

## 4.2 ALARMAS

### Introducción.

Las primeras acciones que deben constar en un plan de emergencia, son aquéllas que establecen el sistema de alarmas, o sistema de información necesario para alertar a las autoridades sobre posibles emergencias, en forma tal que efectiva y rápidamente pueda declararse el estado de alerta y poner en marcha el plan de emergencia. Constituyendo las alarmas un sistema de información para las diferentes fases, en caso de desastre el plan deberá contener los canales de comunicación claramente establecidos, tanto dentro de la empresa como con otras instituciones y Defensa Civil; los responsables de producir y recibir la información en la empresa según sea el caso; y los procedimientos para que una vez que la información sea recibida, se pase a la Comisión de Emergencia, o a quien corresponda, y se tomen las acciones en el menor tiempo posible.

### *Cronología de las operaciones en caso de desastre.*

Un desastre puede presentarse en forma repentina, como el caso de un terremoto, y en éstos no operan las alarmas, ni se declara estado de alerta, sino que directamente se declara el estado de emergencia y la efectividad con que la misma es atendida dependerá en gran parte de que el plan se pueda implementar.

Hay fenómenos naturales, como los huracanes, cuyo impacto puede ser previsto, hoy en día en la mayoría de los casos, con la anticipación suficiente para declarar el estado de alerta y poner en marcha el plan de emergencia. En esos casos los sistemas de alarmas son tan importantes como el plan mismo, y en la efectividad de los mismos radica el éxito en hacerle frente a la emergencia.

Casos similares se presentan en un sistema de abastecimiento de agua cuando ocurre la rotura de una línea matriz principal, o en una cuenca sucede un accidente a un camión cisterna, que produce el regado de combustible y contaminación del agua. En el primer caso, lo intempestivo de la rotura de la matriz no da lugar al funcionamiento de alarmas ni al establecimiento de estados de alerta, sino que de inmediato se procede con el plan de emergencia, que deberá establecer las alternativas de abastecimiento o los procedimientos a seguir en caso de que tal matriz falle. En el segundo caso, un sistema de alarma, monitoreo de la calidad del agua en la toma, por ejemplo, podrá dar la alarma a la planta de tratamiento con suficiente antelación como para que entren en operación procedimientos establecidos para tal emergencia.

Lo anterior nos conduce a que hay fenómenos naturales y emergencias que se presentan en forma intempestiva, caso en el cual las alarmas prácticamente no se dan, y hay otros fenómenos naturales y emergencias que sí pueden ser detectados, se pueden predecir y se pueden producir los avisos con un sistema eficiente de alarma.

Aún en el caso de terremotos y erupciones volcánicas, como se describe más adelante, hay algunos indicios que son precursores de grandes sismos y erupciones volcánicas.

Se puede establecer la cronología de las etapas de un desastre para definir las etapas del plan.

La primera fase es la de alarma, generalmente de duración muy corta, (horas). Se inicia con la detección del peligro, o recibo de la información de la inminencia de que un determinado fenómeno se va a presentar y concluye una vez que se declara el estado de alerta. Se le da también el nombre de fase informativa.

La segunda fase es la etapa de alerta, y consiste en el período que transcurre desde el momento en que se declara el estado de alerta, hasta que se presenta el impacto. La duración de esta fase puede ser muy corta - 24 a 48 horas - para el caso de huracanes, relativamente larga para el caso de erupciones volcánicas - semanas, meses, e incluso años - o puede ser que del estado de alerta no se

pase a la fase siguiente, como podría ser el caso de un huracán que cambia de rumbo con respecto a una determinada área.

La tercera fase se denomina fase del impacto y es el período en que generalmente se da la mayor destrucción, ocurren muertes y traumatismos, prevalece el pánico y el desorden.

La cuarta fase se denomina fase de emergencia y comprende el período en que se procede a las operaciones de salvamento, entre ellas rescate de personas enterradas o atrapadas en los escombros, administración de los primeros auxilios, prestación de asistencia médica de urgencia a los lesionados, etc.

La fase de emergencia suele dividirse en dos períodos: uno caracterizado por el aislamiento y otro por las medidas externas de rescate y socorro.

Durante el período de aislamiento, la comunidad afectada se encuentra totalmente abandonada a su suerte. Las autoridades no saben cuales son las zonas más afectadas porque se han interrumpido las comunicaciones. Este período termina con la llegada de las primeras brigadas de rescate procedente de zonas no damnificadas. Con frecuencia se necesitan varios días para alcanzar algunas poblaciones pequeñas, por eso las personas que quedaron atrapadas por los escombros se están curando o ya han muerto cuando llega la asistencia médica.

El período de rescate o socorro comienza con la llegada de las brigadas de auxilio que llevan suministros de urgencia y equipo médico y que actúan sin ninguna coordinación al principio y después se van organizando. Este es el momento en que comienza a administrarse el primer tratamiento médico a los heridos, pero hay que advertir que el plasma, la sangre y los medicamentos de emergencia, tan necesarios en hospitales bien equipados, salvarán muy pocas vidas en las zonas marginales fuera del alcance del auxilio inmediato. En esta circunstancia, ante el temor generalmente sin fundamento de que la descomposición de los cadáveres puede originar epidemias, se produce de manera expedita a la inhumación o cremación de los muertos.

La fase de emergencia comprende lo que se ha denominado la *convergencia* de familiares, amigos y trabajadores *voluntarios*. Es entonces cuando las víctimas reciben mayores auxilios (o a veces los daños mayores).

En el terremoto de Nicaragua de 1972, esta fase terminó a los cinco días. *La población hospitalaria reflejó esta situación ya que el tipo de enfermo internado se asemeja más al paciente de cualquier hospital en época normal que al que produce una situación de desastre natural.*

La quinta fase denominada de rehabilitación ya ha comenzado durante la emergencia y en ella se va dando prioridad a la prestación de servicios habituales indispensables en instalaciones provisionales (abastecimiento de agua mediante camiones-cisterna y servicios de salud en hospitales de campaña). Las medidas ambientales, de saneamiento e instalación de albergues de urgencia reciben entonces particular atención.

