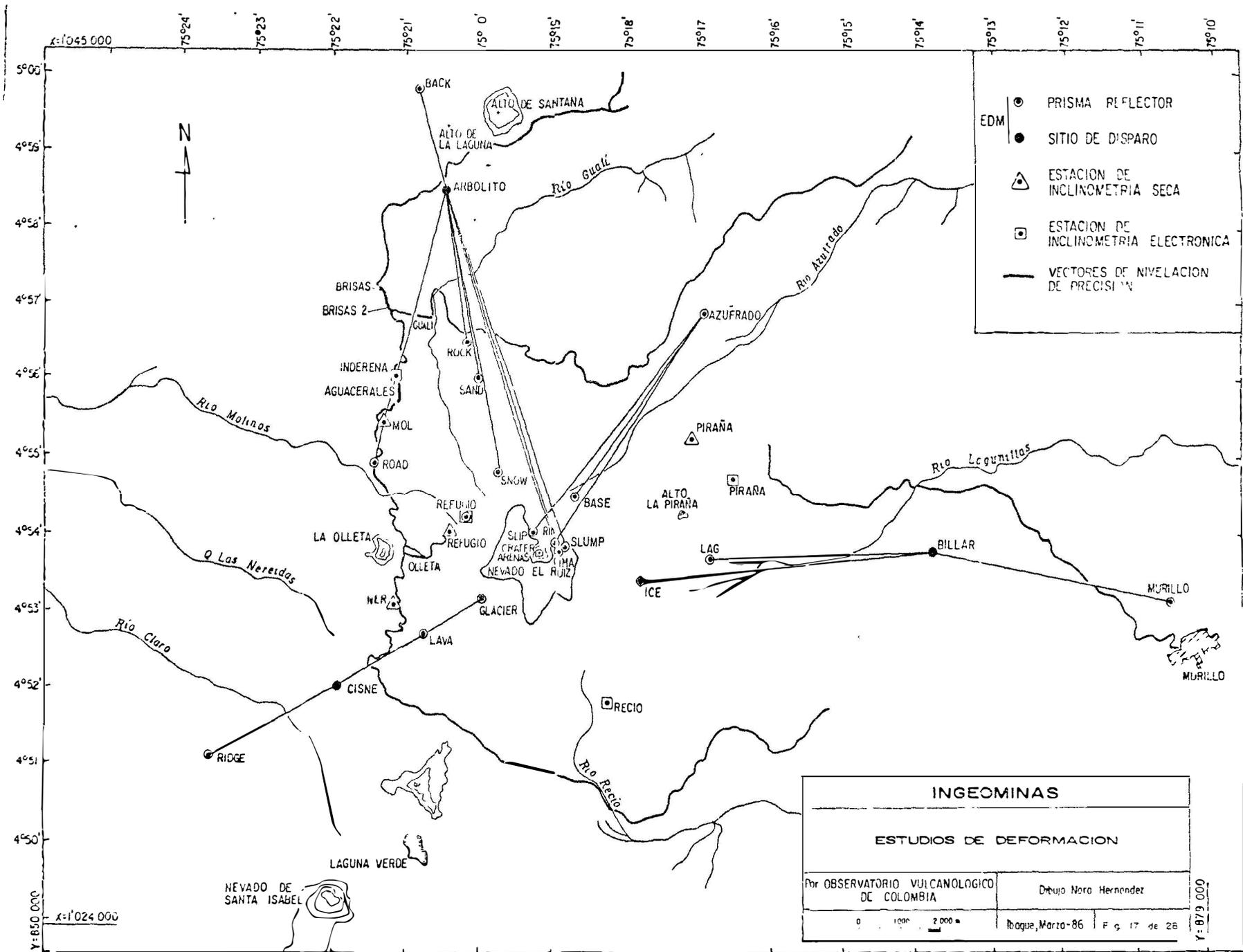
 Línea N° 4 -Billar (Altura 3.600 m)

Reflector	Altura	Distancia a la base	Posición
Murillo	3.050 m	6.137 m	Atrás
Lagunilla	3.960 m	5.328 m	Adelante
Ice	4.760 m	7.243 m	Adelante

Línea N° 5 -Arbolito II (Altura 3.900 m)

Back	3.825 m	2.546 m	Atrás
Rock	3.840 m	3.729 m	Adelante
Sand	4.250 m	4.737 m	Adelante
Snow	4.772 m	7.095 m	Adelante
New Road	4.375 m	6.554 m	Adelante
Refugio	4.825 m	7.771 m	Adelante
New Rim	5.180 m	9.258 m	Adelante
Ima	5.210 m		Adelante
Siump	5.180 m		Adelante
IGAC	3.796 m	10.334 m	Atrás
Olleta 1	4.876 m		Adelante

Línea N° 6 -Recio (Altura 4.200 m)



INGEOMINAS	
ESTUDIOS DE DEFORMACION	
Por OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA	Dibujo Nora Hernandez
0 1000 2000 m	Boaque, Marzo-86 F. 17 de 28

