

6 GESTIÓN DE ALERTAS EN UNA CRISIS VOLCÁNICA

R. Ortiz y V. Araña

El objetivo de un sistema de alerta es comunicar a la población la posibilidad inmediata de sufrir los efectos de un desastre, con el fin de reducir el número de muertes, heridos y pérdidas materiales. Cada situación es única y no se puede ofrecer el mismo conjunto de medidas para la reducción de riesgos en todos los casos. El período de aviso previo, los términos de predicción, la densidad de población, los costes económicos, las limitaciones legales y la credibilidad otorgada al pronóstico, afectarán las posibilidades de actuar. La difusión pública de la alerta es uno de los pasos importantes a realizar en el curso de una crisis volcánica. Muchos responsables políticos se abstienen de decretar una alerta por temor a crear una situación de pánico o desencadenar importantes pérdidas económicas (Cardona, 1995). Sin embargo, las autoridades competentes siempre están obligados a publicar inmediatamente las alertas, una demora sólo servirá para disminuir la confianza del público en los responsables de la crisis, que es fundamental en la preparación del desastre. Variaciones en la naturaleza y contenido del mensaje de alerta pueden tener un gran impacto en la atención del público a la alerta. Entre los factores a tener en cuenta están la fuente de la alerta, el canal de difusión empleado, la credibilidad, precisión y entendimiento del mensaje y finalmente la frecuencia con que se suceden las alertas. Las características de la población receptora del mensaje de alerta influyen en la respuesta que esta población va a dar ante la situación anunciada.

Tabla 1 Características del receptor de la alerta (Mileti, 1995)

ATRIBUTOS AMBIENTALES	Vías (físicas, sociales)
	Proximidad (distancia, tiempo)
	Redes (familiares y comunidades)
ATRIBUTOS SOCIALES	Recursos (físicos, sociales, económicos)
	Culturales (étnicos, idioma, religiosos, etc)
	Actividad (durmiendo, trabajando, ocio)
	Conocimiento (peligro, autoprotección, planes)
ATRIBUTOS PSICOLÓGICOS	Actitud (fatalismo, stress)
	Experiencia (tipo, reciente)
ATRIBUTOS FISIOLÓGICOS	Discapacidad

6.1. SISTEMA DE ALERTA

Ningún sistema de vigilancia o instrumentación puede considerarse un sistema de alerta propiamente dicho, si no se cuenta con una adecuada preparación de las instituciones y de la comunidad para actuar o responder correctamente ante cada nivel de alerta que se declare. Debe desarrollarse paralelamente un eficiente proceso de capacitación e información de los procedimientos de respuesta ante la emergencia. En un sistema de alerta para el caso de una crisis volcánica intervienen varios elementos (Fig. 6-1): en primer lugar encontramos el volcán que presentará una actividad variable, la cual puede ser seguida mediante un sistema de vigilancia, pero que también es observada por los habitantes de la zona. La información obtenida del volcán es procesada y analizada cuidadosamente por el equipo científico encargado del seguimiento, el cual, cuando lo considere oportuno, comunicará al organismo responsable de la protección civil el pronóstico sobre la evolución del volcán. Tengamos además en cuenta que a la estructura política de la que depende la protección civil le están llegando también rumores y otras informaciones más o menos bien intencionadas o manipuladas. La protección civil, si lo considera oportuno, publicará la alerta correspondiente, la cual será recibida por la población, que la interpretará de forma más o menos adecuada. Los rumores y conductos de información alternativos tienen también una gran importancia en la actitud de la población.

La experiencia muestra que en situación de amenaza, la mayoría de los habitantes intentarán seguir sus vidas en la forma usual. Sin embargo, puede verse seriamente afectada la base de la economía local o regional. Si la situación de alerta se prolonga un tiempo bastante largo, pronto harán su aparición recriminaciones y preocupaciones políticas. En el diseño de una alerta deberemos tener presente varias consideraciones:

Una creencia muy extendida es que la mera publicación de una alerta provoca inmediatamente una situación de histeria colectiva. Este hecho, propagado especialmente por la ficción cinematográfica, es absolutamente falso: el anuncio de una alerta no va seguido de una situación de pánico, salvo en circunstancias muy especiales (Mileti y Sorensen, 1990).

La población no busca demasiada información en los mensajes de alerta, de hecho no recuerda la información contenida en el mensaje. Los mensajes deberán repetirse frecuentemente.

Otra situación muy distinta es el síndrome "*que viene el lobo*" que se presenta frecuentemente en poblaciones que han sufrido repetidamente falsas alertas. Es necesario informar detalladamente de las razones de la ocurrencia de la falsa alerta.

La población recibe, paralelamente al mensaje de alerta oficial, otras informaciones procedentes de muy variadas fuentes.

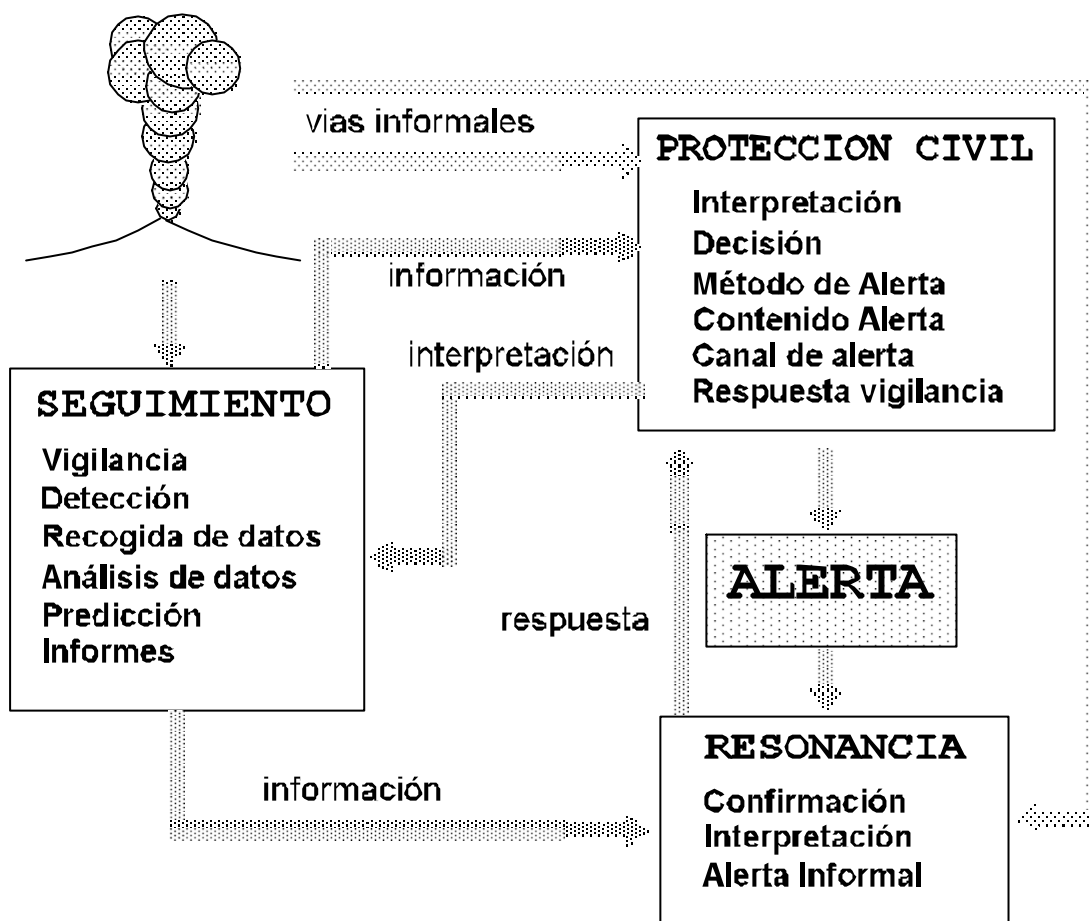


Figura 6-1 Elementos que intervienen en un sistema de alerta volcánica. Adaptado de Mileti y Sorensen 1990.