La sexta y última fase, denominada de reconstrucción, es la que más recursos y esfuerzos exige pero la que menos se presta para motivar la solidaridad internacional. Esta fase puede ofrecer oportunidades de introducir mejoras y reformas a fin de que el país esté preparado para cualquier otro desastre natural. Pero se ha dado también el caso de que por pérdida de interés o por falta de ayuda económica externa durante este período, los efectos devastadores a largo plazo adquieran permanencia.

---

## Alarmas.

### A. Definición y objetivos.

Se entenderá por alarma o sistema de alarma, el método de información que permitirá en primer lugar, detectar la inminencia del peligro de una posible emergencia que puede ser

causada por un fenómeno natural de origen meteorológico, topológico, telúrico o tectónico, así como por un posible accidente como la falla de una presa, de un túnel, incendio, introducción de sustancias contaminantes en el sistema de abastecimiento de agua, etc., y en segundo lugar, informar oportunamente tal inminencia a la autoridad que corresponda.

Como resultado de la definición anterior, los sistemas de alarmas tienen objetivos fundamentales cuales son: en primer lugar, como su nombre lo indica, constituye un aviso de que determinado fenómeno o accidente provocará, generalmente a corto plazo, una posible situación de emergencia. En segundo lugar, constituye un mecanismo para poner a funcionar el Plan de Emergencia, el cual debe contener acciones claras y precisas para esta etapa de las operaciones en casos de desastre.

#### B. Predicción, observación y alarmas para fenómenos meteorológicos.

Se refiere a las depresiones tropicales alrededor de las cuales el viento circula con velocidades observadas de hasta 270 Km por hora, fenómenos denominados en el área del Caribe como huracanes; predicción de lluvia y riesgo de inundación; mareas de tempestad y tornados.

- Ciclones tropicales o huracanes.

Las pérdidas humanas y económicas atribuidas a un ciclón tropical pueden reducirse mucho siempre que se adopten medidas adecuadas de prevención y con la condición de que estas medidas se vean completadas por una organización eficaz y bien establecida para la protección contra los desastres, en la que se incluya un servicio seguro de avisos previos y se vea respaldada por el apoyo de una población activa y responsable.

Los huracanes en las Américas se presentan en los meses de mayo a octubre y en el área ubicada al norte del paralelo 10, con una mayor incidencia en el Caribe. Esta ubicación en el tiempo y en el espacio ya de por sí constituye una alarma.

La predicción de los parámetros meteorológicos - presión, temperatura, viento, lluvia, etc. - se funda sobre todo en la adquisición de datos básicos. En casi todos los casos un meteorólogo no podrá predecir el valor de una variable atmosférica sin disponer de una serie de datos correspondientes que justifiquen, científica y técnicamente, la formulación de una predicción. Por ejemplo, la predicción de los vientos de la atmósfera superior se hace, para la aviación, fundándose en el análisis de los datos obtenidos por las redes de estaciones de observación en altitud que miden los vientos hasta una altura de unos 30 Km (una o dos veces al día).

Un fenómeno atmosférico tal como la niebla puede ser previsto porque se ha comprendido bien la manera en que la temperatura, humedad y viento se combinan para producirlo. Estas variables se miden con mucha frecuencia. Se utilizan varios métodos para adquirir datos meteorológicos. Aparte de las estaciones terrestres dotadas del correspondiente equipo, más o menos complejo, existen instalaciones especiales que utilizan el radar meteorológico. Los buques mercantes, por ejemplo, están dotados de instrumentos para hacer informes meteorológicos que son enviados a las estaciones costeras por radio; además, se cuenta también con los medios más recientes de observación como son los satélites de órbita polar y geostacionarios.

En muchas zonas del mundo, especialmente los océanos, los desiertos deshabitados y las regiones polares, el satélite constituye la fuente principal de información específica sobre las condiciones atmosféricas. Para obtener información de los ciclones tropicales, especialmente en sus primeras fases de desarrollo que se producen en mar abierto, las observaciones por satélites son de la mayor importancia. Dicha información es ya de gran calidad y continúa mejorando, pero se requieren más esfuerzos con objeto de obtener datos más precisos de la posición e intensidad de los ciclones tropicales a medida que estas perturbaciones se aproximan a una zona crítica tal como la costa.

Cada país por separado quizás no pueda, por sus propios medios, sufragar las costosas instalaciones que se necesitan para recibir todos los datos que pueden obtenerse de un satélite geoestacionario. A este respecto, el sistema más práctico y económico parece ser la instalación de estaciones regionales financiadas conjuntamente por varios países, dotadas de enlace de comunicación con los centros meteorológicos más próximos. Hay que confiar en que los problemas de financiación puedan ser vencidos, ya que la información que puede obtenerse es demasiado valiosa para los países vulnerables a los ciclones tropicales, para que puedan prescindir de ella.

El radar meteorológico es ya un instrumento de gran eficacia para la detección de la lluvia y de los sistemas nubosos, pero se debe fomentar su mayor utilización en las zonas donde se producen ciclones tropicales. Una cadena de estaciones de radar a lo largo de la línea costera puede facilitar datos de una amplia zona y, por acuerdo regional, puede dar lugar a intercambios muy útiles de datos entre los países



Figura 4 - 1  
Trayectoria del huracán Allen. Agosto de 1980

#### Detección y rastreo de los ciclones tropicales.

En la atmósfera tienen lugar continuamente transformaciones de energía y otros procesos. Existe una gran variedad de estos procesos, algunos son rápidos mientras que otros son lentos. Algunos se hallan en fase de disipación mientras que al mismo tiempo se generan otros nuevos. Debido a que la atmósfera se halla en continuo estado de agitación, sus propiedades - presión, temperatura, vientos, etc. - han de ser medidas y observadas frecuentemente en gran número de puntos, de modo que su estado pueda ser descrito de la manera más completa posible a intervalos de pocas horas, con objeto de notar tanto la ocurrencia como los síntomas de ocurrencia de todos estos fenómenos. Por consiguiente, y con el fin de llevar a cabo las tareas de predicción que les incumben, los servicios meteorológicos dependen de la recepción de datos varias veces por día, procedentes de una muy amplia zona de los alrededores del país o región al que se destinan los servicios de predicción.