1:879 000

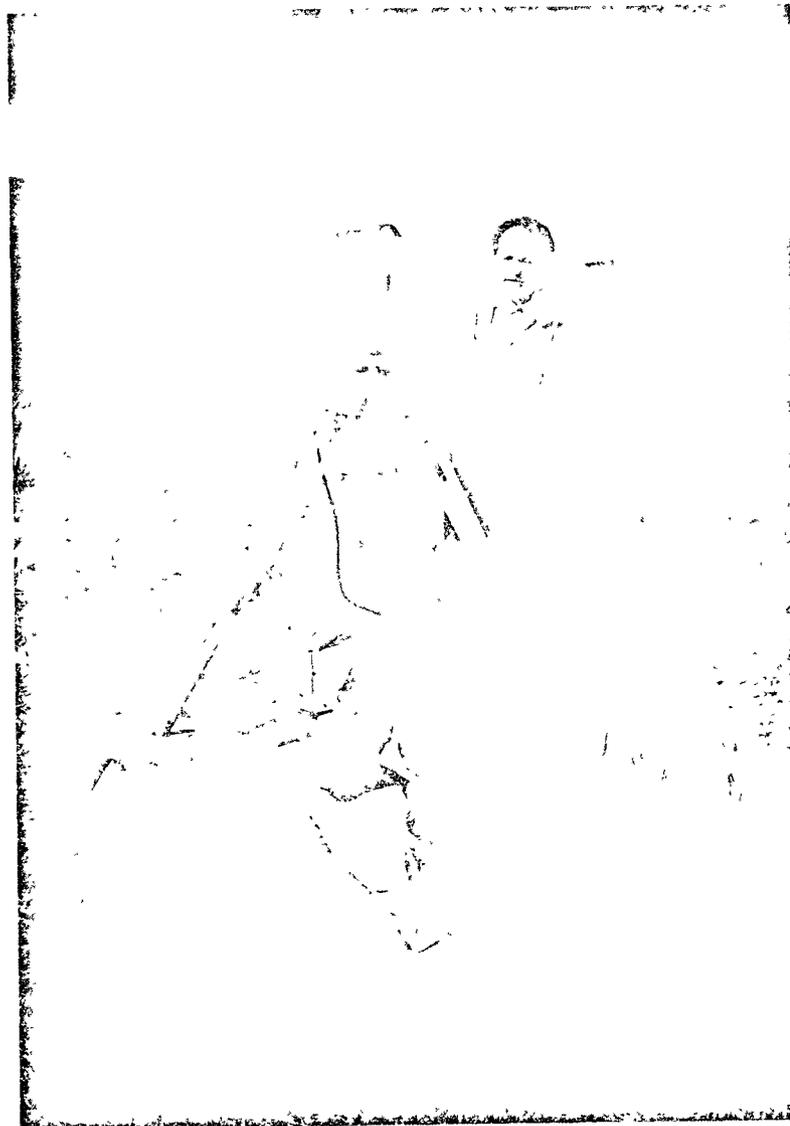


FIGURA 18. Equipo de EDM

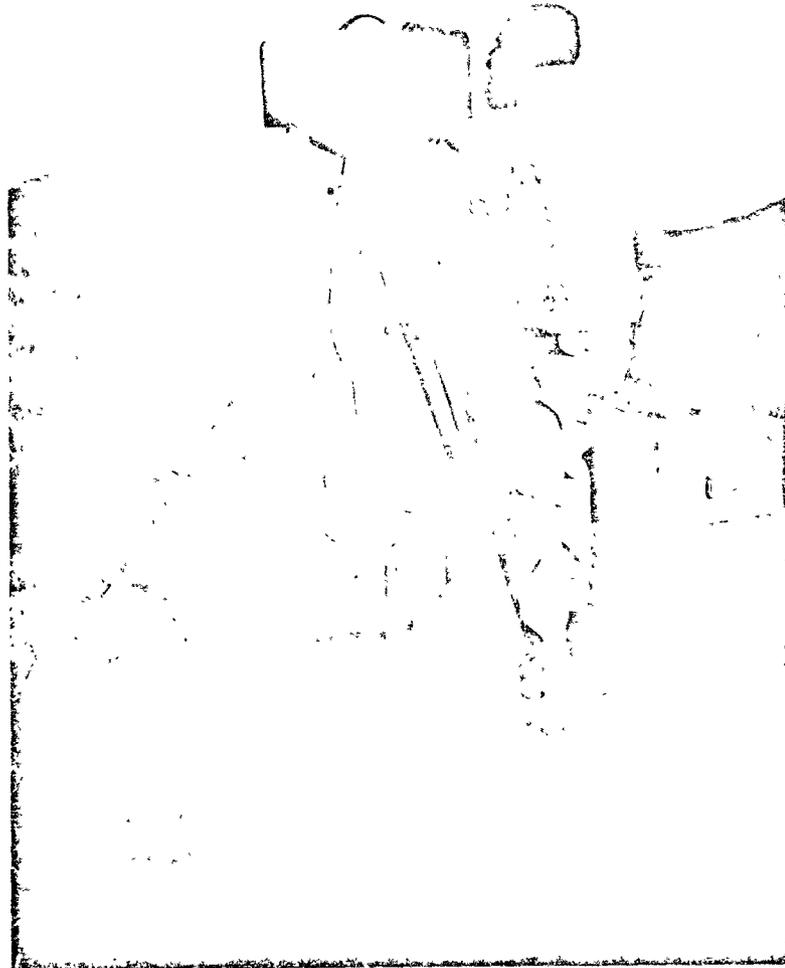


FIGURA 19. Equipo de EDM emitiendo el haz de rayos laser.