Un mensaje de alerta deberá contener la siguiente información:

CONTENIDO DEL MENSAJE				
Peligro	Localización	Guía de actuación	Fecha y Hora	Fuente

deberá estar redactado de acuerdo con:

REDACCIÓN MENSAJE				
Específico	Consistencia	Precisión	Certeza	Claridad

La difusión del mensaje de alerta puede hacerse por varias Vías:

DIFUSIÓN MENSAJE						
Persona a persona	Megafonía Sirenas	Radio	Televisión	Teléfono y cable	Red datos informática	Carteles

El canal óptimo varía de una situación a otra y en función del colectivo al que vaya dirigido el mensaje. En el caso de una zona volcánica los canales aptos para la difusión de los mensajes de alerta podrían ser:

GRUPO DE POBLACIÓN	Medio de difusión
PERMANENTE residencia urbana residencia rural	Medios de comunicación Red de difusión de emergencias
INSTITUCIONAL hospitales escuelas	Teléfono, correo electrónico
FLOTANTE zonas turísticas instalaciones deportivas espacios naturales	Carteles, folletos

Una vez proclamada la alerta, deberá seguirse la respuesta a la misma por parte de la población afectada. Es importante que los centros de operación de las emergencias controlen el impacto de los mensajes de alerta y sugieran las oportunas modificaciones y la necesidad de repetirlos mensajes. En ocasiones, deberá dedicarse personal específico para realizar este seguimiento. En otros casos podrán utilizarse indicadores indirectos como el tráfico o el consumo de energía eléctrica o de agua. Es importante que al establecer un plan de emergencia se tenga presente la necesidad de hacer el seguimiento de los mensajes de alerta, ello conducirá a la necesidad de diseñar el adecuado sistema de monitoreo con igual importancia que el dispositivo de vigilancia del volcán. También es importante que se haga, conjuntamente entre el sector privado y el gubernamental, el seguimiento de la economía de la zona, a fin de detectar inmediatamente cualquier cambio y hacer las sugerencias adecuadas. Igualmente es necesario estudiar como los distintos mercados procesan la información de una predicción, particularmente los mercados de valores (privados y públicos), instituciones financieras, prácticas de seguros, y los problemas de financiación y mantenimiento operativo de los servicios públicos.

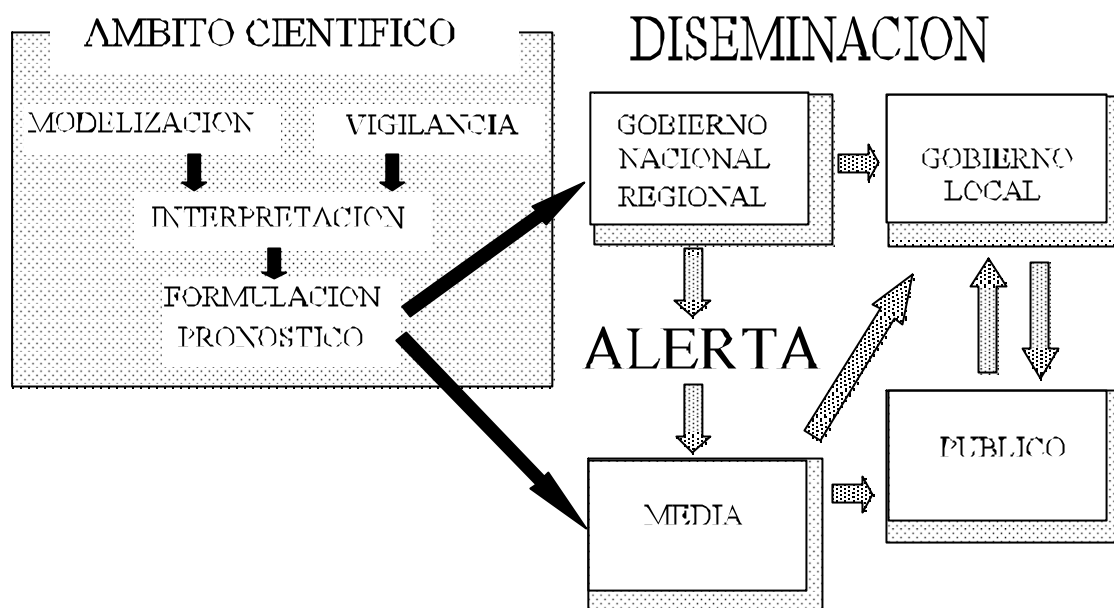


Figura 6-2 Proclamación de una alerta en base a la información aportada por el comité científico (modificado de Nigg, 1995)

La experiencia muestra que tras la proclamación de una alerta la respuesta más común no es de pánico sino de falta de acción, especialmente ante pronósticos de largo plazo. La ausencia de señales externas en el volcán, en las que el público pueda intuir directamente el peligro, crea problemas de credibilidad (Cardona, 1995). El proceso de asimilación del mensaje de alerta por parte de la población es muy complejo (Fig. 6-5). En él intervienen los factores propios del receptor (Tabla I) y los propios del remitente en forma de contenido y redacción del mensaje. El receptor elabora toda esta información, en base a su información personal, en su credibilidad y decide una respuesta (positiva o negativa) pero que en todo caso significa que ha recibido el mensaje de alerta. Este proceso es personal, por lo que no deben sorprender comportamientos muy distintos en la población. En general, deberemos tener presente que habrá que diseñar mensajes específicos para poblaciones con características especiales (minorías que hablan otro idioma, discapacitados, turistas y marginados sociales). La educación de la población es un factor muy importante para poder esperar un comportamiento uniforme tras recibir el mensaje de alerta; es necesario desarraigar la idea de que es mejor no hablar del peligro volcánico antes de que se desencadene una crisis.

Todos los estudios realizados muestran el mejor comportamiento en la emergencia de las poblaciones que han recibido formación específica sobre el tema. En este sentido, en muchos países se está fomentando que sean las estructuras más simples de la sociedad, como es la familia, las que establezcan sus propios planes de protección civil (CENAPRED, 1994). Es importante potenciar el contacto directo con los especialistas y que los centros encargados del seguimiento de la actividad volcánica dispongan de actividades cara al público.

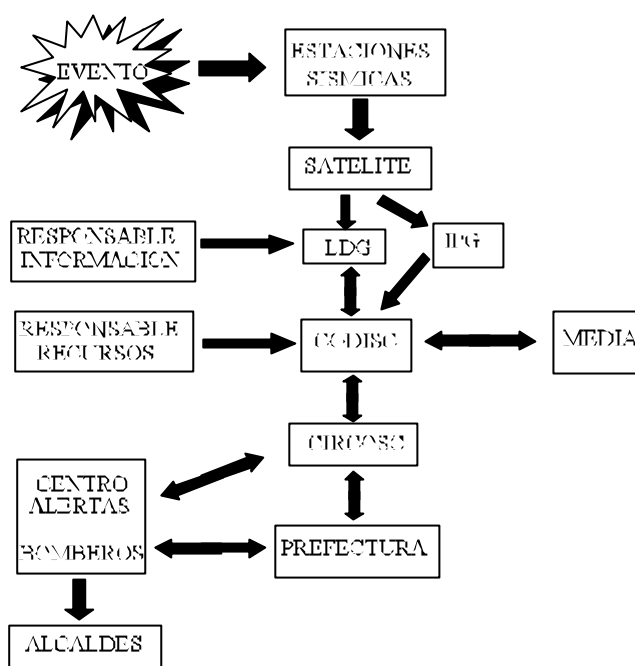


Figura 6-3 Esquema de comunicaciones establecido por la Protección Civil de Francia para un terremoto en los Pirineos (AFPS, 1996).

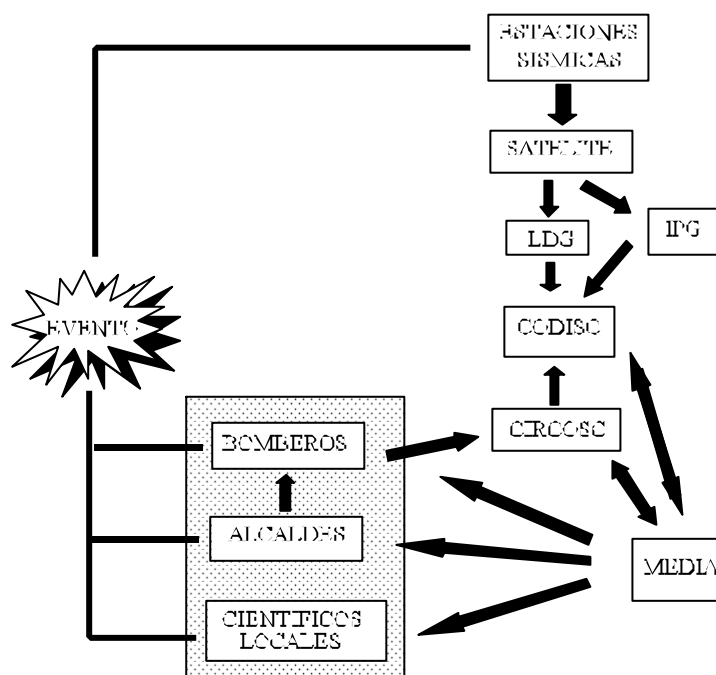


Figura 6-4 Flujo que siguió realmente la información del terremoto ocurrido en los Pirineos el día 18 de Enero de 1996. (AFPS, 1996)

La participación activa de los ciudadanos y en general de las comunidades en los programas ayuda a aumentar la credibilidad en los pronósticos y predicciones. Así, en muchos países se

integran voluntarios en el programa de seguimiento de la actividad de los volcanes, pudiendo así transformar en verdaderos observatorios escuelas, destacamentos militares o de gendarmería, situados en lugares remotos (De los Reyes, 1992).

