

CAPÍTULO 4

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A HURACANES

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una guía de la metodología del análisis de vulnerabilidad descrita en el capítulo 2 aplicada al caso de huracanes. Se indican los aspectos claves en los que debe concentrarse el análisis y las referencias donde se encuentra la información necesaria para efectuar el análisis.

La evaluación del riesgo al impacto de huracanes es básica para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes en riesgo. Esta evaluación es simple de efectuar por cuanto son bien conocidos los caminos que periódicamente siguen los huracanes; se deberá utilizar información histórica disponible en los institutos de meteorología y Defensa Civil de los países sujetos a estos fenómenos.

Los mayores daños son causados a las estructuras expuestas a corrientadas de agua, a los fuertes vientos y ubicadas en áreas de inundación. Sin embargo el pronóstico de niveles de agua en cauces es usual que sea determinado para las condiciones de análisis por un equipo de consultores privados especializados o de los institutos mencionados, universidades y otros profesionales de la empresa. Los primeros aportarán los conocimientos y tecnologías específicas de análisis de riesgo hidrológico, y los segundos el conocimiento de las estructuras, su funcionamiento e importancia relativa como parte del sistema para priorizar las medidas de mitigación y establecer los procedimientos del plan de emergencia.

En todo caso, los efectos de los huracanes en los países afectados son de tal magnitud e impacto en el servicio, que todas las empresas ubicadas en las áreas de riesgo están obligadas a estudiar a fondo la vulnerabilidad de sus estructuras, implementar un plan de mitigación y estar preparadas para enfrentar las emergencias y los desastres que pudieran presentarse con un plan de emergencia en continuo proceso de actualización y divulgación.

Los períodos de lluvias extraordinarias, las corrientadas e inundaciones que generan y los fortísimos vientos constituyen un escenario de altísimo riesgo para las estructuras de captación superficial, tuberías que discurren cercanas a los cauces de agua, y sistemas aéreos de suministro de energía eléctrica.

2. PRIMER PASO DEL ANÁLISIS: IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y LEGISLACIÓN VIGENTES

2.1 Organización nacional y regional

Debe identificarse la organización nacional y regional, las normas y procedimientos de funcionamiento: organización, jerarquías, sistemas de información, comunicaciones y alarmas, apoyo gubernamental y regional a las empresas de suministro de agua potable y recursos disponibles que pudieran ser utilizados para el abastecimiento de agua potable en situaciones de emergencia y de desastre para ayudar en la rehabilitación.

Es usual que estas organizaciones cuenten con recursos de personal, equipos y materiales para suplir agua potable, incluidos plantas portátiles y equipos de construcción pesada que podrán disponerse para la reparación y rehabilitación.

2.2 Normativa legal vigente

En esta etapa deberá identificarse la legislación general para la atención de emergencias y desastres del país y la específica referente a huracanes, tales como:

- i) Legislación y reglamentación referente a la atención de las diferentes fases de las emergencias y desastres: Defensa Civil, comisiones de emergencia, organización nacional, regional y local, etc.
- ii) Legislación aplicable respecto a la responsabilidad civil y penal en el manejo de emergencias y desastres a nivel de empresa y de funcionario, específicamente respecto a huracanes e inundaciones.
- iii) Los códigos y normas de hidrología que indiquen las características del riesgo probable. Debe investigarse si se encuentran actualizados y si responden al conocimiento actualizado del país o región. Si son obsoletos, deberá investigarse qué parámetros deberán utilizarse para el análisis y diseño de estructuras expuestas.

3. SEGUNDO PASO: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA, DEL SISTEMA Y DE SU FUNCIONAMIENTO

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

4. TERCER PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD OPERATIVA (PRIMERA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

5. CUARTO PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA E IMPACTO EN EL SERVICIO (SEGUNDA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

5.1 Identificación de las amenazas

En la primera columna se indicará el tipo de huracán que se espera. En la segunda columna de la matriz se hará una breve descripción de la amenaza, a manera de resumen de la información vertida en la quinta columna. Específicamente se indicará la época de la ocurrencia, magnitud e intensidad esperadas, áreas con mayor riesgo de impacto por corrientadas de agua, del viento y áreas de inundación.

5.2 Características de la amenaza de huracán

a. Breve descripción general

i) Generalidades

Los huracanes son grandes depresiones tropicales que se caracterizan por fuertes tormentas atmosféricas, alrededor de las cuales el viento circula con velocidades que exceden las 32 millas por hora (115 km/h) y que pueden alcanzar hasta 300 km/h.