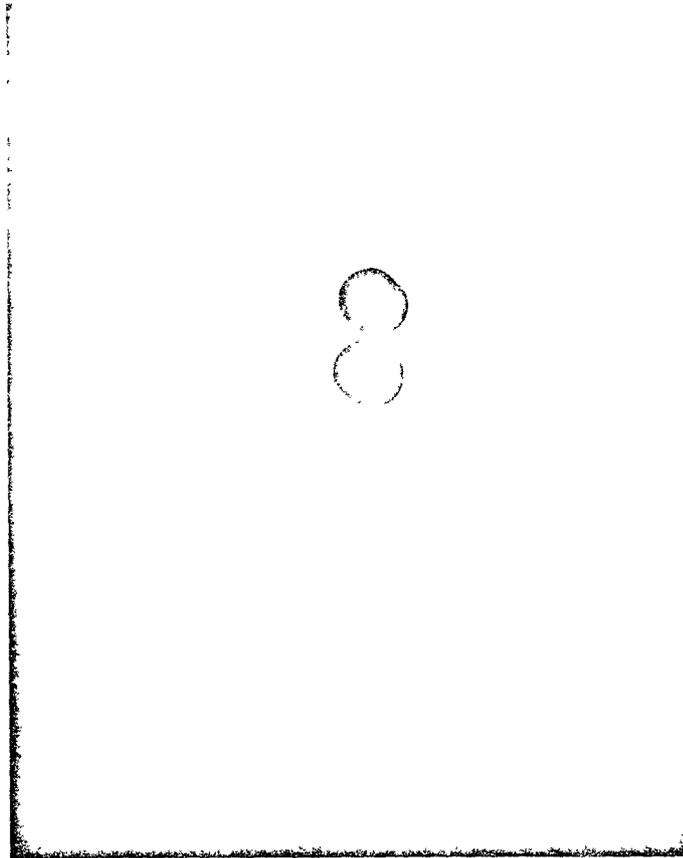


FIGURA 20. Reflectores empleados en las medidas de EDM.

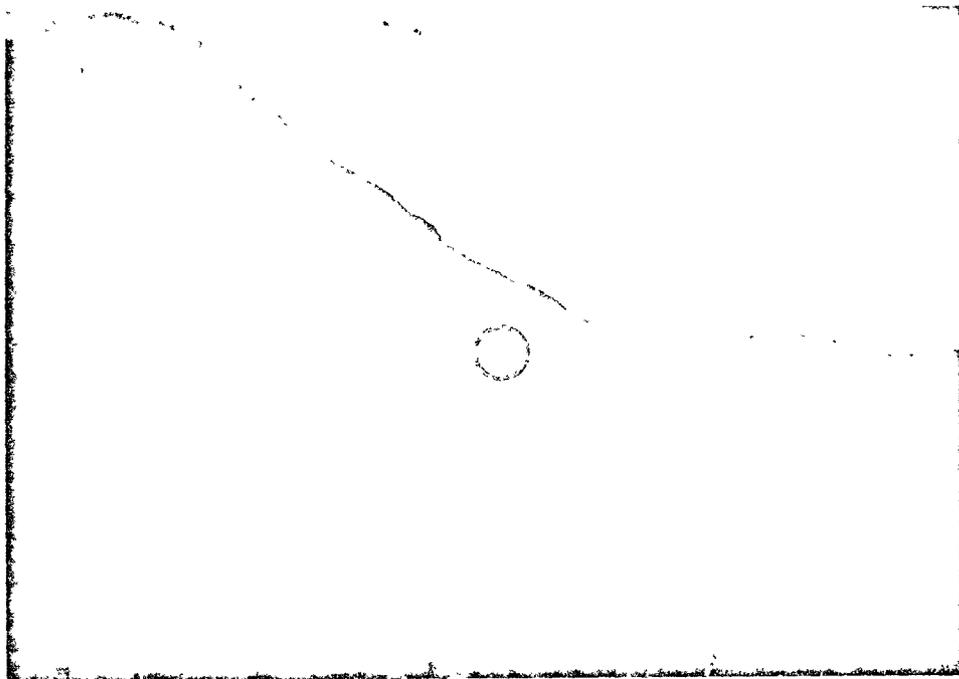


FIGURA 21. Reflector devolviendo la señal de rayo laser.

4.3. GEOLOGIA

Este grupo de trabajo tiene dos actividades importantes, como son la observación visual de la actividad volcánica y el estudio de los productos volcánicos antiguos y recientes del Volcán-Nevado del Ruiz.

4.3.1. Observación visual. La vigilancia visual, de la actividad volcánica actual, se realiza por tierra y aire. Para ello se cuenta con estaciones fijas como Cerro Gualí, Rosarito, Granates y Casabianca, en el Departamento del Tolima (Figura 22, atendidas por personal del ejército, voluntarios y socorristas de la Cruz Roja del Tolima, quienes transmiten información periódica sobre la actividad del cráter Cumanday y el estado de los ríos Gualí, Azufrado, Lagunilla y Recio. Para éllo cuentan con equipos de radio y sus informaciones son recibidas en El Líbano y Manizales.

El reconocimiento aéreo se realiza gracias al apoyo de helicópteros, de la Fuerza Aérea Colombiana "FAC" y Líneas Aéreas Petroleras "LAP", y aviones de la Patrulla Aérea de Manizales (Pilotos Civiles). Su objetivo es revisar la actividad del cráter y el estado de los glaciares del nevado, para determinar la evolución de las grietas y fracturas, afectadas notoriamente después de la erupción del 13 de noviembre.

4.3.2. Estudio de los depósitos volcánicos. Esta labor se realiza tanto en el campo como en la sede del observatorio y pretende, a través del



estudio y análisis de los depósitos antiguos del volcán, reconstruir la historia eruptiva del Ruiz. Igualmente investiga los productos de las erupciones del 11 de septiembre y 13 de noviembre de 1985 y 3-4 de enero de 1986.