No sólo han de hacerse observaciones de una amplia zona, sino que han de estar en funcionamiento las correspondientes instalaciones de telecomunicación de modo que los datos puedan ser reunidos y después difundidos a todos los servicios de predicción, de acuerdo con sus necesidades. Estas necesidades esenciales -adquisición, recopilación, elaboración y distribución de datos - de la ciencia y práctica de la predicción meteorológica han motivado la instauración del Programa denominado Vigilancia Meteorológica Mundial.

### **Sistemas de observación**

El sistema de observación de la Vigilancia Meteorológica Mundial consiste esencialmente en la integración de las redes sinópticas básicas de cada país en un sistema único al que aplican procedimientos técnicos comunes. Estas redes están constituidas por estaciones de observación de superficie y por un pequeño número de estaciones de observación en altitud, encargadas estas últimas de medir la presión, temperatura, humedad y viento desde el suelo hasta una altitud de unos 30 Km. Además, los países marítimos hacen lo necesario para que se efectúen observaciones meteorológicas a bordo de los buques de sus flotas mercantes y, en ciertos casos, algunos grupos de países han facilitado fondos para mantener en funcionamiento buques meteorológicos en estaciones fijas.

Cada país se encarga también de instalar equipos receptores en sus principales centros meteorológicos para recibir las transmisiones automáticas de imagen de nubes (APT) procedentes de los satélites de órbita polar.

La red básica de observación de cada país está destinada a hacer frente a las necesidades habituales de la predicción y de la climatología aplicadas a la aviación, agricultura, industria público en general, etc. Sin embargo, cuando se trata de necesidades especiales o si es probable que se produzcan fenómenos meteorológicos anormales, cada país suele instalar otros medios de observación adicionales con el objeto de complementar los datos que facilita la red básica. Todo país vulnerable a los ciclones tropicales debe establecer las instalaciones adicionales siguientes:

#### **a) Radar meteorológico.**

El equipo de radar que funciona con una longitud de onda de 10 cm tiene alcance eficaz de unos 300 Km para localizar y rastrear los ciclones tropicales. Con el equipo de radar instalado en emplazamientos elevados a lo largo de la costa, se puede obtener continuamente información precisa sobre la trayectoria de un ciclón tropical por lo menos 24 horas antes de su llegada, si la trayectoria se aproxima a la costa pero formando un ángulo oblicuo con ella. Contando con una serie de estaciones de radar, se debe poder mantener una constante vigilancia del ciclón tropical durante varios días. Dentro de su alcance, una estación de radar meteorológico, además de su función de rastreo, facilita información muy útil y precisa sobre la naturaleza de los sistemas nubosos y correspondiente lluvia de los ciclones tropicales.

#### **b) Recepción de los datos procedentes de los satélites.**

Las imágenes procedentes de los satélites meteorológicos contienen numerosa información de la estructura de las nubes que existen en la atmósfera en el momento de tomar las fotografías. Los detalles de estas fotografías de las nubes constituyen para los meteorólogos un medio muy preciso para identificar los ciclones tropicales y para situar las posiciones de sus centros. Las imágenes de las nubes pueden también ser utilizadas de un modo cualitativo que permite estimar la intensidad de un ciclón tropical. El método es casi completamente empírico, pero permite obtener estimaciones de la presión mínima al nivel del mar dentro del ciclón tropical y de la fuerza máxima del viento, que han estado dando constantes resultados.

Hay dos sistemas de satélites meteorológicos actualmente en uso operativo. Uno es el sistema de satélites de órbita polar que facilita, a intervalos de 12 horas, imágenes de la distribución de nubes en una amplia zona centrada en la estación receptora.

El segundo sistema consta de satélites geoestacionarios, cada uno de los cuales está situado permanentemente sobre un punto fijo del ecuador.

c) Informes procedentes de las aeronaves.

Los informes hechos en vuelo por aviones comerciales u otras aeronaves que vuelen en la zona general donde haya un ciclón tropical, pueden constituir un complemento muy útil a los datos obtenidos de otras fuentes. Por consiguiente, cuando se sabe que existe un ciclón tropical se deben tomar disposiciones especiales para obtener informes meteorológicos - vientos, temperaturas, estructura de las nubes, etc. - de cualquier avión que se espere haya de volar cerca de la perturbación. Dichos informes deben ser transmitidos en vuelo al correspondiente centro de predicción.

Los aviones especiales de reconocimiento, dotados de equipo completo con los más recientes instrumentos meteorológicos y de navegación, podrían facilitar información referente a la intensidad de un ciclón tropical y a la posición de su centro con mayor precisión que cualquier otra fuente de datos. Los gastos de inversión y funcionamiento de dichos aviones son muy elevados y esta posibilidad sólo será practicable si los países de una región vulnerable se unen, posiblemente con ayuda exterior, para financiar un proyecto.

d) Sistema de concentración de datos.

Toda la organización destinada a la obtención de datos meteorológicos contiene numerosas componentes, y su utilidad y eficacia se verían seriamente comprometidas si esta organización no está respaldada por un sistema rápido y seguro de concentración y distribución de datos en forma básica y elaborada, o sea de un sistema eficiente de alarmas. La pérdida de tiempo en la concentración de datos puede reflejarse en la inferior calidad de las predicciones.

### Procedimientos de predicción

El trabajo técnico habitual de un servicio de predicción consiste en la transcripción y análisis de los mapas sinópticos y diagramas aerológicos, como fase preliminar para la elaboración de mapas de predicciones que describen la situación de la atmósfera con anticipación de 12, 24 y 36 horas. Los mapas sinópticos elaborados por un servicio meteorológico nacional han de cubrir una zona muy amplia que se extiende en todas direcciones, mucho más allá de las fronteras territoriales del país. Estos mapas se elaboran para varios niveles de la atmósfera desde la superficie, que son los bien conocidos mapas meteorológicos, hasta una altura de unos 20 Km. Los diagramas aerológicos constituyen un método muy adecuado para mostrar la estructura vertical de la atmósfera en determinado número de emplazamientos utilizando los datos obtenidos por las estaciones de observación en altitud, cada 12 o 24 horas. Muchos de los graves errores de predicción proceden de falta de datos de buena calidad.