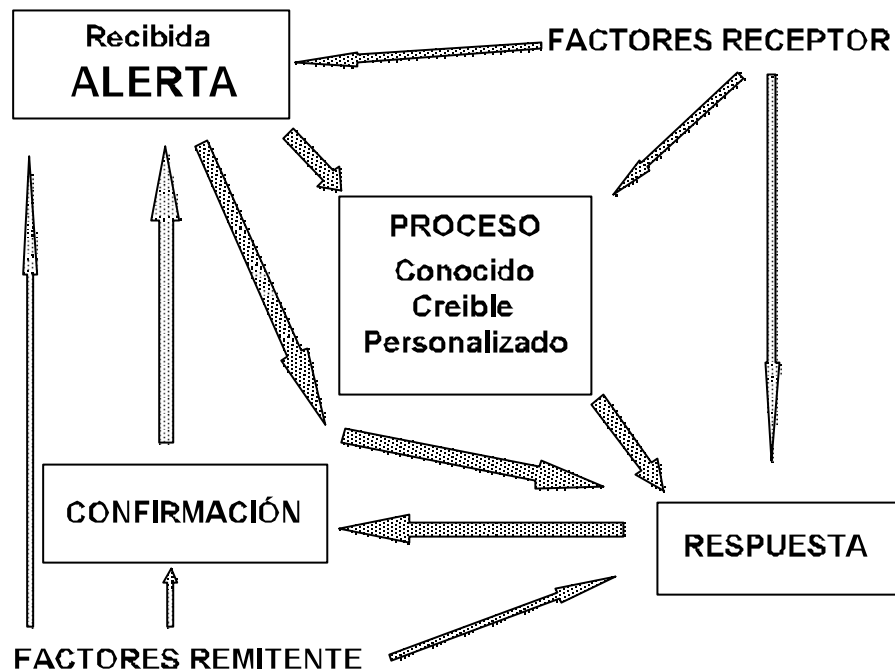


Figura 6-5 Modelo de respuesta pública a una alerta (Mileti, 1995)

Ningún sistema de alerta será absolutamente eficaz, basta recordar el caso de una víctima en la erupción del Mount St. Helens en 1980 que a pesar de los repetidos avisos de que el volcán entraría en erupción, se negó a evacuar su casa situada en la zona de destrucción total. Más grave es el caso de Bali, donde la erupción del Agung (1963) produjo más de 800 muertos debido a que por motivos religiosos la población se negó a evacuar, a pesar de los repetidos avisos recibidos sobre lo que iba a ocurrir.

Una cuestión general es si se debe tratar de mantener estática la comunidad o promover el flujo ordenado de bienes y personas ante la posibilidad de la crisis. La acción con más aceptación política es tratar de dejar las cosas como están. Cualquier otra alternativa requiere una importante ayuda financiera. Si se quiere reubicar las empresas y sus trabajadores se necesitará que una autoridad nacional o regional asuma la responsabilidad derivada de esa decisión, lo que es difícil que se consiga. En ocasiones se ha propuesto la aplicación de seguros como una manera de distribuir las pérdidas y ofrecer incentivos a través de tarifas diferenciales. Sin embargo, una vez publicado el pronóstico, las aseguradoras se mostrarán reticentes a otorgar nuevas pólizas en las posibles zonas afectadas y nadie contratará seguros fuera de dichas zonas. La evacuación de la población de algunas áreas seleccionadas y el uso de los seguros para repartir los riesgos son medidas especialmente importantes sobre las cuales no se tiene un conocimiento suficiente. (Cardona, 1995).

La posibilidad de una alerta anticipada, semanas o meses antes de la erupción, amplía bastante la acción protectora que se puede tomar, pero a la vez crea la posibilidad de producir efectos como desempleo, inestabilidad política, pérdida de ingresos y disminución en el valor de las propiedades a causa del pronóstico. Un programa completo de respuesta ante una predicción se compone de tres elementos: un plan que minimice la pérdida de vidas y propiedades y la inestabilidad de la comunidad al proclamarse la alerta; un plan para preparar a los organismos de atención a la emergencia con el fin de dar respuesta durante y después de la erupción y un plan para controlar las consecuencias perjudiciales del pronóstico.

6.1.1 Establecimiento de una alerta

El establecimiento de un sistema de alerta debe hacerse considerando el tiempo disponible antes del impacto, la posibilidad de que sus efectos puedan ser estimados antes de que se produzca y finalmente la posibilidad de predicción (Fig. 6-6). Combinado estos elementos se obtienen ocho situaciones posibles, que abarcan desde el caso más favorable (mucho tiempo de preparación, buen conocimiento del área de impacto y buena detectabilidad) hasta la situación más desfavorable (impacto repentino, sin conocimiento previo de sus efectos y sin posibilidad de detección).

La actividad volcánica capaz de provocar un desastre aparece en dos de estos niveles: en general las erupciones volcánicas dan suficiente tiempo desde que se inicia la crisis hasta que ésta culmina en una erupción catastrófica, la zona de impacto es conocida de antemano en base a la reconstrucción de la actividad pasada del volcán y finalmente en muchos casos se tiene una buena predicción. La otra situación corresponde a poco tiempo de preaviso, buen conocimiento del área de impacto y baja predictabilidad. Esta situación suele presentarse en grandes volcanes sin vigilancia alguna.

La primera situación (el volcán se reactiva mucho tiempo antes de la erupción, buen conocimiento de los efectos de la erupción esperada y disponibilidad de un buen sistema de seguimiento) permite establecer un buen plan de emergencia, consensuado entre todos los estamentos sociales y diseñando los adecuados canales de comunicación. Es posible educar a la población con suficiente antelación, de forma que su respuesta sea la adecuada. La segunda situación exige disponer de un sistema de alerta automático, como puede ser el utilizado para el caso de lahares en el volcán Usu (Japón) o en el Ruapehu (Nueva Zelanda), en el que unos simples cables situados estratégicamente en la zona alta del volcán se rompen al iniciarse la avalancha, interrumpiendo un circuito y disparando automáticamente el dispositivo de alerta (Kadomura et al., 1988).

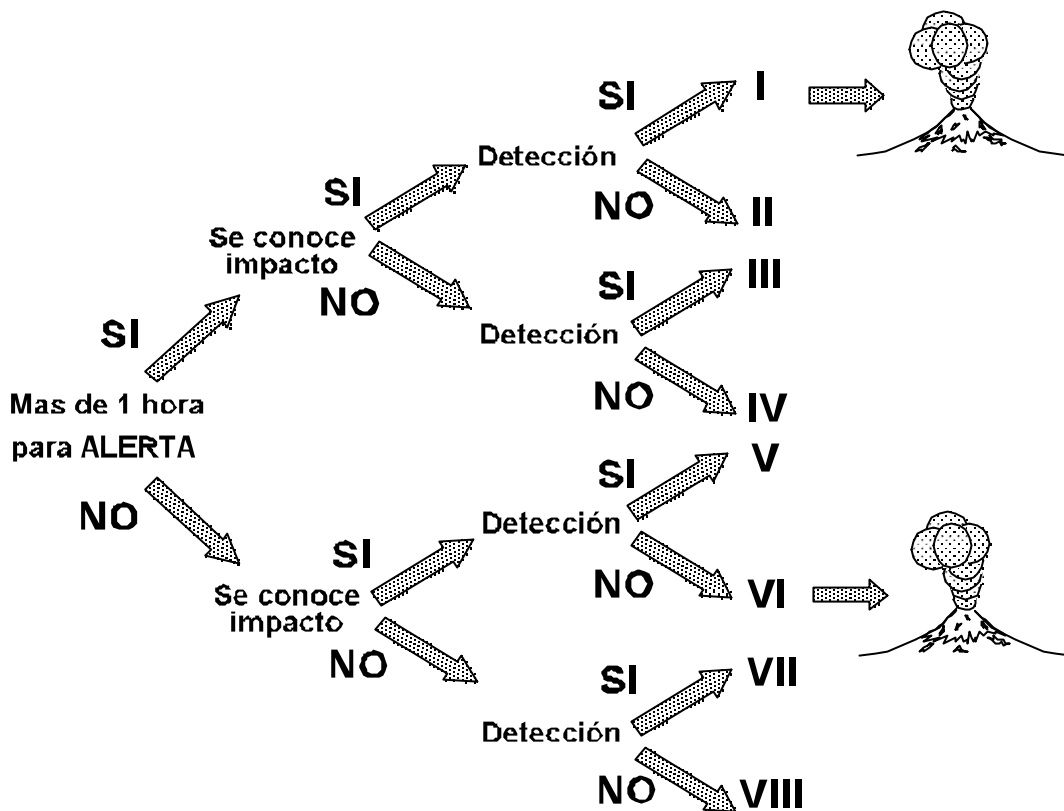


Figura 6-6 Clasificación de los sistemas de alerta en base al tiempo disponible, el conocimiento de los daños y la posibilidad de detección del impacto. Si se parte de la base de que siempre es posible conocer el impacto de un volcán, sólo prodrán darse las situaciones I y VI, en función de que se tenga un sistema de vigilancia (I) o no (VI)