Para ello se miden espesores de los depósitos, se analiza, por medios químicos y microscópicos, la composición mineralógica y química, la granulometría y otros factores, con el fin de determinar los mecanismos eruptivos del Ruiz.

Estas investigaciones geológicas tienen como objetivo fundamental tener un esquema, lo más aproximado posible, sobre la manera de comportarse el volcán, tanto en el pasado como en el presente, y así acercarse más al pronóstico del comportamiento futuro.

4.4. GEOQUIMICA

Las actividades geoquímicas tienen tres campos de acción: investigar el contenido de SO_2 de la columna de vapor que sale del cráter Cumanday, analizar los gases ácidos de la fumarola Nereidas y tomar muestras de gases nobles, principalmente radón.

4.4.1. Análisis de SO_2 . Para ello se cuenta con un espectrómetro de correlación "COSPEC" fabricado por la compañía BARRINGER RESEARCH, donado por el Gobierno Canadiense (Figura 23). Este equipo se emplea montado

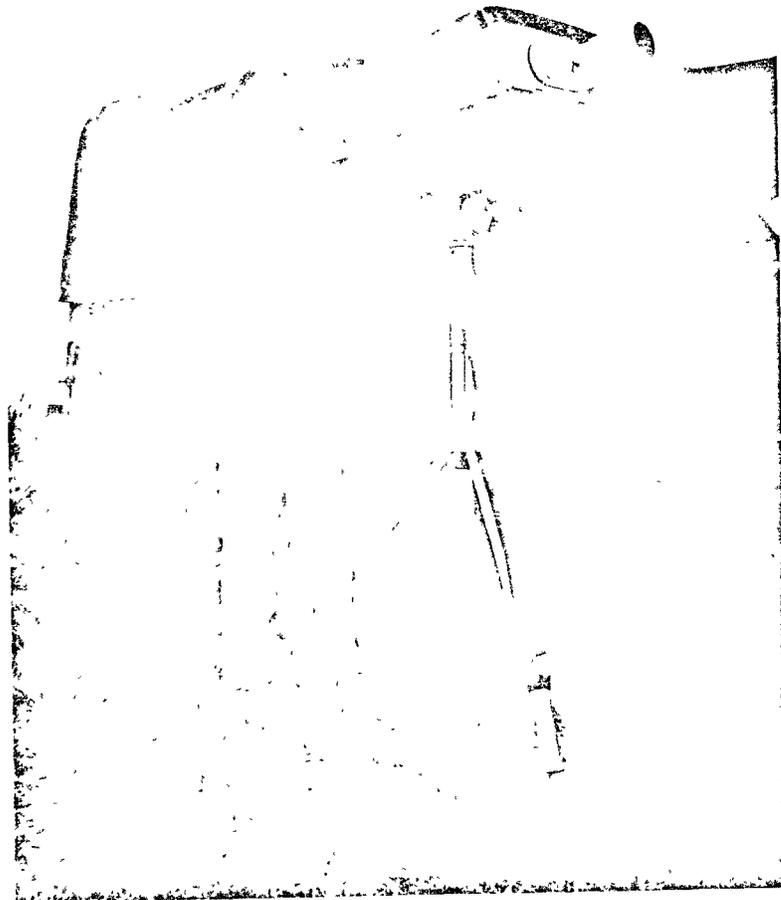


FIGURA 23. Equipo de COSPEC, para mediciones de SO₂.

sobre un vehículo o a través de medidas estacionarias, instalándolo sobre un trípode con cabeza gravimétrica.

Para ello se busca atravesar, con el telescopio del equipo, la pluma de vapor que sale del cráter Cumanday. Las medidas de contenido de SO_2 que escapa de la fumarola son un buen indicativo del grado de actividad volcánica.

4.4.2. Estudio de la fumarola de la Azufrera Nereidas. Debido a la imposibilidad física de tomar muestras de gases, directamente del cráter Cumanday, se analiza el comportamiento de la fumarola Nereidas, localizada en la base Suroccidental del Cono de la Olleta (Figura 22).

Las muestras colectadas son analizadas, para detectar contenido de CO_2 , SO_2 , H_2S , HCl y agua, en los laboratorios de la Universidad Nacional sede de Manizales; los ensayos se han realizado por vía húmeda, absorción de gases por soluciones alcalinas en la toma de las muestras y se adelanta la puesta en marcha de los análisis cromatográficos. Esta actividad busca patronar el comportamiento de la actividad volcánica y para tal fin se grafican diferentes relaciones, que son comparadas con los registros de actividad sísmica y emisión de cenizas.

4.4.3. Análisis de gases del suelo. Se realiza un análisis de gas radón en el área del nevado y del cañon de Nereidas; para ello se tiene una red de 20 muestreadores que son recogidos cada cuatro semanas y los



análisis se efectuarán en los Estados Unidos. Las primeras muestras se enviaron finalizando el mes de marzo.

Los estudios de radón y mercurio pueden indicar movimiento de magma y unido a los estudios de deformación y sismología serán de importancia para el conocimiento del volcán. Las muestras de suelo para análisis de mercurio fueron colectadas por S. Williams de la Universidad de Louisiana (USA).

4.5. DETECTORES DE FLUJOS DE LODO. El gobierno del Japón donó dos equipos telemétricos para detectar la presencia de flujos de lodo. Fueron instalados por técnicos de JAPAN RADIO CO., Ltd., en la zona de Playalarga, sobre el río Molinos, El Arenillo, en el río Gualí (Figura 22).