En las regiones donde se producen ciclones tropicales, el servicio de predicción deberá estar constantemente en estado de alerta con el fin de detectar cualquier ciclón tan pronto como sea posible después de su aparición.

Tan pronto se conoce la existencia de un ciclón tropical y su posición aproximada, los predictores dedican especial atención a los siguientes aspectos:

- a) Su intensidad, vale decir, la presión central mínima y la máxima fuerza del viento, cambios de intensidad del ciclón tropical, así como la dirección y velocidad de su movimiento.
- b) Posibilidades de lluvia (en consulta con el servicio hidrológico).
- c) Posibilidades de marea de tempestad ( en consulta con el servicio hidrográfico).

Los ciclones tropicales tienden a desplazarse con el flujo medio del volumen de la atmósfera que les rodea. Este flujo medio, denominado corriente directiva, puede ser modificado por varias fuerzas, algunas de las cuales constituyen una excelente guía para el rastreo del

fenómeno durante las próximas 24 horas. El análisis de los datos correspondientes a numerosos años, registrados en la misma zona oceánica y en la misma época del año, permitirán obtener valores medios de la dirección y velocidad del movimiento por comparación con las interferencias motivadas por la corriente directiva. También se pueden obtener indicaciones muy valiosas mediante el simple procedimiento de transcribir en un mapa las posiciones sucesivas del centro del ciclón tropical. La extrapolación de la trayectoria a periodos de hasta 12 a 18 horas, da en general buenos resultados.

Los errores de predicción en lo que respecta al centro del ciclón tropical, son de enorme importancia práctica. Las estadísticas reflejan una mejora en ese sentido.

#### **Predicción de la lluvia y riesgo de inundación**

En la predicción y aviso de los distintos aspectos del riesgo de inundación, debe establecerse una estrecha coordinación entre los predictores meteorológicos y los hidrólogos, los cuales deben trabajar de acuerdo con las entidades responsables de los recursos hídricos y con las autoridades locales. El meteorólogo, además de predecir la intensidad, movimiento y evolución del ciclón tropical, elaborará también predicciones de lluvia, hora de su inicio, duración y cantidad prevista.

La evaluación del riesgo de inundación se funda principalmente en la predicción de lluvia aplicable a las zonas en donde el intervalo que separa la lluvia intensa de la inundación, puede ser corto. Por ejemplo, podemos citar las zonas urbanas situadas en las proximidades de una vertiente de captación de agua, o las islas pequeñas que tienen una zona montañosa en el interior. En las otras regiones donde el agua fluye corriente abajo durante muchas horas, o varios días, antes de causar daños, la predicción de inundaciones se funda principalmente en el análisis de las medidas sucesivas del caudal en distintos puntos a lo largo del río. Entre otros factores importantes, podemos citar la lluvia total acumulada que ha caído ya y el estado actual de los ríos en relación con los niveles de inundación.

#### **Centros de la Vigilancia Meteorológica Mundial - Transmisión de las predicciones**

Aunque aumenta continuamente la utilización de las computadoras en meteorología, es necesario reconocer que no todos los servicios meteorológicos nacionales poseen una de ellas con la suficiente potencia para poder utilizarla en las labores de predicción para fines operativos. Cuando la computadora está fuera de uso, el servicio correspondiente debe disponer de equipo para recibir las transmisiones por facsímil procedentes del correspondiente Centro Meteorológico Regional o de un Centro Meteorológico Mundial perteneciente al Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM. Estos centros emiten dos veces al día mapas previstos por computadoras.

Cuando se ha reconocido que existe la posibilidad de que se produzca un ciclón tropical, el servicio meteorológico será también responsable de las siguientes actividades.

- i) Preparación de boletines periódicos o predicciones, con el fin de mantener informadas a las autoridades responsables y público en general, de la intensidad, posición y movimiento previsto del ciclón tropical.
- ii) Difusión de avisos de vientos peligrosos, fuertes mareas de tempestad y lluvias torrenciales.

Los distintos grupos de posibles usuarios de los avisos deben ser determinados con anticipación, analizando todas sus necesidades y, antes de que se produzca la emergencia deben terminar todos los preparativos con el fin de elaborar y distribuir rápidamente los avisos. Entre los grupos de usuarios cuyas necesidades han de ser estudiadas, figuran las autoridades civiles y militares, empresas de abastecimiento de agua, flotas pesqueras, propietarios de pequeñas embarcaciones, empresas de manufactura, escuelas, sistemas de transporte, compañías eléctricas, sistemas de comunicación, tiendas de venta al por mayor, hoteles, etc.

Los avisos, una vez difundidos, deben ser confirmados, modificados o anulados a intervalos regulares, de preferencia cada seis horas. Así pues, incluso si un tipo de usuarios necesita un aviso con dos o tres días de anticipación para que pueda ser aplicado con eficacia, estos usuarios deberán ser siempre informados de la validez ulterior del aviso. Cuanto mayor es la anticipación de un aviso, mayor es la posibilidad de que resulte innecesario. Por lo tanto, si un aviso ha de ser modificado o anulado, es mejor hacerlo cuanto antes.

#### *Mareas de tempestad*

La predicción de las mareas de tempestad se funda actualmente en gran medida en métodos empíricos. Varios países están llevando a cabo trabajos de investigación muy prometedores con el fin de llegar a establecer modelos dinámicos que permitan elaborar predicciones numéricas para complementar las basadas en fórmulas empíricas.

Como medida preparatoria para la predicción de mareas de tempestad, es necesario disponer de gran cantidad de antecedentes. Se necesita, por ejemplo, disponer de mapas de frecuencia de vientos fuertes, amplitud de marea diaria correspondiente a los meses de la estación de ciclones, así como de los resultados de los estudios topográficos de la plataforma continental y de las bahías.