6.2 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE ALERTA. ORGANIZACIÓN CIENTÍFICA. COSTE Y DIFICULTADES

La vigilancia científica de un volcán tiene su razón de ser en la necesidad de comunicar con la mayor anticipación posible la reactivación del volcán y la inminencia de una erupción. Sin embargo, esta no es una cuestión fácil, pues ni todos los volcanes son iguales, ni tenemos un conocimiento suficiente (ni teórico ni experimental) de los procesos volcánicos. Así, no es posible definir un umbral para cada indicador (sismicidad, gases, deformación, etc) que al ser superado claramente indique un nuevo estado del volcán. Debemos combinar la información de todos los indicadores disponibles y evaluarla en base al conocimiento de eventos pasados y de modelos teóricos. La aplicación de sistemas expertos (Fig. 6-7) permite combinar adecuadamente ambos tipos de información e ir añadiendo al sistema nueva información a medida que esté disponible, ponderandola en base a su importancia (Costa et al., 1989, Garrote, 1995).

En cada momento se dispone de una ponderación de la información recibida y del

conocimiento acumulado que permite establecer un nivel de actividad del volcán. Los extremos están claramente definidos: *reposo* (Nivel 0) y *erupción* (Nivel 6). Los valores intermedios cubren desde la aparición de las primeras anomalías y con muchas dudas (Nivel 1), a la espera inmediata de una erupción cuando se presenta un importante y rápido cambio en todos los indicadores posibles (Nivel 5). El Nivel 2 correspondería a la confirmación de la presencia de anomalías en algún (algunos) indicador y los Niveles 3 y 4 a un incremento de actividad lento o rápido. En algunos volcanes se ha tratado de establecer de forma absoluta estos niveles, en general definiendo una tabla de variación para cada observable y las reglas de composición entre los niveles así definidos y el nivel global de actividad (Hill et al. 1991), sin embargo, esto sólo es posible si se cuenta con una amplia base de datos sobre el comportamiento del volcán y que este presente pautas estadísticamente identificables. En otros casos deberán evaluarse individualmente cada una de las situaciones, combinando los datos disponibles con experiencias ocurridas en otros volcanes similares.

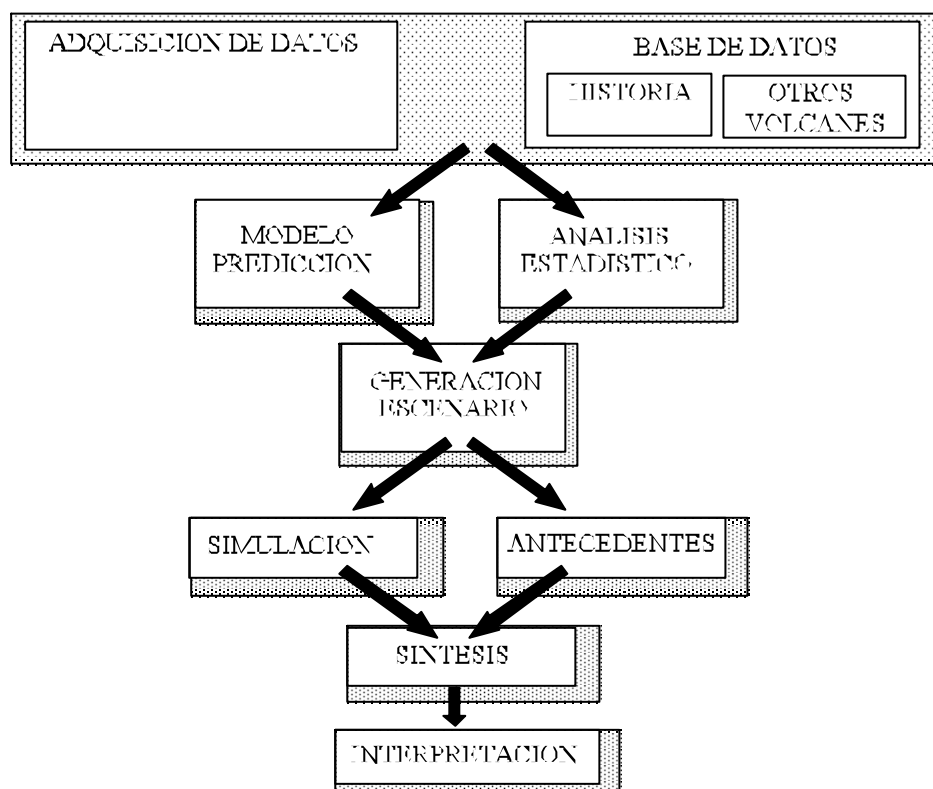


Figura 6-7 Diagrama de flujo del análisis de la actividad volcánica para la definición del nivel de actividad.

NIVELES DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA			
Nivel	Descripción	Indicadores	Actuación
0	Nivel de base	Actividad dentro de límites estadísticamente normales	Labor de rutina
1	Atención	Señales anormales en algunos sensores	Comprobar la instrumentación
2	Alerta	Aumento confirmado de la actividad	Complementar la instrumentación
3	Alerta confirmada	Aumento significativo de la actividad	Intensificar los trabajos de vigilancia
4	Espera	Aceleración en el incremento de la actividad	Instalar sistemas automáticos
5	Erupción inminente	Fuerte aceleración en el incremento de la actividad	Abandonar la zona de peligro
6	Erupción		Seguimiento de la erupción
7	Post erupción		Análisis de efectos producidos

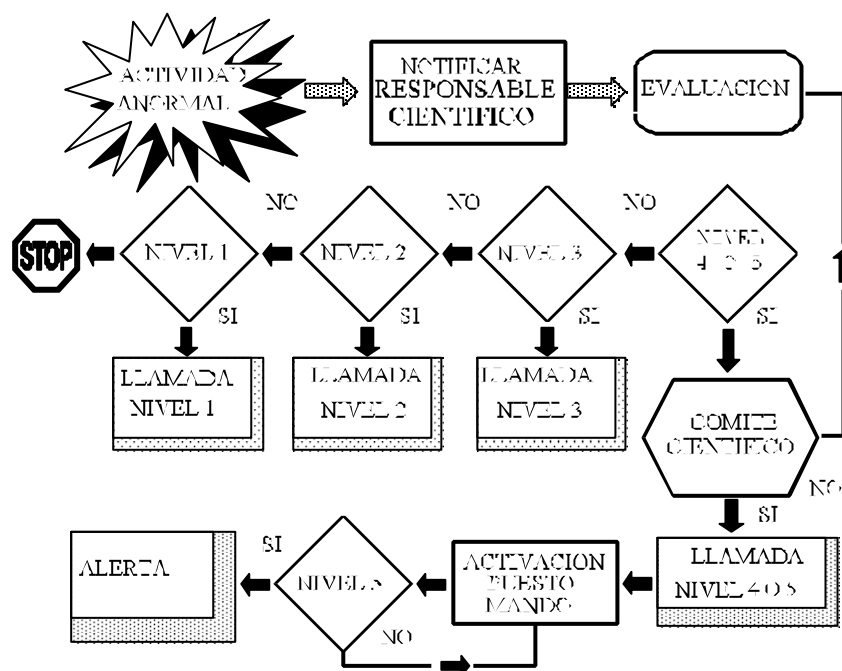


Figura 6-8 La proclamación de los niveles altos supone asumir una grave responsabilidad por parte de los científicos que intervienen en el seguimiento del volcán. La figura muestra el árbol de decisión adoptado por el USGS para proclamar el nivel 4 o 5 de actividad durante la crisis de Long Valley (Hill et al., 1991).

La proclamación de los sucesivos niveles de alerta viene determinada por los niveles de actividad del volcán definidos por el equipo científico, que parten de considerar los valores que presentan los parámetros observables cuando el volcán se encuentra en una situación estacionaria (generalmente de reposo). El problema radica en poder definir correctamente este nivel de base para cada uno de los distintos observables, pues todos ellos presentan fluctuaciones (en ocasiones importantes) a lo largo del tiempo. El poder afirmar que la variación de un observable es estadísticamente significativa lleva un tiempo considerable y exige disponer de una amplia base de datos debidamente analizada. Unas pocas estaciones en operación continua, analizadas periódicamente permiten el seguimiento de los parámetros más rápidamente variables (o de interpretación más simple). Campañas periódicas permiten controlar los observables de variación lenta (o de difícil interpretación) o aumentar el conocimiento del volcán. Se deberá tener acceso también a toda la información disponible sobre el volcán, como son mapas, geología, petrología, etc., y, especialmente, a los datos de las erupciones pasadas, tanto directos como recuperados.