Los sistemas constan de dos estaciones una monitora y otra terminal. La monitora (Figura 24), recibe los datos enviados, a través de ondas de radio, sobre el estado del cauce de los ríos. La estación monitora del río Molinos está instalada en la sede del Observatorio, mientras que la del río Gualí se halla en la Estación de Policía del Corregimiento El Arenillo, municipio de Herveo, en el Departamento del Tolima. Diariamente estas estaciones, a las 9:00 a.m., imprimen una señal indicando que el sistema está en perfecto estado. En el caso de producirse algún flujo el equipo acciona una sirena y un haz de luz, indicando que algo extraño ha ocurrido en la estación terminal remota.



La estación terminal remota dispone de tres sensores de cable para detectar un flujo de lodo. Estos cables se hallan a diferentes alturas sobre el cauce del río (Figuras 25 y 26); en el caso de una avalancha serán rotos, dependiendo del tamaño del flujo. Tan pronto esto ocurra la señal será enviada a la estación monitora, en donde se imprimirá cual de los sensores fue roto y la hora en que ocurrió el fenómeno. La Figura 27 muestra el esquema de cada una de las estaciones.

Adicionalmente se instalaron miras, en los cauces de los ríos Chinchiná, Gualí, Azufrado, Lagunilla y Recio, que servirán para determinar la altura de posibles flujos de lodo y la velocidad que llevan en esos sitios.

4.6. APOYO LOGISTICO

Para desarrollar las labores el Observatorio ha contado con la colaboración, en diferentes aspectos, de entidades oficiales y privadas nacionales e internacionales.

4.6.1. Financiero. El apoyo financiero ha provenido de muchas instituciones y para evitar omisiones se prefiere no mencionar la lista de colaboradores.

4.6.2. Equipos. La gran mayoría del equipo con que se está haciendo la vigilancia del volcán Nevado del Ruiz proviene del Gobierno de

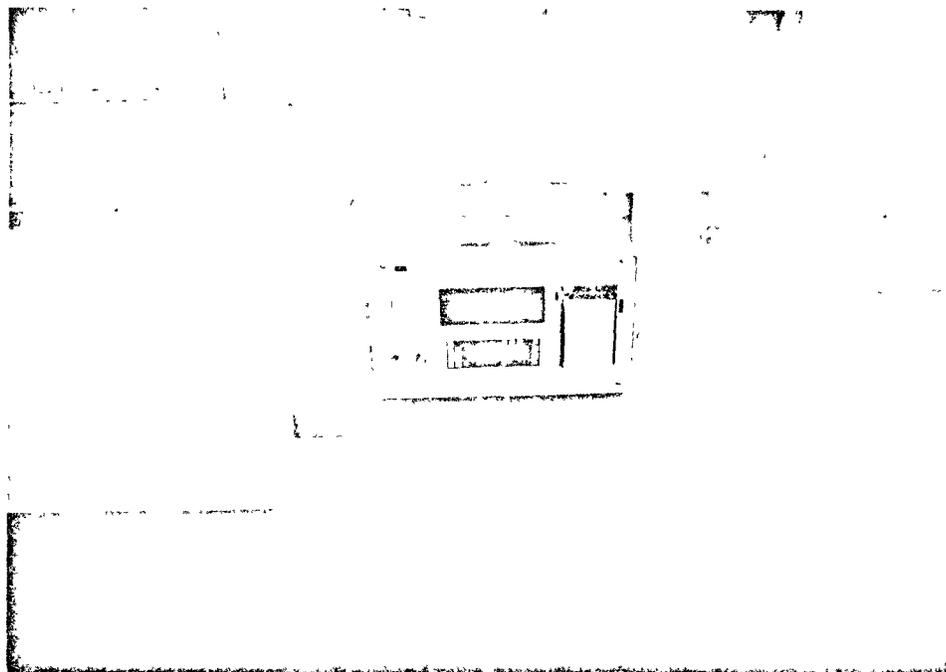


FIGURA 24. Estación monitora de flujos de lodo del río Molinos, en la sede del Observatorio.