Las técnicas empíricas de predicción actualmente en uso, permiten obtener la elevación máxima prevista del nivel del mar o la altura de la marea de tempestad en función de la distancia y dirección, a partir del centro del ciclón tropical. Estas técnicas dan resultados bastante buenos. Cuando se producen errores de predicción de la altura de la marea de tempestad en un punto de la costa, invariablemente la razón es que la predicción de la entrada en tierra del ciclón tropical fue imprecisa. Por consiguiente, a medida que los meteorólogos mejoren su capacidad de predicción en lo que respecta a la velocidad y dirección del movimiento de los ciclones tropicales, también mejorará la predicción de las mareas de tempestad.

#### *Tornados*

##### **Generalidades.**

Los tornados pertenecen a la categoría de fuertes temporales locales que cubren zonas geográficas relativamente pequeñas o que se desplazan a lo largo de estrechas trayectorias y se disipan después de haberse desplazado algo más de 100 Km aproximadamente. Como ejemplo de estos temporales citaremos los siguientes:

- a) Tornados y trombas marinas. Una tromba marina es un tornado sobre una superficie de agua, que raramente tiene la violencia de los tornados que se producen en tierra.
- b) Tormentas acompañadas por granizo grueso y fuertes vientos. En todo momento se producen casi 2.000 tormentas en todo el mundo, pero sólo unas pocas causan muertes o daños. Las tormentas fuertes, que producen granizo de gran diámetro, de 20 mm o más, acompañadas de fuertes vientos de intensidad superior a 25 metros por segundo, pueden causar numerosas muertes y considerable destrucción. Las tormentas fuertes van generalmente asociadas a los tornados.
- c) El rayo, generalmente asociado a las tormentas y algunas veces, aunque con menor frecuencia, con los tornados. No obstante, las descargas del rayo en un tornado son más brillantes y potentes que en cualquier otro tipo de tempestad.

### Ocurrencia y naturaleza de los tornados.

Las condiciones meteorológicas que favorecen la formación de un tornado son la presencia, en una pequeña zona, de capas de aire con contrastes de temperatura y humedad, y con una circulación de viento tal que se puede producir fuerte convección y condensación en todos los niveles, junto con una convergencia de aire cerca de la superficie terrestre. No obstante, como ocurre con muchos fenómenos microescalares de la atmósfera, todavía no se conoce perfectamente cuál es el mecanismo que determina si un tornado se ha de formar o no, cuando existen las condiciones necesarias.

Los tornados se forman a una altura de 1 a 2 Km por encima de la superficie, por tiempo cálido y húmedo y en condiciones muy inestables que son características de una activa línea de turbonada formada por varias tormentas. El observador ve el tornado como un vórtice o columna de viento que gira alrededor de una cavidad vacía en la que la fuerza centrífuga produce un considerable descenso de la presión. La condensación se produce alrededor del vórtice formado por la nube colgante en forma de embudo, que constituye la característica más evidente de un tornado y que la distingue entre todos los otros temporales que ocurren en tierra. Cuando esta nube o embudo baja hasta el suelo, comienza inmediatamente la destrucción mediante el efecto combinado de fuertes vientos giratorios, con velocidades que exceden probablemente de 80 metros por segundo y de la depresión que se origina en el centro del vórtice.

El mejor medio instrumental de detección es el radar, que dentro de su alcance, puede dar indicaciones claras y seguras de la inminente probabilidad de formación de un tornado. Al aceptar el hecho de que los sistemas normales de observación son insuficientes hasta cierto punto para la detección de la mayoría de los tornados que se producen, algo ha de hacerse teniendo en cuenta que estos fenómenos son tan peligrosos. La mejor solución y quizás la única, es la adoptada en los Estados Unidos de América, que consiste en obtener la colaboración de la población, a través de un cuerpo de voluntarios para vigilar los tornados.

El servicio meteorológico, basado en todos los datos disponibles - incluidas las imágenes de los sistemas nubosos procedentes de los satélites - determina las zonas en donde hay gran probabilidad de que se produzcan tornados.

Los mensajes difundidos especifican las zonas y piden a los observadores voluntarios que se mantengan en continua vigilancia y den cuenta inmediatamente de cualquier signo que detecten sobre la aparición de tormentas o tornados. Esos informes se recopilan, junto con todos los datos de que dispone el servicio meteorológico, y pueden motivar la difusión de avisos más concretos y localizados, aunque el aviso general continuará normalmente en vigor y los observadores seguirán en estado de alerta.

En lo que respecta a la predicción de tornados, la primera medida fundamental consiste en delimitar las zonas donde las condiciones de la atmósfera son marcadamente inestables o empiezan a serlo, de modo que no pueda pasarse por alto la posibilidad de que aparezcan fuertes tormentas o tornados en dichas zonas.

Las próximas medidas que pueden tomarse dentro de un breve intervalo son las siguientes, en este orden:

- a) Establecer una vigilancia de tornados en zonas y períodos específicos.
- b) Difundir avisos de tornado, especificando una vez más las zonas y períodos.
- c) Estudiar los informes de tornados recibidos por el servicio meteorológico.

Ocasionalmente, puede cambiar el orden de realización de estas fases. Si por ejemplo, un observador ve un tornado antes de que se haya difundido el aviso, el servicio meteorológico verificará inmediatamente dicho informe y, habiéndolo hecho, difundirá un aviso inmediatamente. Como ya se ha dicho, estas medidas pueden tomarse simultáneamente, pero los predictores deben siempre tratar de difundir el aviso de tornado con anticipación de varias horas.

### C. Predicción, observación y alarmas para fenómenos topológicos.

Se refiere este párrafo básicamente a los aludes y avalanchas como fenómenos topológicos, aún cuando en realidad, estos fenómenos naturales son el resultado de varios factores que actúan conjuntamente, incluyendo factores topológicos y atmosféricos.

#### Generalidades

Las avalanchas se producen en todas las zonas montañosas del mundo en donde la inclinación de las laderas es suficientemente acentuada y existe una gran proporción de precipitación en forma de nieve. Las medidas de protección contra avalanchas corresponden principalmente a dos tipos: a corto plazo y a largo plazo. Las medidas a corto plazo consisten en la difusión de avisos de avalancha y en el desencadenamiento de avalanchas por medios artificiales. Estas medidas dependen de la experiencia local acumulada durante muchos años, ya que actualmente no existe ninguna teoría universalmente aceptada en lo que respecta a estos fenómenos.