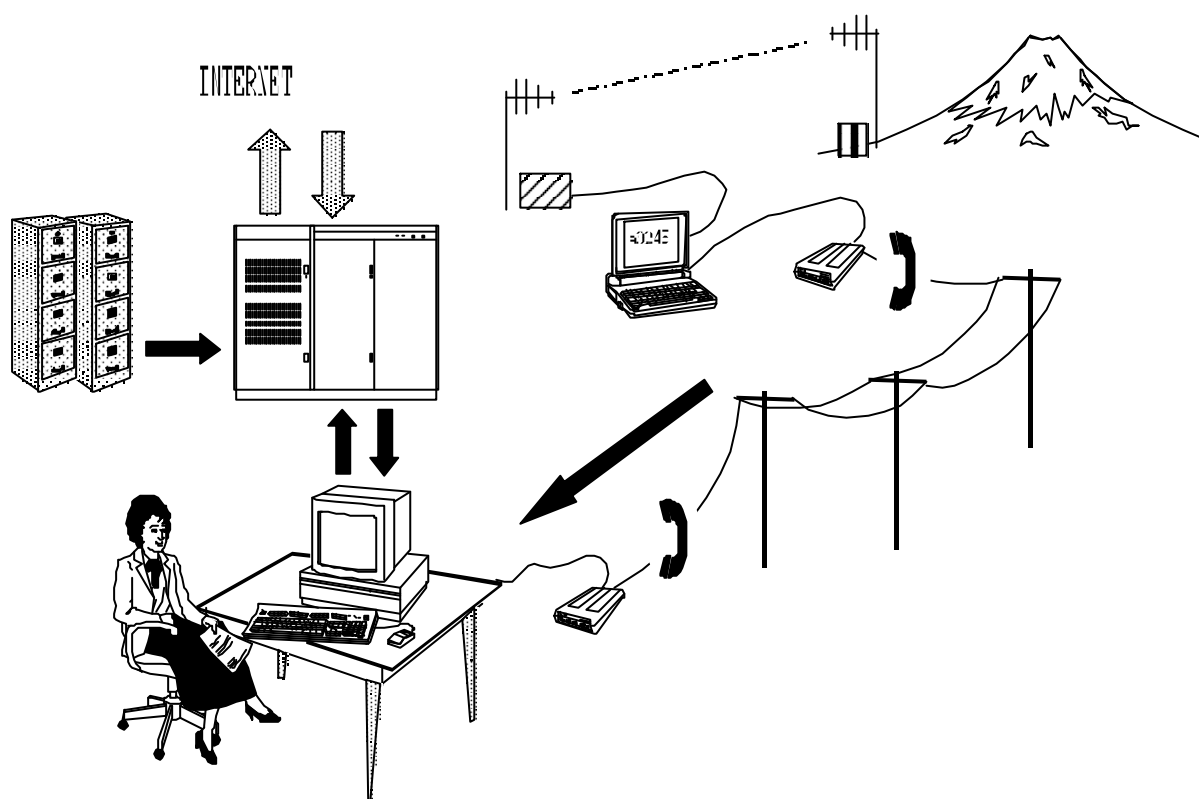


Figura 6-9 En condiciones normales, unos pocos instrumentos situados en las proximidades del volcán, complementados con campañas periódicas de otras técnicas, son suficientes para controlar su nivel de base. Las técnicas de transmisión de datos entre ordenadores (INTERNET) permiten acceder a estos datos desde centros de investigación situados a muchos miles de km del volcán.

Cuando aparece una variación en uno (o varios) de los observables, lo primero que hay que verificar es que la instrumentación funciona correctamente, que no se ha introducido recientemente ninguna modificación en los instrumentos (tanto en software como en hardware), procedimientos de aplicación de la técnica y método de análisis. La implementación de nuevas técnicas debe llevarse a cabo con mucha precaución y por personal especialmente habituado al desarrollo de metodologías. Es importante verificar exhaustivamente los datos antes de pasar del nivel 0 al nivel 1. Lamentablemente, es frecuente encontrarse con excelentes instrumentos operados por personal de escasa cualificación o lo que es peor: altamente cualificados pero en una especialidad distinta a la requerida para el análisis de los datos aportados por la instrumentación moderna.

Cuando se alcanzan los niveles 2 ó 3 es importante tener presente que la actividad del volcán aumenta considerablemente. Hay que pensar en la capacidad que posee el equipo científico para procesar adecuadamente toda esta información. No todo el proceso de datos es automatizable ni esto puede hacerse en poco tiempo si no se cuenta con conocimientos adecuados en algoritmos para el análisis de señales. Por desgracia, hoy en día es frecuente encontrar soluciones informáticas para abordar casi cualquier problema práctico y muchos científicos se dejan llevar por esta moda, sin embargo no existen, ni existirán, aplicaciones informáticas comerciales para resolver los problemas que presente un volcán concreto en su próxima reactivación. Será necesario desarrollarlas paralelamente a la evolución de la crisis.

Tan importante como es la activación de los sucesivos niveles es la reposición de los niveles más bajos. En este sentido la práctica habitual es utilizar una función decreciente con el tiempo. El nivel 4, indicador claro de un incremento neto en la actividad del volcán, se mantiene mayor tiempo activado, para estar seguros de que la situación se ha estabilizado de nuevo (baja a nivel 3) o que una aceleración positiva en la actividad del volcán conduzca a un nivel 5.

REPOSICIÓN DE NIVELES (Hill et al., 1991)														
Nivel	Dias													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	5	5	5	5	5	5	>	4						
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	>	3
3	3	3	3	>	2									
2	2	2	>	1										
1	1	>	0											
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	.	.

Una vez confirmada la validez de los datos que indican una anomalía estadísticamente significativa, debe procederse a la implementación de técnicas complementarias y a reforzar las existentes. Debe tenerse presente que la aplicación de estas técnicas deben aportar resultados en relativamente pocas horas (días). En general, se tratará de aumentar el número de estaciones sísmicas en la zona, realizar análisis de las fumarolas (si las hubiera y fuesen accesibles), repetir la gravimetría, la nivelación de precisión y reobservar la red geodésica (tradicional y GPS). Muchas de estas técnicas requieren la presencia de observadores en la zona, por ello los datos aportados deben procesarse rápidamente y, de confirmarse la reactivación del volcán, limitar el movimiento de los profesionales en las zonas de mayor peligro, especialmente cuando nos encontremos en Nivel 3 o superior.