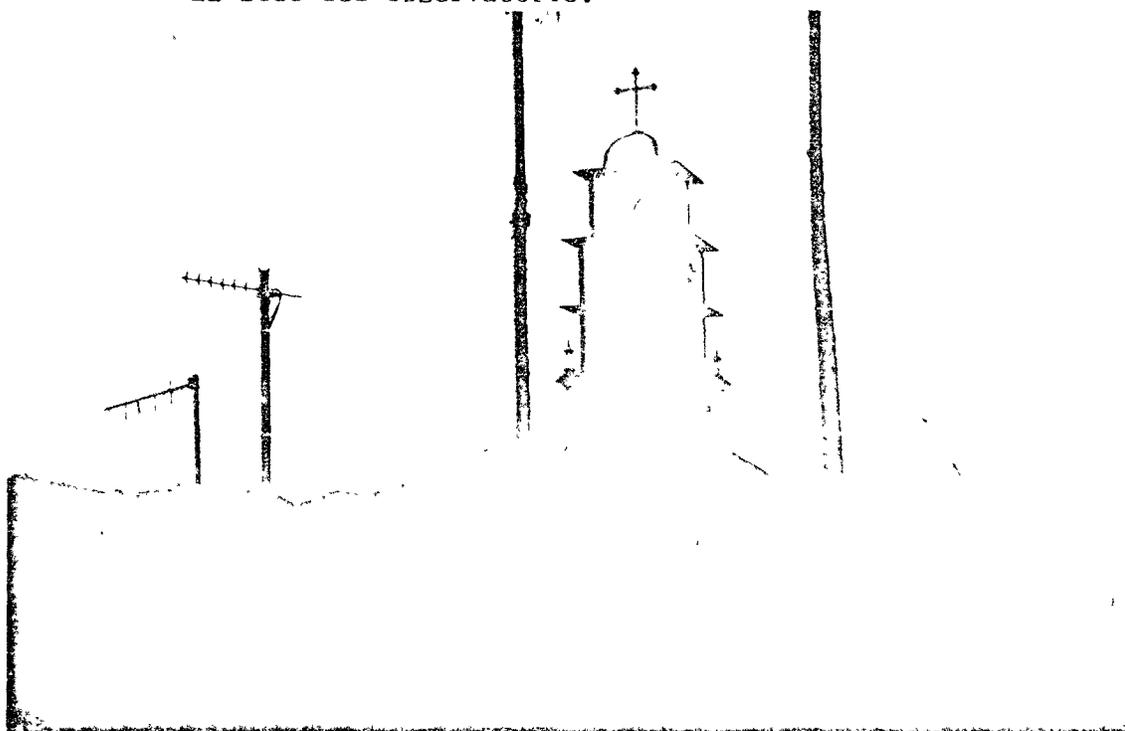


FIGURA 25. Antena y panel solar de la estación monitora del río Gualí, en el puesto de la Policía Nacional (Herveo-Tolima).

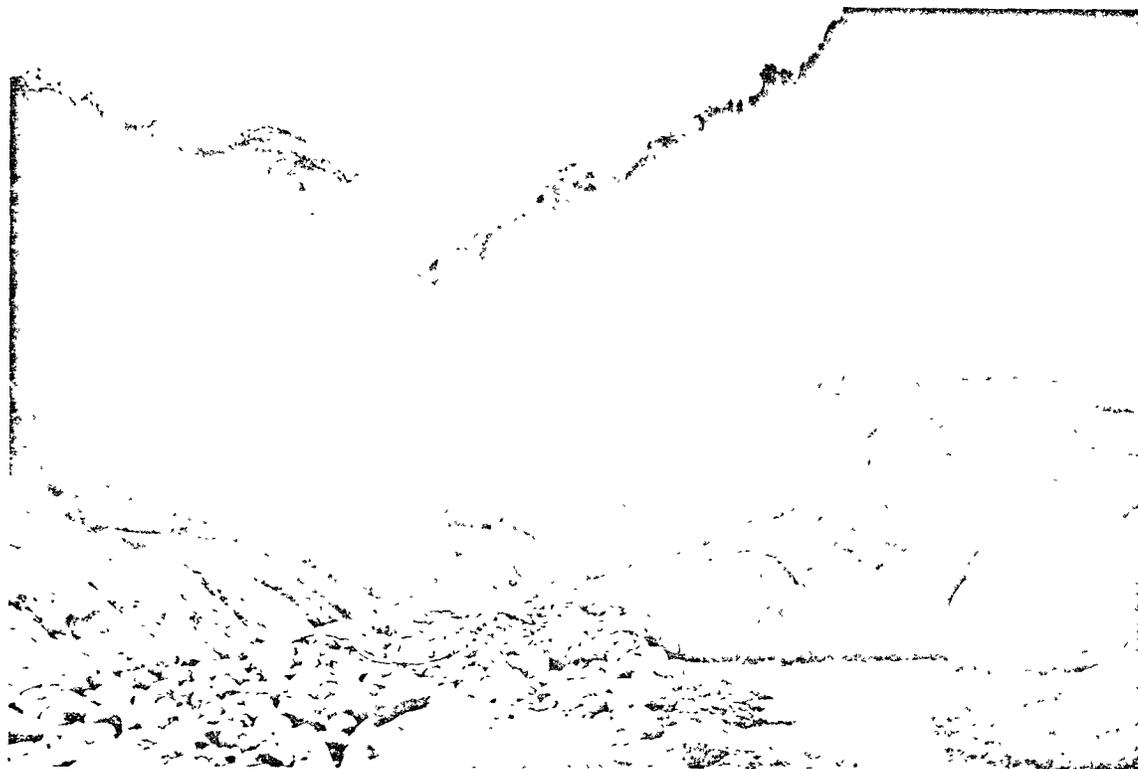
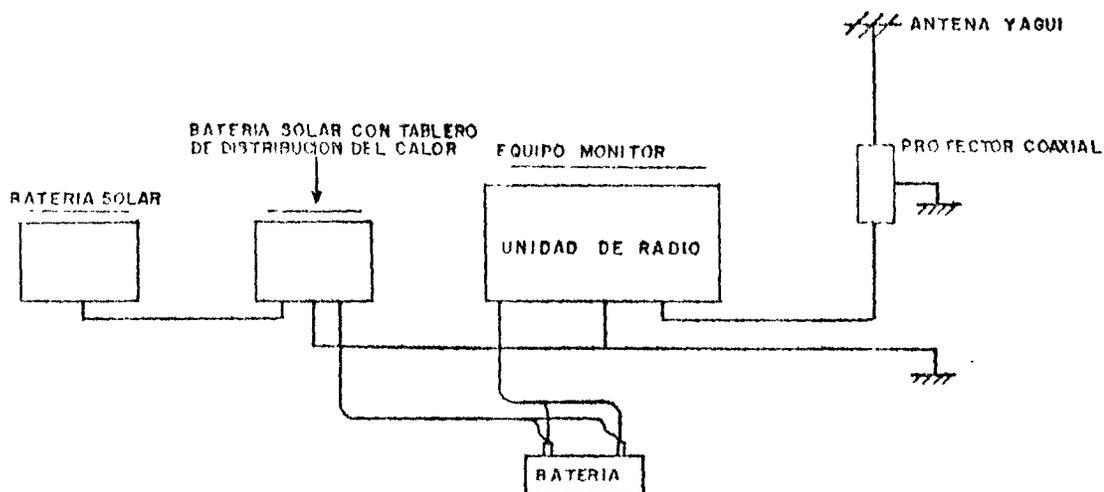


FIGURA 26. Sensor en el río Gualí.