Las medidas de protección a largo plazo tienen por objeto impedir la formación de avalancha, y entre ellas podemos citar la repoblación forestal y la construcción de determinadas estructuras de distinta clase. Las avalanchas se dividen en tres categorías principales, en función de sus dimensiones:

- a) Desprendimientos. Pequeños desprendimientos de nieve cuya longitud y anchura son inferiores a 50 metros.
- b) Avalanchas de ladera. De tamaño medio, no llegan al fondo del valle.
- c) Avalancha de valle. Grandes avalanchas que alcanzan el fondo del valle y en casos extremos causan desastres.

#### Avisos o alarmas de avalanchas

El requisito previo fundamental para que funcione satisfactoriamente un servicio de aviso es disponer de una red de estaciones en donde se efectúen diariamente observaciones y medidas meteorológicas (temperatura del aire, viento, nubosidad, precipitación), de las condiciones de la nieve (nieve reciente, profundidad total, temperatura de la nieve) y den cuenta de cualquier avalancha que hayan observado. Estas estaciones deben ser representativas de sus alrededores, y la densidad de la red en las regiones alpinas debe ser de una estación por cada 300 a 500 kilómetros cuadrados. Las observaciones efectuadas en cada estación deben ser transmitidas con rapidez al centro de aviso de avalanchas.

#### Provocación artificial de avalanchas

Si durante una fuerte nevada se acumulan grandes masas de nieve en las laderas situadas por encima de algún lugar o estructura vulnerable, es aconsejable hacer que estas masas caigan por etapas antes que sean demasiado grandes. De este modo se puede conjurar el riesgo de que una fuerte avalancha ejerza efectos desastrosos en un asentamiento humano o pueda dañar las estructuras y las comunicaciones. Se deben tomar precauciones de seguridad, como por ejemplo la construcción de barreras que desvíen la caída de la nieve y posiblemente la evacuación de la población amenazada, antes de iniciar cualquier acción de provocación artificial de avalanchas.

La provocación artificial de avalanchas se lleva a cabo bajo la estrecha supervisión de un experto, mediante explosiones por encima o justamente por debajo de la capa de nieve. Hasta la fecha se han utilizado para ello con éxito los morteros, cohetes y cargas explosivas lanzadas a mano, pero evidentemente que todos estos medios han de ser utilizados por expertos.

#### D. Predicción, observación y alarmas para fenómenos telúricos y tectónicos.

Se refiere este párrafo a los terremotos y erupciones volcánicas, fenómenos telúricos y tectónicos por excelencia. Ambos fenómenos han producido tremendos desastres en el pasado, y han sido causantes de miles de pérdidas de vidas y de millones de pérdidas materiales.

##### *Terremotos*

##### **Generalidades**

Los temblores y terremotos en las Américas se presentan con mayor incidencia a lo largo de toda la Costa Pacífica del Continente, desde Alaska hasta la Patagonia y en toda el área del Caribe y en cualquier época. La Figura 4 - 2 muestra los epicentros de los terremotos de 1973 y la Figura 4 - 3, las zonas de ruptura y epicentros en Centroamérica durante el siglo XX, ubicación en el espacio y en el tiempo que constituye de por sí la primera alarma.

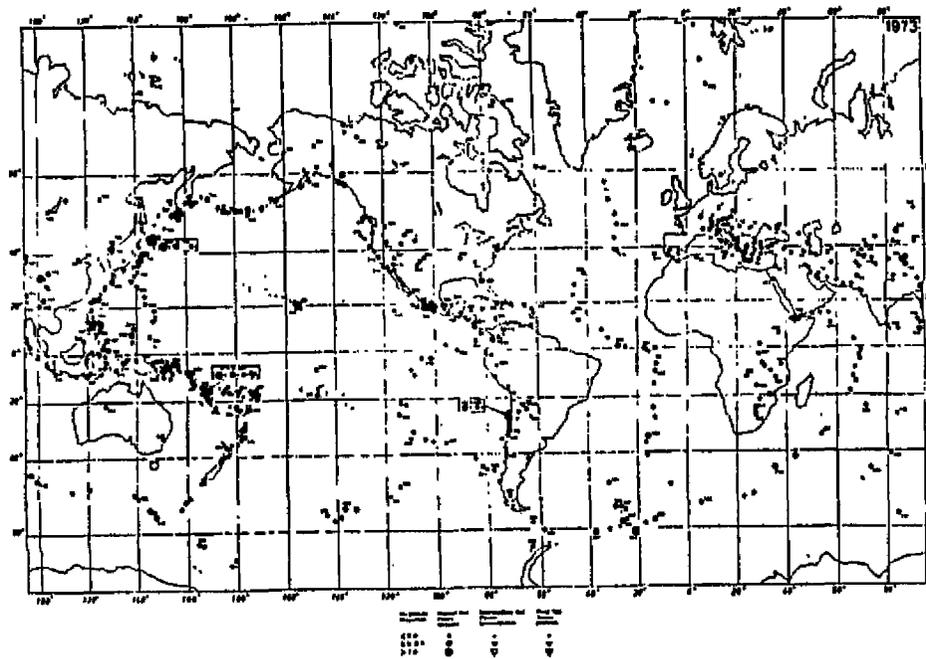


Figura 4 - 2  
Mapa de los epicentros de los terremotos de 1973

##### **Previsión de los sismos**

El estudio de la sismicidad regional y la delimitación de las zonas sísmicas permiten, en el marco de la tectónica global, prever las regiones donde se producirán sismos; sin embargo, el verdadero problema de la previsión consiste en poder anunciar con anticipación el lugar exacto, la fecha (con precisión tan grande como sea posible) y la magnitud de un futuro sismo. Las previsiones a largo plazo podrían utilizarse para los siguientes fines:

### Robustecer las estructuras de las construcciones

Introducir a las autoridades locales a elaborar nuevas formas de construcción y de ordenación del territorio, y más especialmente a determinar mejor la ubicación de los nuevos asentamientos humanos. Lanzar campañas de información y de educación de la población en materia de normas de seguridad y de medidas de prevención en general.  
Elaborar planes de socorro.