Reciben diferentes nombres de acuerdo a la Región donde se producen, como huracanes, ciclones o tifones. Los de mayor interés para la Región son los que se forman y transitan en el Océano Atlántico del Norte o Subregión Caribe; y los del Océano Pacífico Norte que afectan la costa de Centro América y de México, conocidos generalmente como depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes, dependiendo de su magnitud. En algunos países se les llama ciclones.

La atmósfera de la superficie terrestre se moviliza según grandes patrones. La atmósfera ecuatorial recibe mucho más calor que aquellas zonas de mayor latitud. Este calentamiento hace que el aire se expanda hacia el norte o hacia el sur de la región ecuatorial. A su vez, en las zonas polares el aire es más frío y más pesado por lo que se asienta a nivel del suelo y se desplaza hacia las regiones más calientes.

Este desigual calentamiento de la superficie terrestre produce otro tipo de viento, así, si en una región pequeña el aire se calienta más que el aire que lo rodea, se expande y se hace más ligero. Esto se denomina zona de baja presión. Si por el contrario, el aire es menos caliente que el de sus alrededores, la presión en dicha zona aumentará, denominándose zona de alta presión. El aire se mueve de zonas de alta presión a zonas de baja presión en trayectorias curvas debido al movimiento de rotación de la tierra.

Los huracanes ocurren en regiones donde se produce un fuerte calentamiento y vientos encontrados sobre el océano en una masa con gran contenido de humedad. El movimiento ciclónico se inicia frecuentemente por vientos alisios que convergen entre sí y debido a

este proceso comienzan a girar alrededor de ellos mismos. Este fenómeno sucede cuando la zona de convergencia se ha desplazado del Ecuador, de manera que la rotación de la tierra interviene y produce las fuerzas de giro.

Hacia este centro de baja presión que se encuentra girando, converge el aire húmedo y caliente que tiende a elevarse. Esta elevación causa la condensación de la humedad y libera grandes cantidades de calor, lo que incrementa la temperatura del aire que está girando, tornándose más ligero y ascendiendo más rápidamente. Conforme se da este proceso, más y más aire tropical húmedo entra al giro reponiendo el que se elevó, lo cual produce más condensación.

El ojo del huracán presenta un diámetro que puede variar entre 20 y 150 km y en su interior las condiciones meteorológicas son tranquilas con vientos débiles y cielo parcialmente nublado, siendo la presión en el centro baja.

La condición del ojo hace que exista una gran diferencia de presión entre el borde del ojo y el límite exterior de la tormenta. Además como la velocidad del viento es proporcional a la pendiente de presión, esto explica la fortaleza del viento. En el hemisferio norte el giro es contrario a las manecillas del reloj.

Los sistemas de vigilancia, específicamente el Centro de Huracanes de la Florida, Estados Unidos, monitorea continuamente por radar las zonas de formación de huracanes en las Américas y mantiene informados a los países a través de las organizaciones nacionales de emergencia, sobre la formación y pronósticos de magnitud, desplazamiento y fuerza de los vientos, lo que permite a las autoridades y empresas tomar las medidas indicadas en los planes de emergencia para prepararse para el impacto.

Usualmente los medios de comunicación pública, la televisión principalmente, mantienen reportes continuos de esta actividad; alertando a la población.

En términos generales, los avisos se obtienen con suficiente tiempo como para tomar las medidas del caso.

ii) Catalogación de los huracanes

De acuerdo con la escalas Simpson/Saffir, los huracanes se catalogan de acuerdo con la velocidad del viento y daños que provocan, en la forma siguiente:

Categoría	Velocidad del viento en km/hora y daños
1	119-151; mínimo
2	152-176; moderado
3	177-209; fuerte
4	210-248; severo
5	> de 248; catastrófico

iii) Incidencia y frecuencia

La época de los huracanes en el Caribe y en la subregión Norpacífica de las Américas es de junio a diciembre. La frecuencia es variable, unos años se presentan con mayor fuerza que otros, pero se presentan todos los años. En 1995 se han producido huracanes con mayor frecuencia y fuerza, lo que causado numerosos destrozos.

b. Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos

La evaluación de la amenaza consiste en determinar la trayectoria o corredor usual de los huracanes, las áreas usualmente impactadas por los fuertes vientos, los cursos de agua que son afectados con las crecidas y las áreas de inundación con los niveles estimados de agua. La estimación de crecidas puede efectuarse en una primera aproximación mediante la fórmula racional.