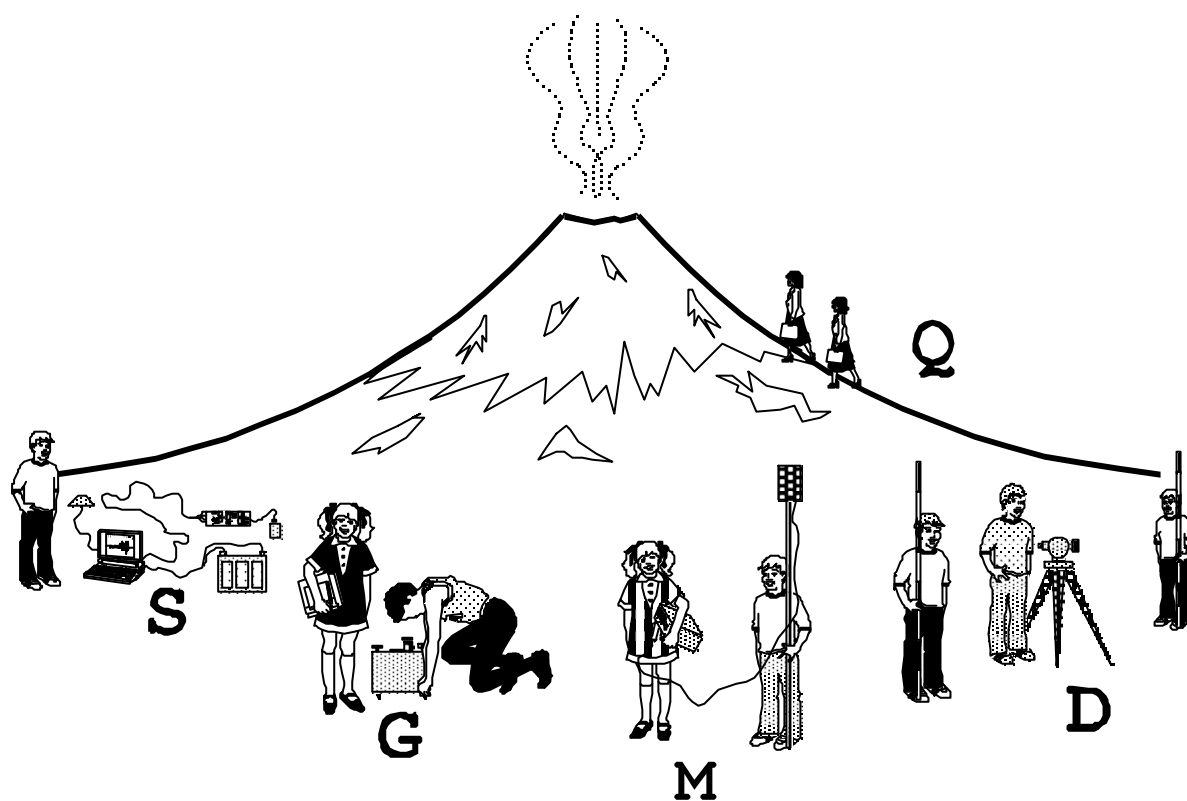


Figura 6-10 Cuando un volcán se reactiva es necesario realizar un cuidadoso estudio para tratar de valorar adecuadamente y lo antes posible la magnitud de la crisis. Ello requiere la participación de un elevado número de especialistas: científicos y técnicos con un complejo soporte logístico (vehículos todo terreno, helicópteros, etc). El coste de esta operación es considerable, especialmente si la crisis se prolonga demasiado tiempo. Las técnicas habituales que deben aplicarse o reforzarse son: sísmica (S), gravimetría (G), geoquímica de gases (Q), deformación (D) y geomagnetismo (M).

La instalación de equipos de bajo coste, con enlaces telemétricos de pocos km, permite obtener información de la evolución de la crisis sin necesidad de exponer al personal científico. Es importante que los enlaces telemétricos utilicen distintas tecnologías. Un fallo en las condiciones de enlace (no necesariamente debido a la actividad volcánica) dejaría fuera de servicio a todo el sistema. El coste diario de la operación sigue siendo muy elevado, pues los enlaces telemétricos punto a punto de alta capacidad de transmisión y seguridad son muy caros. El equipo científico debe seguir con el procesado y evaluación de toda la información recibida.

Otro aspecto destacado es la necesidad de poder procesar adecuadamente toda la información que se va acumulando. En general, los equipos científicos no están habituados a tener que tratar un gran cúmulo de datos en tiempo real y en paralelo, especialmente en zonas donde la actividad habitual es baja. Además, ocurre que no es posible disponer de personal de escasa cualificación técnica para realizar este tipo de trabajo. La adecuada organización del trabajo y el contar con un verdadero equipo de investigación volcanológica, de carácter multidisciplinar y con experiencia, es la única posibilidad de éxito. Debemos tener presente que los algoritmos de procesado de datos y la información de base requerida no se pueden improvisar en horas ni es posible adaptar rápidamente la metodología utilizada por otros grupos o en otras zonas. Igualmente, la rutina para poder procesar, adecuadamente y en muy poco tiempo, los datos recolectados por los distintos grupos y poder interpretarlos conjuntamente exige gran experiencia por parte de todos los integrantes del equipo, así como confianza en la capacidad de cada uno de los miembros del equipo para desarrollar correctamente su labor.

PERSONAL REQUERIDO PARA CUBRIR EL SEGUIMIENTO DE UN VOLCÁN EN NIVEL 1, 2, 3		
TÉCNICA	OPERADORES	Observaciones
RED SÍSMICA	3 (en turnos)	procesado continuo de la señal registrada
ESTACIONES SÍSMICAS	2	procesado conjunto con la red
MAREÓGRAFOS	2	análisis cada 24 horas
GRAVIMETRÍA	2	sólo puntos fijos
NIVELACIÓN	2 equipos de 4	itinerarios cubiertos en pocas horas
DISTANCIÓMETROS	4	medida en pocas horas (días)
GPS DIFERENCIAL	4	mínimo 4 receptores
GASES	2	componentes mayores en 24 horas
ELECTROMAGNETISMO	2	mínimo 2 magnetómetros
OBSERVACIÓN DIRECTA	3	instalar una cámara TV remota

modificado de la propuesta del Observatorio Vesuviano para el ejercicio EUROPA96

Ningún equipo de volcanólogos dispone de medios para poder afrontar este despliegue en una crisis que se prolongue durante varios meses (años). El mecanismo para aportar los fondos extraordinarios requeridos para hacer frente al seguimiento de la crisis no es sencillo, pues no debemos olvidar que en el Nivel 1 de actividad no existen señales que puedan ser claramente advertidas por la población y como consecuencia por las fuerzas políticas.

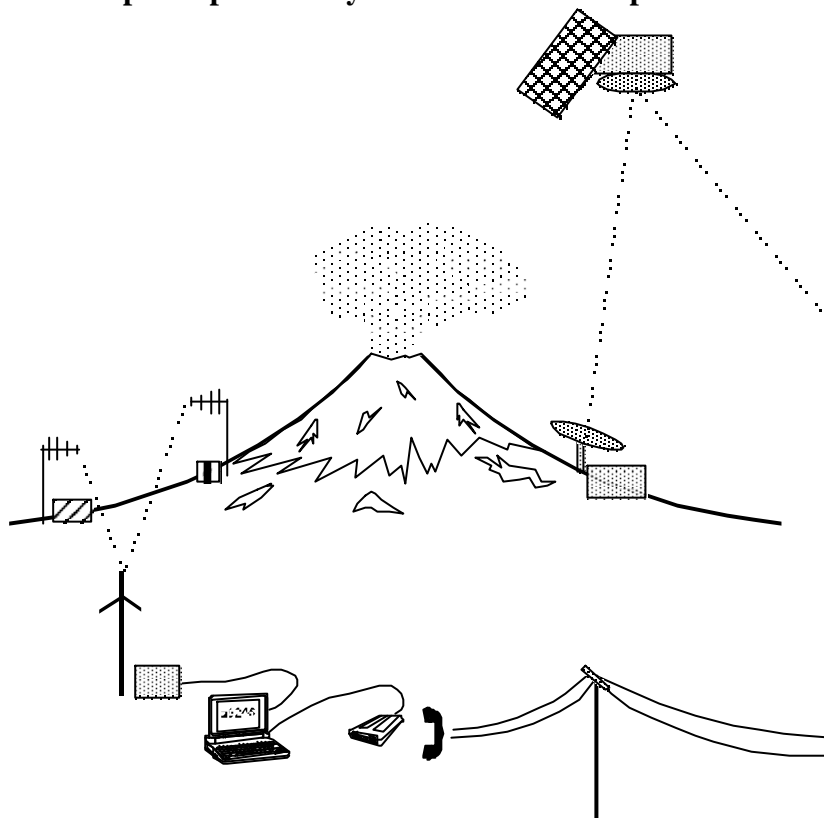


Figura 6-11 Seguimiento de la actividad de un volcán que ha superado el Nivel 3. Estaciones automáticas, enlaces radio digitales de alta velocidad y un enlace satélite de tipo continuo y alta capacidad son algunas de las tecnologías a emplear.

La definición de niveles de actividad por parte del equipo de volcanólogos que trabaja en el seguimiento del volcán permite establecer una correlación con los niveles utilizados por los organismos de protección civil. Debe siempre mantenerse la independencia de ambas escalas, pues es imposible establecer una única escala para ambos colectivos. Especialmente el nivel 1 de actividad sólo afecta al equipo científico encargado del seguimiento del volcán. Este nivel está definido para provocar un análisis crítico de los datos disponibles entre distintos especialistas y evitar que se produzcan falsas alertas. De esta forma, el nivel 1 puede activarse con relativa frecuencia sin trascendencia. La notificación a Protección Civil corresponde ya al nivel 2, una vez comprobado que la anomalía detectada es significativa. La figura 6-12 presenta la estructura de niveles adoptada por la Protección Civil italiana y su correlación con los niveles de actividad volcánica establecidos por el Observatorio Vesuviano (ejercicio EUROPA '96)

El análisis de las distintas situaciones que se han presentado en el desarrollo de las crisis volcánicas ocurridas recientemente pone de manifiesto los puntos débiles del sistema. Como ejemplo, presentamos en forma de cuadro las enseñanzas derivadas de la crisis y posterior erupción de Rabaul, ocurrida el 19 de Septiembre de 1994, con el único precursor de 27 horas de actividad sísmica local y después de más de 10 años desde que el volcán dio muestras de reactivación. La presencia de sismos sentidos y una mayor actividad fumarólica, con fuerte olor a azufre, incitó a la población a evacuar espontáneamente la tarde del día 18. A las 00:30 del día 19 se proclamó que el volcán entraría en erupción y se activó el nivel 3 del plan de emergencia volcánica (evacuación). Gracias a la existencia del plan de emergencia y de los numerosos ejercicios realizados, la evacuación pudo desarrollarse sin pánico y concluirse antes del inicio de la erupción (06:00 horas del día 19 de Septiembre).