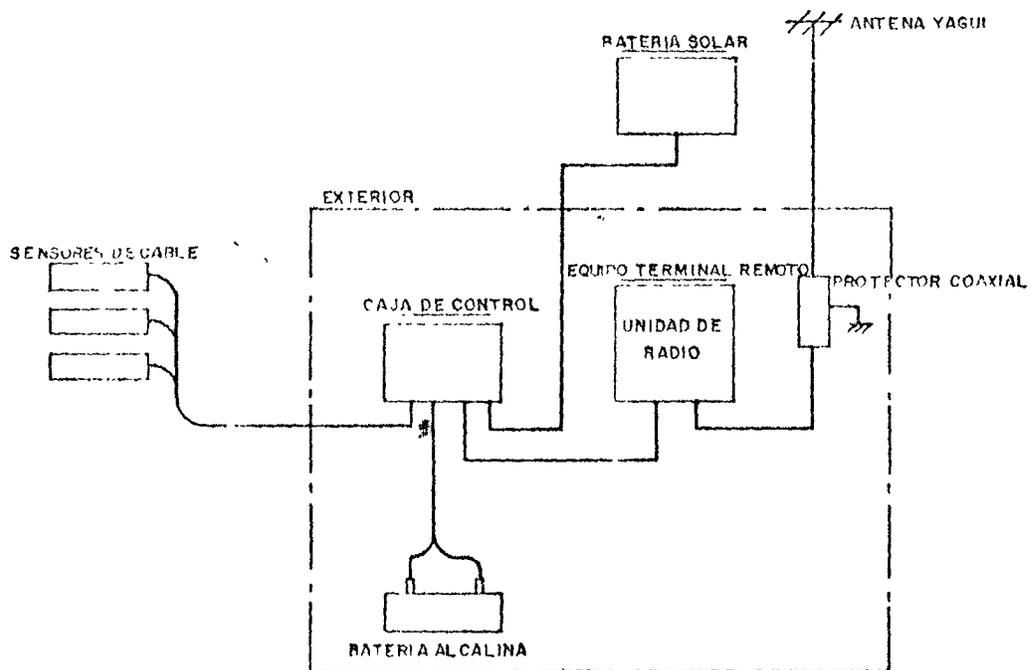
Estados Unidos, a través del Servicio Geológico y AID. Los Gobiernos de Canadá y Japón, a través de sus Agencias de Cooperación Internacional han donado equipo para el trabajo que se desarrolla actualmente.

Interconexión Eléctrica "ISA" ha facilitado sus estaciones sismológicas portátiles, desde el mes de Julio de 1985 y con ellas se obtuvieron los primeros registros sismológicos de la zona. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi "IGAC" ha facilitado equipo topográfico, así como mapas y fotografías aéreas. La Universidad Nacional de Colombia,

COMPOSICION DE LA ESTACION MONITORA



COMPOSICION DE LA ESTACION TERMINAL REMOTA



INGEOMINAS OBSERVATORIO VULCANOLOGICO DE COLOMBIA	
SISTEMA MONITOR DE FLUJO RESIDUAL	
JAPAN RADIO CO, LTD	Dibujó CLARAINES RESTREPO V
ABRIL - 86 Fig 27 de 28	

sede Manizales, ha colaborado con equipo topográfico y un microcomputador Comodore; con este computador se hicieron las primeras localizaciones de sismos, antes de la erupción del 13 de Noviembre y poco después de élla.

Apoyo aéreo ha sido prestado por la Fuerza Aérea Colombiana "FAC", Líneas Aéreas Petroleras "LAP" y Pilotos Privados de Manizales; las dos primeras con helicópteros, y los últimos con aviones. La FAC sufrió el daño de uno de sus aparatos por haberse precipitado a tierra cerca del cráter. Un helicóptero LAMA de LAP se extrvijo y no ha sido posible determinar su paradero. Se considera necesario que un helicóptero de tipo LAMA sería más apropiado para la vigilancia del Ruiz, tanto por su capacidad de vuelo en altura como por el bajo consumo de combustible.

Para el desplazamiento por tierra se han empleado camperos de INGEOMINAS, Universidad Nacional, Comité de Cafeteros de Caldas, Central Hidroeléctrica de Caldas "CHEC", Instituto Geográfico Agustín Codazzi "IGAC" y otras entidades.