5.3 Prioridad relativa

En la tercera columna de la matriz se indicará la prioridad relativa de la amenaza con respecto al listado total de amenazas posibles de la región. La prioridad asignada en este momento será tentativa, y se corregirá si fuere necesario al completar el análisis de vulnerabilidad para todas las amenazas.

5.4 Sistema de información y alerta

En la primera subcolumna de esta cuarta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación de los institutos nacionales especializados del país, Defensa Civil, etc. con la empresa de agua potable, tanto para situaciones de alerta en sus diferentes etapas como para situaciones de impacto en las diferentes regiones del país.

Si bien los medios de comunicación usualmente mantienen bien informada a la población, es necesario que las empresas de agua obtengan información de primera mano con los detalles del pronóstico del evento, para activar el plan de emergencia propio con suficiente antelación, lo que facilitará la movilización, el análisis de daños y la atención rápida, oportuna y eficaz.

En la segunda subcolumna de esta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación internos de la empresa, incluidos los establecidos hacia sus regiones. En la tercera subcolumna se indicarán los sistemas de información que se activarán después del evento.

La evaluación de estos sistemas es básica para verificar que la información sea oportuna y veraz.

5.5 Área de impacto

En la quinta columna de la matriz se describirán las áreas de impacto directo, información que se obtendrá del análisis histórico de ocurrencia de eventos. Las áreas de impacto son aquellas donde se presentarán correntadas de agua, fuertes vientos y zonas de inundación. Los caminos que siguen los huracanes son en general bien conocidos en los países afectados.

La información anterior se debe verter sobre un mapa de la región conformando el mapa de riesgos. La superposición de los planos del sistema de agua potable a la misma escala del mapa de riego de impacto de huracanes indicará las estructuras o componentes de los sistemas de mayor riesgo, los que deberán ser motivo de análisis prioritario.

5.6 Componentes o elementos expuestos

En la primera subcolumna de la sexta columna de la matriz se indicarán las estructuras o componentes del sistema ordenados en el sentido del flujo del agua: captaciones (diferentes tipos como presas de derivación, galerías, manantiales, pozos, etc.) y sus estructuras, Aducciones, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, redes principales de conducción o matrices y redes de distribución. Se anotarán las que presenten un mayor riesgo por su ubicación respecto a áreas de mayor riesgo e impacto.

En la segunda subcolumna de esta sexta columna se indicará el estado de cada componente o estructura, a manera de resumen de la información recabada en el segundo paso.

5.7 Características del impacto (séptima columna)

Los efectos generales del impacto de los huracanes y tormentas tropicales sobre los sistemas de agua potable están asociados mayormente con la destrucción que causan las correntadas de agua y la fuerza de los vientos, entre las cuales podemos citar:

- i) Fuertes correntadas de agua como consecuencia de las lluvias que destruyen las captaciones superficiales.
- ii) Fuertes vientos que destruyen las estructuras expuestas: postes, cables, etc. de los servicios de comunicaciones y energía.

- iii) Contaminación de ríos, quebradas y pozos como consecuencia de las inundaciones.
- iv) Destrucción de estructuras como desarenadores y tuberías que se encuentran en las riberas de los cursos de agua, y de puentes.
- v) Destrucción de cubiertas de techos e instalaciones al aire.
- vi) Contaminación de los sistemas de almacenamiento particulares y empresariales que se encuentran en áreas inundables.
- vii) Destrozo de caminos de acceso a las estructuras del sistema.

5.7.1 *Resultados del análisis de vulnerabilidad*

Como resultado del análisis de vulnerabilidad se determinarán los daños probables catalogados como fallas en estructuras de concreto y acero; tuberías; y otros servicios como energía, comunicaciones y caminos.

Un recorrido minucioso por todas las estructuras del sistema logrará determinar situaciones de riesgo a los huracanes: captaciones superficiales que periódicamente son barridas por las correntadas y que pueden ser sustituidas por tomas más seguras como galerías y tomas de fondo; anclajes y soportes de pasos sobre cursos de agua ubicados prácticamente dentro de los cauces y con alturas insuficientes que hacen que las correntadas los destruyan; tuberías que discurren en las riberas de los ríos o cauces de agua muy cercanas al cauce sin protecciones. Este recorrido e identificación de situaciones de riesgo deberá constituir la primera etapa del análisis.