ENSEÑANZAS DE LA CRISIS DE RABAU. (Tomblin, 1995)			
DIFICULTADES	CAUSAS	CONSECUENCIAS	POSIBLES SOLUCIONES
La alerta se dio con poco tiempo	No todo el sistema de vigilancia estaba operativo. Los equipos que funcionaban estaban obsoletos	Los científicos carecían de criterios para hacer buenas predicciones	Es necesario que todo el instrumental necesario para la vigilancia esté instalado y adecuadamente mantenido
Dudas en la definición en los niveles de alerta	Las escalas de peligro eran distintas para los científicos y para la Protección Civil. Los científicos no pudieron anticipar la velocidad con que se desarrolló la erupción	Confusión entre la Protección Civil y los Científicos en cuanto al significado de los distintos niveles de alerta	Dialogo previo entre los distintos organismos implicados para clarificar las necesidades prácticas y las responsabilidades en caso de crisis. Identificar y eliminar las causas de dudas y retrasos.
Lentitud en el anuncio de los niveles de alerta	Fracaso de la comunicación a través de las emisoras de radio comerciales. Fracaso en mantener a las emisoras de radio continuamente informadas	El público no fue informado puntualmente, confundido en cuanto al auténtico nivel de peligro.	Establecer un compromiso firme de mantener las emisoras comerciales operativas durante las emergencias. Suministrar información actualizada a las emisoras.

Fracaso en adaptar las experiencias pasadas y las creencias de la población en el establecimiento de criterios para proceder a evacuar	La población interpretaba la emisión de SO ₂ y terremotos fuertes como precursores de erupción	Evacuación espontánea sin esperar la declaración oficial.	Considerar en los planes de emergencia las observaciones científicas y las creencias populares.
Escasez de transporte para la evacuación	Algunas carreteras estaban bloqueadas por la caída de cenizas y lahares. Algunos barcos zarparon sin esperar a los evacuados Todos los camiones y camionetas gubernamentales fueron robados y algunos no se recobraron hasta dos semanas más tarde.	Retraso en completar la evacuación	Anticipar la utilización de las carreteras que puedan ser bloqueadas por la erupción. Necesidad en escalonar la evacuación por vía marítima en el plan de emergencia. Proporcionar vigilancia a los vehículos gubernamentales.
¿Debería ser obligatoria la evacuación?	Es misión del gobierno encargarse de la seguridad pública. Es necesario evitar el saqueo en las zonas evacuadas.	Mover a la gente contra su voluntad es polémico y lleva tiempo.	Debe revisarse la planificación y dar claras directrices.
Los depósitos de combustible de las estaciones se agotaron	Fracaso en el anticipo de la emergencia.	Parte del parque motorizado quedó inmovilizado.	Asegurar mayores reservas de combustible.
Un tanque fue saqueado y se perdieron 300.000 litros	Las protecciones normales contra el robo eran inadecuadas.	Grave peligro de incendio	Mejor protección y mayor vigilancia
Los radioteléfonos VHF quedaron fuera de servicio.	Baterías agotadas y radios obsoletas.	El Observatorio Volcanológico quedó incomunicado	
Escasez de personal en los hospitales y centros de emergencia	Muchas enfermeras estaban ocupadas en la pérdida de su casa y en atender a su familia	Tratamiento inadecuado de las necesidades médicas	Traer personal sanitario de otras zonas para los primeros momentos de la crisis.

No se hizo uso del centro alternativo de operaciones previsto en el Plan.	La caída de pómez de tamaño centimétrico provocó el abandono del sitio	Retraso en establecer otro centro de operaciones alternativo	Estudiar detenidamente los emplazamientos de centros alternativos.
Lentitud en la coordinación con los grupos de voluntarios y organizaciones	Interrupción del sistema de comunicaciones		
Retraso en la obtención de las listas de nombres en los centros de acogida	Al parecer no se le asignó alta prioridad a este tema.	Muchos evacuados carecían de noticias de sus parientes y amigos	Asignar esta responsabilidad y establecer un procedimiento
La gente se quedó en los centros de acogida sin nada que hacer			
Saqueo en las áreas evacuadas	Falta de seguridad		
Dudas sobre qué partes de la ciudad habría que reconstruir	Imposible saber cuando va a ocurrir la próxima erupción		Es urgente realizar un análisis costo-beneficio y tomar decisiones
Gran retraso en el comienzo de la reconstrucción-rehabilitación	Algunos de los planes sectoriales no estaban preparados (alojamiento) Lentitud en conceder fondos y en que estos estuvieran disponibles Dudas sobre que debe manejar estos fondos		
Colapso de los tejados	Peso de la capa de ceniza	Esta fue la mayor causa de daño en los edificios	Organizar equipos para la retirada de las cenizas
Obtener zonas para reasentamientos	No había terrenos oficiales que pudieran proporcionarse inmediatamente	Retraso en proporcionar lugares alternativos.	Establecer rápidamente políticas de emergencia adecuadas.
Directrices limitadas en el Plan de Emergencia para la post-evacuación			Estas directrices deberían incluirse en el plan general para todo tipo de desastre.

Retraso en indicar si era necesaria ayuda internacional y de qué tipo	Lentitud en evaluar las necesidades y en establecer los canales para petición ayuda		Los procedimientos deben establecerse con mayor claridad.
Dudas en las compañías aéreas para prestar servicio	Retraso en el pago de los servicios o por el daño en los aparatos		Mayor claridad en el compromiso con las compañías.

6.3 SEGURIDAD AÉREA Y COMUNICACIÓN DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA ¹

La seguridad del tráfico aéreo frente a una erupción exige evitar que los aviones vuelen dentro de zonas contaminadas por cenizas. Ello requiere un adecuado seguimiento de las nubes de ceniza, las cuales son semitransparentes y difícilmente distinguibles visualmente de las nubes normales, además no son detectables por el radar que lleva el avión. No hay manera de volar a través de una nube de ceniza sin perjudicar al avión. Evitar las nubes requiere la comunicación entre el piloto y los observadores en tierra. Los distintos colectivos involucrados son:

Volcanólogos: siguen la actividad del volcán, deberán alertar en caso de erupción. En caso de volcanes no vigilados, el conocimiento de la geología del volcán puede ayudar a predecir el tipo de erupción.

Pilotos: muchas veces la primera información sobre una erupción vendrá de un piloto que vuele cerca del volcán. Los procedimientos internacionales piden que el piloto realice un informe de la actividad volcánica usando un formulario VAR (Volcanic Ash Report form). Parte de esta información se envía por radio al centro de control de tráfico aéreo más próximo.

Meteorólogos: una vez la nube de cenizas se inyecta en la atmósfera, su evolución está fuertemente condicionada por los vientos. Los satélites permiten hacer el seguimiento de las nubes e incluso descubrir actividad volcánica en volcanes sin monitoreo (Kienle et al., 1990)

Directores de tráfico aéreo: responsables de la comunicación con el piloto y de proveer avisos a aviadores (Notices to Airmen) NOTAMs. Reciben información directamente de los pilotos y meteorólogos. Deben intercambiar esta información para saber que acciones apropiadas se pueden tomar.

¹ Una extensa bibliografía sobre seguridad aérea y actividad volcánica se encuentra en Casadevall 1991 y 1995.

Es importante que la información sobre la actividad volcánica circule rápidamente entre todos los grupos involucrados, si es posible en *tiempo real*, para proporcionar la información oportuna a los directores de tráfico aéreo y a los pilotos. Cada grupo debe tener un plan o formulario de notificación de emergencia por ceniza volcánica y estos procedimientos deben ser parte de la rutina operacional del grupo. La coordinación y notificación debe ser rápida y eficaz; se deben usar caminos múltiples para evitar que la pérdida de un eslabón no rompa el camino de la información.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha establecido desde 1993 los procedimientos de comunicaciones para el caso de las cenizas volcánicas y que establecen las consultas entre portadores aéreos, pilotos, meteorólogos y volcanólogos. Para cada país es importante plantear la posibilidad de que su espacio aéreo esté contaminado por ceniza volcánica. Las autoridades de la aviación civil deben estar alerta para informar sobre nubes de cenizas volcánicas originadas fuera de su jurisdicción. La OACI recomienda que todos los estados miembros con amenaza de ceniza volcánica establezcan un grupo en que los especialistas de los distintos organismos se reúnan periódicamente para discutir los procedimientos relacionados con el riesgo volcánico (OACI, 1996).