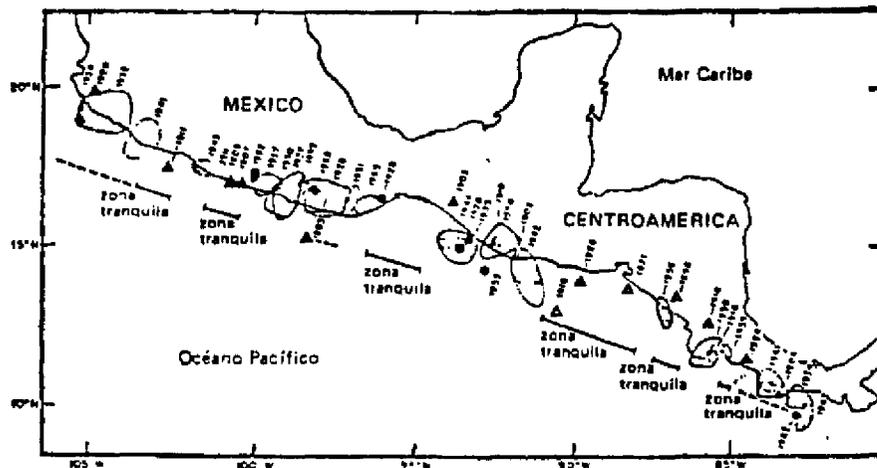


Figura 4 - 3  
Zonas de ruptura y epicentros en Centroamérica durante el siglo XX

### Las previsiones a corto plazo permitirían:

Movilizar socorros en casos de catástrofe.

Preparar procedimientos de evacuación de las estructuras que presenten peligro y de las zonas peligrosas (riesgo de incendios). Interrumpir el funcionamiento de algunas industrias peligrosas. (centrales nucleares, centrales eléctricas, oleoductos, gasoductos, etc.). Evacuar las zonas costeras bajas, susceptibles de ser asoladas por tsunamis.

### Erupciones volcánicas

#### Generalidades

La Cordillera Volcánica Americana se extiende desde Alaska hasta la Patagonia, muy próxima a la costa Pacífica de Norte y Sur América, y en el centro prácticamente de los países centroamericanos, con una ramificación hacia las islas de las Antillas.

Resulta evidente que las pérdidas de vidas y los daños a los bienes durante las erupciones dependen mucho de una predicción razonablemente exacta del momento, lugar y naturaleza de las erupciones, así como del comportamiento y la trayectoria de las diferentes clases de torrentes y de distribución y el espesor de la tefra. El tipo, la gravedad y la duración de una erupción son tan importantes, por lo menos, como el momento de su producción.

La predicción exacta de las trayectorias de los torrentes requiere un buen mapa topográfico del volcán y sus alrededores a escala razonablemente grande (preferiblemente no inferior a 1: 50.000)

#### E. Sistemas de Alarmas.

La primera parte de cualquier plan de emergencia de una empresa de agua potable, consiste en el establecimiento de los procedimientos y responsables para:

- a) Recibir los avisos o alarmas de otras instituciones tales como Defensa Civil, Institutos Meteorológicos o Vulcanológicos, como es el caso de las alarmas originadas en la formación de huracanes; y
- b) Generar y transmitir los avisos o alarmas de fenómenos o accidentes que afecten directamente al sistema de abastecimiento de agua potable.

En el primer caso, el plan deberá establecer claramente que agencia o institución, a nivel nacional, tiene la responsabilidad de recibir las alarmas generadas tanto local como internacionalmente para determinar los fenómenos, que unidad y personas tienen la responsabilidad de recibir la información y a quién o quienes comunicársela de inmediato.

Generalmente en época normal, la central o centro de operaciones de la empresa, que labora las 24 horas, tiene la responsabilidad de recibir y comunicar estas alarmas. La agencia o institución de coordinación nacional debe tener la dirección, teléfono, y télex del centro de operaciones, y de por lo menos dos lugares sustitutos, que deben ser sitios que operen 24 horas, tales como oficinas de vigilancia, plantas de tratamiento y estaciones de bombeo. Los operadores de estos sitios, a su vez, deberán comunicar la alarma a los miembros de la comisión de emergencia y a los funcionarios que tengan la responsabilidad de la operación y el mantenimiento.

En el segundo caso, el plan deberá establecer claramente quién o quienes tienen la responsabilidad de la vigilancia del sistema y del proceso del agua desde las áreas de captación, hasta la entrega en los domicilios; y de generar, transmitir, recibir y comunicar las alarmas.

Se sugieren los lineamientos de los procedimientos generales para elaborar el plan, que se presentan a continuación, considerando el ejemplo de un posible huracán.

- a) El Instituto de Meteorología - dirección, teléfonos, télex, cuyo Director es - nombre, dirección, teléfono, - tiene la responsabilidad en el área de generar y recibir las alarmas referentes a la formación, trayectoria, velocidad del viento, etc. de los huracanes que puedan impactar el área.
- b) El Instituto de Meteorología, una vez que confirma la alarma, la transmitirá al centro de operaciones de la empresa el que está ubicado en - dirección, teléfonos, télex, etc.).
- c) En el caso de que el Instituto de Meteorología no transmita la alarma al centro, y éste conozca de la misma por otros medios, como la radio y la televisión, el operador de turno del centro llamará al Instituto para confirmar la alarma, y la transmitirá al encargado de la operación del sistema de turno y a los miembros de la comisión de emergencia (ver página N° del Plan, en donde debe estar la lista de los funcionarios de la empresa que componen la comisión de emergencia).
- d) El funcionario de turno de la comisión de emergencia, verificará la alarma (ver párrafo verificación de alarmas), y seguirá el procedimiento que se establezca para mantener el estado de alarma, o decretar el estado de alerta.

Las instrucciones del plan, deben ser claras y precisas, y establecer claramente la responsabilidad atnente a cada funcionario de turno, y el procedimiento a seguir en cada sitio de vigilancia.

Lo expuesto opera en aquellas situaciones que son predecibles, y no en el caso de aquéllas que no lo son, como es el caso de un terremoto que se presenta súbitamente - caso en el que se procede directamente con el estado de emergencia -.