Los resultados del análisis se verterán en las tres subcolumnas de la séptima columna de la matriz: en la primera se describirán los daños estimados en el componente (tipo y número); en la segunda el TR estimado para la rehabilitación total de cada componente, y al final de la columna se calculará el TR para todo el sistema o subsistema de abastecimiento de agua; en la tercera, la capacidad remanente del componente expresada en unidades de flujo, litros por segundo, por ejemplo, y como porcentaje de la capacidad total del componente.

En general la estimación del TR en este caso debe considerar la duración del evento, que en algunos casos puede ser de días; el tiempo necesario para acceder las estructuras, el tiempo de movilización; el tiempo de rehabilitación parcial y total; y el tiempo de puesta en marcha, que conlleva períodos de limpieza y desinfección indispensables de implementar en este caso.

5.8 Impacto en el servicio de agua potable o alcantarillado

En la octava columna de la matriz se indicará el impacto en el servicio de cada componente dañado, cuantificado en número de personas o conexiones del sistema afectadas y se indicarán las conexiones prioritarias de cada zona o subzona de abastecimiento.

6. QUINTO PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA Y CAPACIDAD DE RESPUESTA (TERCERA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

Esta matriz deberá llenarse de acuerdo con lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

7. SEXTO PASO: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DE EMERGENCIA (CUARTA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

Esta matriz deberá llenarse de acuerdo con lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

CAPÍTULO 5

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A INUNDACIONES

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una guía de la metodología del análisis de vulnerabilidad descrita en el capítulo 2 aplicada al caso de inundaciones. Se indican los aspectos claves en los que debe concentrarse el análisis y las referencias donde se encuentra la información necesaria para efectuar el análisis.

La evaluación de las áreas susceptibles a inundación con sus características de probabilidad de ocurrencia y niveles esperados de agua es la base para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes en riesgo. Esta evaluación es simple de efectuar por cuanto son bien conocidas las áreas que en el pasado han sufrido los efectos de las inundaciones, además que es usual que existan relaciones de intensidad-duración de la lluvia para probabilidades de ocurrencia de períodos de tiempo definidos que permiten pronosticar los niveles esperados.

Los mayores daños son causados a las estructuras expuestas a correntadas de agua y ubicadas en áreas de inundación. En muchas ocasiones son más destructivos los períodos de desagüe de la inundación que los períodos anteriores a la misma, por las correntadas que se generan.

El pronóstico de niveles de agua en cauces es usual que sea determinado por un equipo de consultores especializados privados o por instituciones especializadas como los institutos hidrológicos, universidades y otros profesionales de la empresa. Los primeros aportarán los conocimientos y tecnologías específicas de análisis de riesgo hidrológico, y los segundos el conocimiento de las estructuras, su funcionamiento e importancia relativa como parte del sistema para priorizar las medidas de mitigación y establecer los procedimientos del plan de emergencia.

Los períodos de lluvias extraordinarias asociados a las épocas de lluvia anuales y al comportamiento de fenómenos como el del Niño en el Pacífico, las correntadas e inundaciones que generan, y los riegos de contaminación constituyen un escenario de altísimo riesgo para las estructuras de captación superficial y tuberías que discurren cercanas a los cauces de agua.

CAPÍTULO 6

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A ERUPCIONES VOLCÁNICAS

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una guía de la metodología del análisis de vulnerabilidad descrita en el capítulo 2 aplicada al caso de erupciones volcánicas. Se indican los aspectos claves en los que debe concentrarse el análisis y las referencias donde se encuentra la información necesaria para efectuar el análisis.

Para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles a los componentes de los sistemas de agua potable, se deberán identificar las áreas de cobertura de los materiales de erupción: lava, gases y cenizas prioritariamente, los cursos de agua afectados y la formación de avalanchas. Esta evaluación es simple de efectuar pues se conocen las áreas que en el pasado han sido afectadas y están documentadas en los institutos de sismología, vulcanología y meteorología y Defensa Civil de los países sujetos a estos fenómenos.

Los mayores daños son causados a las estructuras expuestas al impacto de corrientes de lava y de avalanchas de ceniza, piedras y agua. Además, ante el impacto de lluvias ácidas y de ceniza sufren las plantas de tratamiento, estructuras metálicas como tanques y cajas de válvulas en redes de distribución.

Los períodos de lluvias mezclados con las erupciones producen avalanchas en los cursos de agua e inundaciones de extremo poder destructivo.

2. PRIMER PASO DEL ANÁLISIS: IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y LEGISLACIÓN VIGENTES

2.1 Organización nacional y regional

Debe identificarse la organización nacional y regional y las normas y procedimientos de funcionamiento: jerarquías, sistemas de información, comunicaciones y alarmas, apoyo gubernamental y regional a las empresas de suministro de agua potable y recursos disponibles que pudieran ser utilizados para el abastecimiento de agua potable en situaciones de emergencia y de desastre.