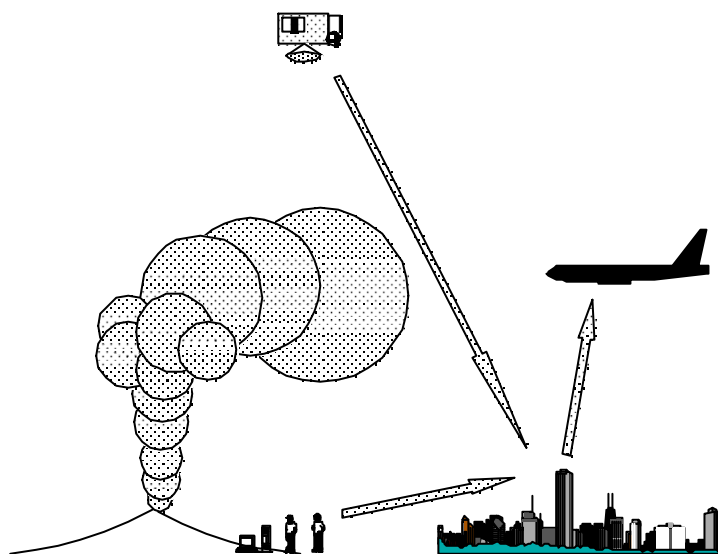


Figura 6-13 El seguimiento de la actividad volcánica para la seguridad del tráfico aéreo implica la comunicación fluida entre los volcanólogos que siguen la evolución del volcán, los controladores de tráfico aéreo, los meteorólogos y los pilotos de los aviones. El uso de los satélites meteorológicos tiene una aplicación importante en el seguimiento de las nubes de ceniza, aunque no son capaces de distinguirlas de las nubes normales.

En los aeropuertos situados en las proximidades de un volcán que presenta actividad explosiva persistente, se han instalado equipos que proporcionan información automática de la actividad del volcán. Un sistema de geófonos y microbarógrafos detecta si se ha producido una explosión y la magnitud de la misma, enviando el mensaje de forma automática a través de las redes de comunicaciones a todas las partes afectadas (Onodera y Kamo, 1994). El

sistema, desarrollado específicamente para la actividad de un volcán en particular, es capaz de discernir el tipo de actividad que este presenta (explosiva, efusiva o exclusivamente actividad sísmica). Es importante destacar que este tipo de realizaciones es difícilmente exportable a otros volcanes (Fig. 6-14 y 6-15).

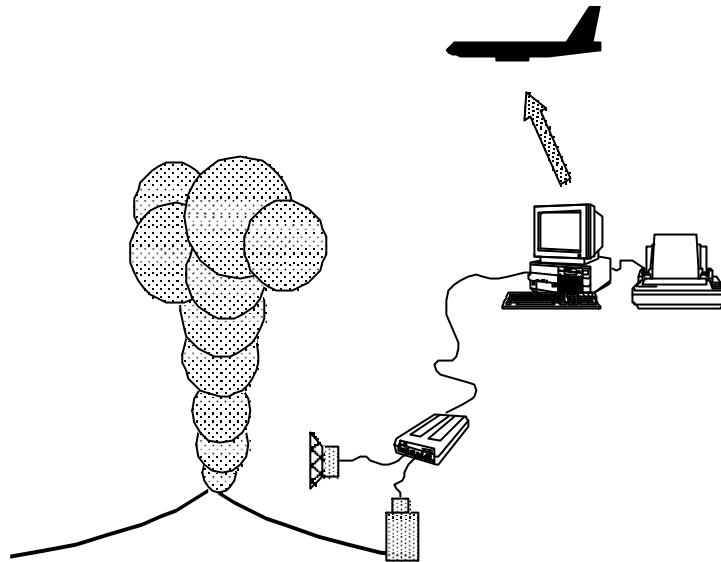


Figura 6-14 Estación desarrollada por la JAL (Japan Air Lines) para la vigilancia automática del volcán Sakurajima a efectos de tráfico aéreo. Utiliza la correlación entre señales sísmicas y acústicas para detectar la actividad explosiva del volcán.

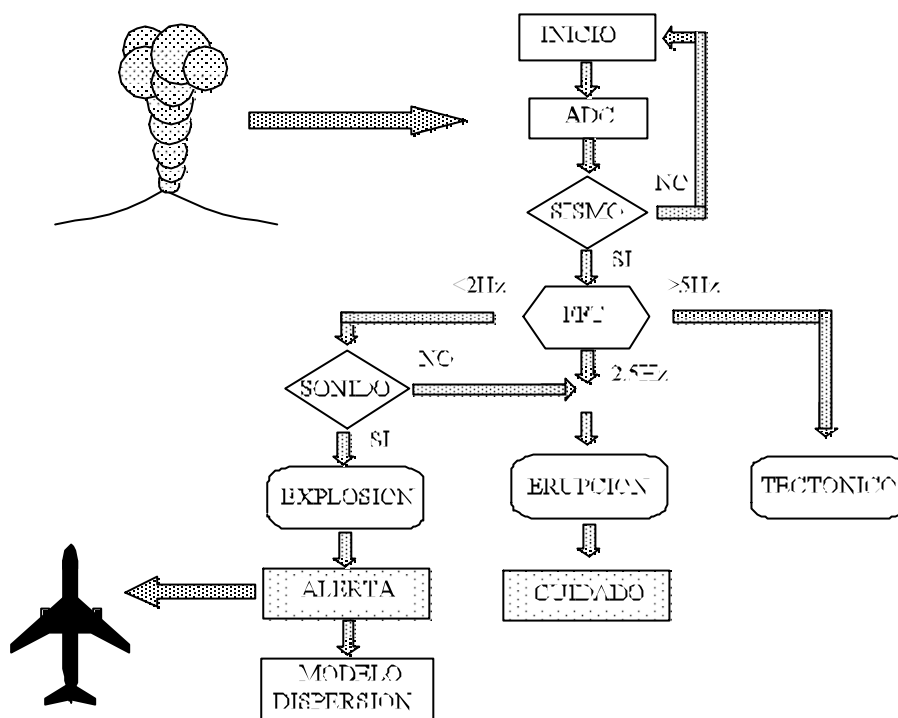


Figura 6-15 Diagrama de flujo del programa de cálculo utilizado para discriminar el tipo de actividad del volcán Sakurajima. Obsérvese que a efectos de tráfico aéreo sólo interesa la actividad explosiva.

Ejemplo del formulario que deben llevar los pilotos en su manual de vuelo para poder informar de la presencia de actividad volcánica (Volcanic Ash Reporting (VAR) form)

Origen..... Día..... Hora (UTC).....

Compañía..... Vuelo..... Comandante..... Destino..... Día..... Hora (UTC).....

Dirección		
AIRP SPECIAL		
1	1 identificación avión	
	2 posición	
	3 hora	
	4 altura de vuelo	
	5 ACTIVIDAD VOLCÁNICA OBSERVADA EN	Posición
		distancia al avión
	6 temperatura aire	
7 viento		

	8 Información complementaria	breve descripción de la actividad, incluyendo extensión horizontal y vertical de la nube de cenizas, movimiento, velocidad de expansión, etc.
2	La siguiente información no es transmitida por RTF (Marcar la casilla adecuada)	
	9 densidad de la nube	baja() moderada() densa()
	10 color de la nube	blanca() gris claro() gris oscuro() negra()
	11 erupción	continua() intermitente() no visible()
	12 posición de la actividad	sumital() lateral() simple() múltiple() no visible()
	13 otros fenómenos	rayos() incandescente() grandes rocas() caída cenizas() nube en champiñón() nil()
	14 efectos en el avión	comunicaciones() sistema navegación() motores() piloto aut() viento() ventanas() nil()
	15 otros efectos	turbulencia() fuego S. Telmo() humo() depósito cenizas()
	16 otra información	

Finalmente presentamos un ejemplo de un mensaje NOTAM correspondiente al inicio de la erupción del volcán Komagatake el 5 de marzo de 1996, (Hokaido, Japón) recibido a través de la red VOLCANO

```

RJTD A1365/1996 NOTAMN : INVALID
AFTN MESSAGE HEADING
BNA0323 052223
GG YBBYNYX
052221 RJAAYNYX
AFTN MESSAGE TEXT
A1365/96 NOTAMN
Q)RJCG/QWWXX/IV/NB/EW/038/043/4204N14041E001
A)RJTD B)9603052050 C)9603060250
E)
TOKYO FIR
VOLCANIC ACTIVITY INFO MT.HOKKAIDO KOMAGATAKE(AIP RAC9-10 R12)

```

180

R. ORTIZ y V. ARAÑA

MT.HOKKAIDO KOMAGATAKE 420339N1404051E ERUPTED AT 9603052050
VOLCANIC ASH CLOUD TOP :4209FT
DRIFT DIRECTION :UNKNOWN
F)3717FT G)4209FT

RJTD A1365/1996 NOTAMN : INVALID
AFTN MESSAG