Para el caso de accidentes o posibles emergencias que lo sean solamente para la empresa de agua (y generalmente para los sistemas de alcantarillado sanitario y de aguas de lluvia) se deberá, en función de la identificación de posibles desastres y áreas de riesgos establecer el procedimiento de alarma o aviso, y las acciones emergentes y correctivas a llevar a cabo.

#### F. Responsables de producir y recibir las alarmas.

El Plan de Emergencia deberá claramente establecer como ya se ha anotado, quién es el funcionario que tiene la responsabilidad de recibir, generar o informar los avisos o alarmas, y el procedimiento que debe seguirse para tales acciones. El establecimiento de estos sistemas de alarmas y de estos procedimientos deben cumplir con los siguientes principios:

- a) Los sistemas de alarmas y los procedimientos del Plan de Emergencia deben elaborarse en conjunto con los funcionarios que tendrán a su cargo la responsabilidad de la ejecución, de tal forma que estos sistemas y procedimientos no sean impuestos sin consulta.
- b) Los sistemas de alarmas y los procedimientos del Plan de Emergencia deben ser probados en ejercicios de simulacro, de tal forma que se puedan evaluar los tiempos de alarma, la efectividad de los procedimientos y los posibles defectos del plan.
- c) Los sistemas de alarmas y los procedimientos del Plan de Emergencia deben ser divulgados a todo el personal que interviene en los mismos; el documento debe ser entregado oficialmente a los funcionarios y además en cada instalación deberá existir una copia actualizada del mismo, con su custodia bajo la responsabilidad del personal de turno en la instalación.

#### G. Verificación de alarmas.

Como principio operativo, toda alarma o aviso debe ser verificado. Esta verificación de las alarmas tiene por objetivos:

- Comprobar la veracidad y gravedad de las alarmas. El sistema de alarmas constituye el mecanismo mediante el cual el Plan de Emergencia entra en funcionamiento, por lo que el sistema de alarmas, de por sí, debe ser veraz y objetivo en la descripción de la gravedad de la emergencia.
- Decretar el estado de alerta ante situaciones que realmente podrían causar emergencia, y no ante alarmas falsas, o situaciones que debieran continuar en estado o fase de alarma. El estado de alerta, estado siguiente al de alarma en la cronología de las operaciones en caso de desastres, implica una movilización general de la fuerza operativa de la empresa y el suspender actividades rutnarias; tiene su costo e impacto en la rutina de la empresa. De ahí la necesidad de decretar este estado cuando realmente se está ante la inminencia de una catástrofe.
- Actualizar, durante la fase de alarma el estado de la misma. Esta actualización es evidente en el caso de fenómenos naturales tales como huracanes, en que la fase de alarma cubre el tiempo de formación y parte del tiempo de desplazamiento del fenómeno, hasta que es declarado el estado de alerta, en que va se de la movilización

Como principios generales en el establecimiento de los procedimientos para alarmas, y sobre todo tratándose de fenómenos predecibles, debe establecerse la verificación de las mismas, lo que puede hacerse en las formas siguientes de acuerdo con el origen de las mismas:

- Las alarmas generales y recibidas de otras instituciones, institutos de meteorología o de vulcanología, por ejemplo, deben ser confirmadas por la Comisión de Emergencia de la empresa. Esta verificación se puede lograr mediante comunicación con la fuente que generó la alarma, e informándose periódicamente sobre el avance de la misma.
- Las alarmas generadas por funcionarios de la propia empresa deben ser confirmadas por el jefe superior inmediato de turno del funcionario que la genera, o por la persona que tal jefe designe.
- Las alarmas generadas por el público y los usuarios de la empresa, y que llegan al Control Central de Operaciones o a otro sitio operativo de la empresa, deben ser verificadas por el personal de turno, mediante órdenes del control central operativo.

---

### *Estado de Alerta.*

Tal y como se ha definido en la cronología de las operaciones en caso de desastre, el estado de alerta es el período que transcurre desde el momento en que se declara el estado de alerta y da inicio la movilización, hasta que se presenta el impacto.

En la terminología sobre estos aspectos, a este estado frecuentemente se le sigue denominando estado de alarma; sin embargo, es conveniente diferenciarlos en el sentido de que el estado de alerta se caracteriza porque la declaración del mismo implica la movilización previa al posible impacto y la puesta en marcha del Plan de Emergencia.

Puede darse el caso de que se declare este estado y no se dé el impacto - como podría ser el caso de un huracán que variara su trayectoria, se deshiciera antes de llegar al área en cuestión, o que el impacto fuera muy débil.

De acuerdo con lo expuesto en los párrafos anteriores, este estado no debe declararse antes de que la alarma haya sido verificada, a menos que el impacto sea inminente.

---

### *Estado de Emergencia.*

La fase o estado de emergencia es la que sigue al impacto. Se declara cuando éste es inminente o con posterioridad al impacto como es el caso común en fenómenos repentinos como el terremoto, y aún en este caso puede que no se dé la declaratoria, ya que el impacto de hecho inicia el funcionamiento del Plan de Emergencia.

Es de especial importancia considerar algunos aspectos legales sobre la declaración de emergencias en caso de desastre, y a este respecto tenemos:

Las disposiciones legales deben prever la declaración de un estado de emergencia en caso de desastre. Las consecuencias jurídicas de esa declaración pueden ser de largo alcance: pueden suspenderse los procedimientos ordinarios de los organismos oficiales; se activarán los planes de emergencia; se pueden requisar bienes privados; puede restringirse la libre circulación de personas; se pueden desplegar tropas a las zonas afectadas por el desastre y se pueden proporcionar suministros, equipos y servicios. Como las consecuencias jurídicas de un estado de emergencia en caso de desastre son importantes, es esencial que la orden ejecutiva o el bando que establezca el estado de emergencia en caso de desastre reciba amplia publicidad y se registre en las oficinas correspondientes. Esto resulta conveniente además por los problemas que pueden surgir después del desastre, como la cuestión de indemnización por los bienes expropiados.

Es conveniente también establecer alguna breve limitación legal de la duración del estado de emergencia en caso de desastre.