Es usual que estas organizaciones cuenten con recursos de personal, equipo y materiales para suplir agua potable, incluidos equipos de construcción pesada y plantas portátiles que podrán disponerse para la reparación y rehabilitación, lo que disminuiría el tiempo de rehabilitación.

2.2 Normativa legal vigente

En esta etapa deberá identificarse la legislación general para la atención de emergencias y desastres del país y la específica referente a aspectos vulcanológicos, tales como:

- i) Legislación y reglamentación referente a la atención de las diferentes fases de las emergencias y desastres: Defensa Civil, comisiones de emergencia, organización nacional, regional y local, etc.
- ii) Legislación respecto a la responsabilidad civil y penal en el manejo de emergencias y desastres a nivel de empresa y de funcionario.
- iii) Los códigos y normas aplicables a las áreas de impacto de materiales vulcanológicos que indiquen las características del riesgo probable. Debe investigarse si están actualizados; si estuvieran obsoletos se deberán tomar medidas al respecto.

3. **SEGUNDO PASO: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA, DEL SISTEMA Y DE SU FUNCIONAMIENTO**

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

4. **TERCER PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD OPERATIVA (PRIMERA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)**

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

5. **CUARTO PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA E IMPACTO EN EL SERVICIO (SEGUNDA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)**

5.1 Identificación de las amenazas

En la primera columna de la matriz se indicará el tipo de erupción que se espera. En la segunda columna se hará una breve descripción de la amenaza, a manera de resumen de la información vertida en la quinta columna. Específicamente se indicarán las áreas y cursos de agua afectados por los diferentes tipos de erupciones, períodos de erupción y magnitud e intensidad esperadas.

5.2 Características de la amenaza vulcanológica

a. Breve descripción general

Los volcanes son estructuras compuestas de materiales que se acumulan sobre la tierra y tienen un conducto llamado chimenea que comunica la superficie de la tierra con el interior de la corteza terrestre. Este conducto sigue una dirección más o menos vertical y en la boca del mismo se presenta un orificio denominado cráter.

Los volcanes se clasifican por el tipo de erupción que emanan. Por ejemplo el tipo hawaiano erupción magma fluido constituido por torrentes delgados y a menudo muy extensos de lava fluida.

La naturaleza de la actividad depende en gran parte de dos factores: la viscosidad del magma y la cantidad de gases desprendidos. Los gases pueden producirse dentro del magma o ser consecuencia del contacto de ese magma con aguas subterráneas o superficiales que producen vapores.

Los materiales de erupción varían desde fuertes torrentes de lava fluida, bombas de materiales incandescentes, nubes ardientes de gases, gases y cenizas de varios tamaños.

Los torrentes de lava que se generan, varían en volumen, extensión, espesor y velocidad de avance. La extensión y espesor depende del volumen, fluidez y la posibilidad de que pueda expandirse o no lateralmente. Estos torrentes dependen de la topografía subyacente pero pueden producirse desviaciones en sus trayectorias por valles poco profundos, especialmente cuando se trata de torrentes más viscosos.

La actividad de erupción de los volcanes puede durar días y hasta años, como el caso del volcán Irazú en Costa Rica que erupción ceniza sobre la ciudad de San José durante dos años.

b. Evaluación de la amenaza y mapas de riesgos

La evaluación de la amenaza consiste en elaborar el mapa de riesgo en donde se indican las áreas de posible impacto de corrientes de lava, lluvia ácida y de ceniza; los cursos de agua afectados; y las posibles zonas de inundación y avalancha.

5.3 Prioridad relativa

En la tercera columna de la matriz se indicará la prioridad relativa de la amenaza con respecto al listado total de amenazas posibles de la región. La prioridad asignada en este momento será tentativa y se corregirá, si fuere necesario, al completar el análisis de vulnerabilidad para todas las amenazas.

5.4 Sistema de información y alerta

En la primera subcolumna de esta cuarta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación de los institutos nacionales especializados del país, sismológicos, vulcanológicos, Defensa Civil, etc. con la empresa de agua potable, tanto para situaciones de alerta en sus diferentes etapas como para situaciones de impacto en las regiones del país.

Si bien los medios de comunicación usualmente mantienen bien informada a la población, es necesario que las empresas de agua obtengan información de primera mano con los detalles del pronóstico del evento, para activar el plan de emergencia propio con suficiente antelación, lo que facilitará la movilización, el análisis de daños y la atención rápida, oportuna y eficaz.