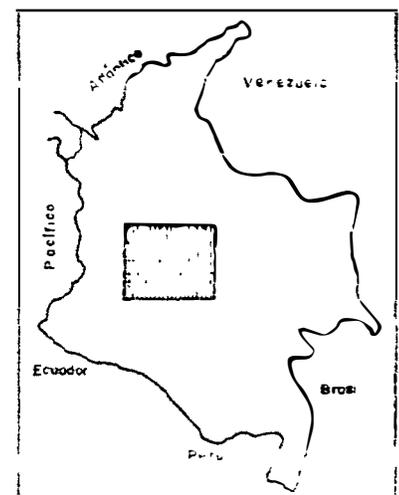
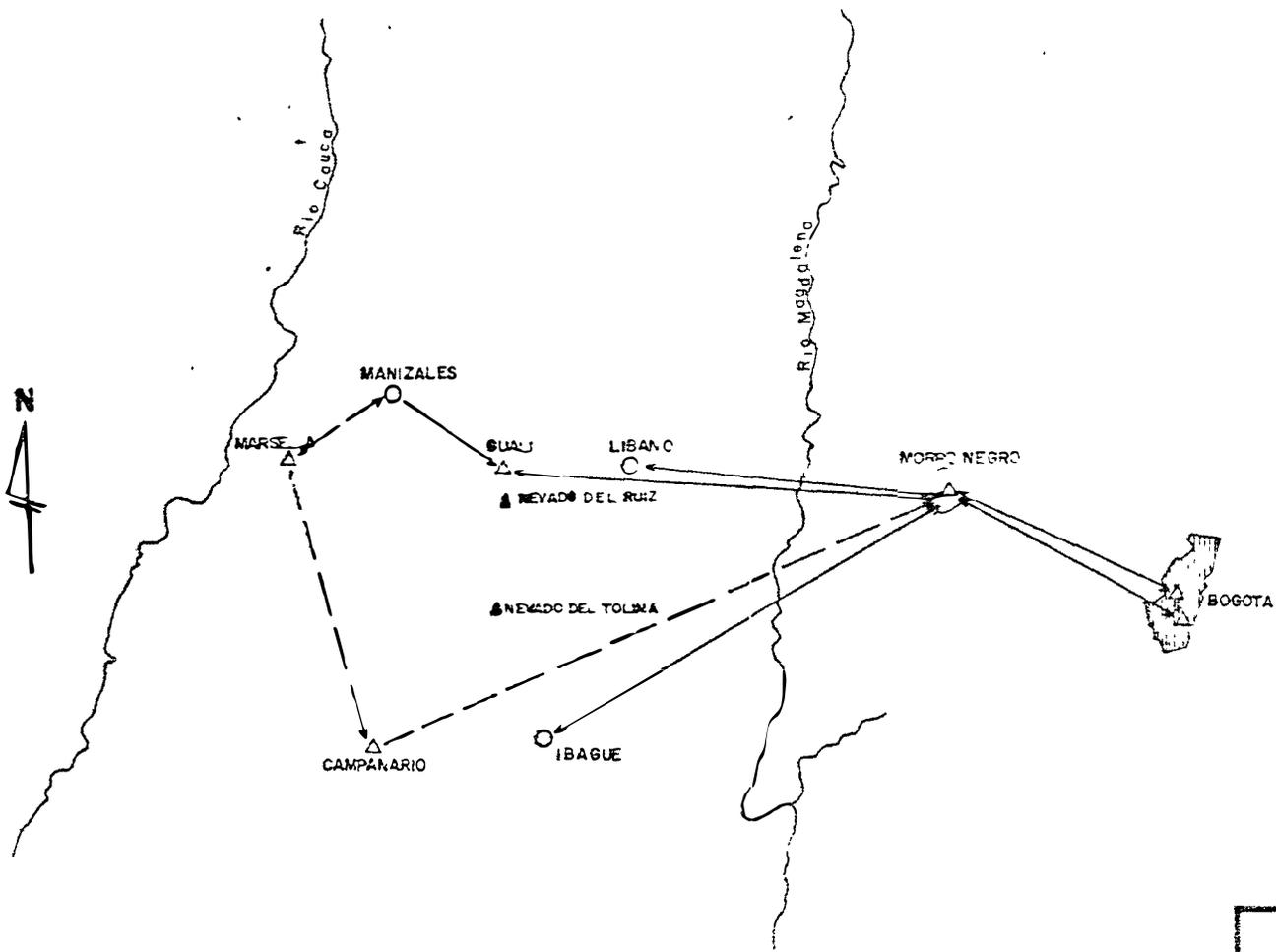
4.6.3. Comunicaciones. El apoyo más importante para las labores de campo ha sido dado por la LIGA COLOMBIANA DE RADIOAFICIONADOS, a través de las Seccionales de Manizales y Medellín. La primera opera en la sede del Observatorio, desde el 14 de Noviembre de 1985, con una red de Handies Talkies ICOM-TC 2AT; la Seccional Medellín opera desde (Tolima) con una base KEENWOOD 785, y tres Handies Talkies así:



KEENWOOD 2500; ICOM TC 02AT y ICOM 2AT. Las repetidoras utilizadas están ubicadas en Cerro Gualí (límites de Caldas y Tolima) y Alto de Chipre (Manizales), son UNIDEN-Apl 56C y AEROTROM.

La base de El Líbano recibe reporte constante del estado de los ríos Gualí, Azufrado, Lagunilla y Recio, desde puestos fijos operados por socorristas y voluntarios de la Cruz Roja del Tolima (Figura 22).

Para el futuro se ha firmado un convenio entre RESURGIR, INGEOMINAS Y EL PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD, para establecer un sistema de comunicaciones ágil, basado en cuatro repetidoras (Figura 28), seis estaciones fijas, quince unidades móviles y veinte unidades portátiles del tipo Handie Talkie. El sistema será MOTOROLA y ya se inició la fabricación de los equipos.



- RED PRINCIPAL
- - - RED ALTERNA
- △ REPETIDOR
- BASE

INGEOMINAS
OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DE COLO

**RED DE COMUNICACION POR RADIO
LA ZONA DE INFLUENCIA DEL VOL
NEVADO DEL RUIZ**

Autor: _____ Dibujo: CLARA INES RESTREI

0 10 20 30 40 Km. ABRIL-86 Fic28