En la segunda subcolumna de esta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación internos de la empresa incluidos los establecidos hacia sus regiones. En la tercera subcolumna se indicarán los sistemas de información que se activarán después del evento.

La evaluación de estos sistemas es básica para verificar que la información sea oportuna y veraz.

5.5 Área de impacto

En la quinta columna de la matriz se describirán las áreas de impacto directo, información que se obtendrá del análisis histórico de ocurrencia de eventos. Las áreas de impacto son las que serán cubiertas con lava o las afectadas por lluvias ácidas y cenizas, así como los cursos de agua afectados por los mismos materiales.

La información anterior se debe verter sobre un mapa de la región afectada o mapa de riesgos. La superposición de los planos del sistema de agua potable a la misma escala del mapa de riegos indicará las estructuras o componentes de los sistemas de mayor riesgo, los que deberán ser motivo de análisis prioritario.

5.6 Componentes o elementos expuestos

En la primera subcolumna de esta sexta columna de la matriz se indicarán las estructuras o componentes del sistema ordenados en el sentido del flujo del agua: captaciones (presas de derivación, galerías, manantiales, pozos, etc.) y sus estructuras, aducciones, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, redes principales de conducción o matrices y redes de distribución. Se anotarán las que presenten un mayor riesgo en función de su ubicación respecto a áreas de mayor riesgo e impacto.

En la segunda subcolumna de esta sexta columna se indicará el estado de cada componente o estructura, a manera de resumen de la información recabada en el segundo paso.

5.7 Características del impacto (séptima columna)

a. Efectos generales

Los efectos de las erupciones volcánicas generalmente están asociados a:

- Torrentes de lava que destruyen las fuentes de agua potable que se encuentran en las laderas o al pie de los volcanes.
- Emanaciones de gases, cenizas, lluvia ácida y torrentes de lava que inutilizan las fuentes de abastecimiento de agua potable.
- Aludes y avalanchas de lodo causadas por el efecto de las lluvias sobre las cenizas acumuladas en las cuencas y en los ríos. El caso de Armero en Colombia es un ejemplo de este efecto.
- Afectación total de los servicios de agua cuando las captaciones y estructuras se encuentran en las cuencas impactadas por las erupciones.

c. Resultados del análisis de vulnerabilidad

Como resultado del análisis de vulnerabilidad se determinarán los daños probables sobre las estructuras expuestas del sistema de agua potable y de otros servicios como energía, comunicaciones y caminos.

Los resultados del análisis se verterán en las tres subcolumnas de la séptima columna de la matriz: en la primera se describirán los daños estimados en el componente (tipo y número); en la segunda el TR estimado para rehabilitación total de cada componente, y al final de la columna se calculará el TR para todo el sistema o subsistema de abastecimiento de agua; en la tercera, la capacidad remanente del componente expresada en unidades de flujo, litros por segundo, por ejemplo, y como porcentaje de la capacidad total del componente.

En general la estimación del TR en este caso debe considerar la duración del evento, que en algunos casos ha sido meses y años, como el caso del volcán Irazú de Costa Rica que erupció ceniza durante dos años e inutilizó las captaciones de agua de la ciudad de San José; el tiempo necesario para acceder las estructuras, el tiempo de movilización; el tiempo de rehabilitación parcial y total; y el tiempo de puesta en marcha que conlleva períodos de limpieza y desinfección indispensables de implementar en este caso.

5.8 Impacto en el servicio de agua potable o alcantarillado

En la octava columna de la matriz se indicará el impacto en el servicio de cada componente dañado, cuantificado en número de personas o conexiones del sistema afectadas, y se indicarán las conexiones prioritarias de cada zona o subzona de abastecimiento.

6. QUINTO PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA Y CAPACIDAD DE RESPUESTA (TERCERA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

Esta matriz deberá llenarse de acuerdo con lo indicado en el capítulo 2, metodología general.

7. SEXTO PASO: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DE EMERGENCIA (CUARTA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

Esta matriz se llenará de acuerdo con lo indicado en el capítulo 2, metodología general.

CAPÍTULO 7

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD A ACCIDENTES QUE AFECTAN EL SERVICIO

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una guía de la metodología del análisis de vulnerabilidad descrita en el capítulo 2 aplicada al caso de accidentes operacionales. Se indican los aspectos claves en los que debe concentrarse el análisis y las referencias donde se encuentra la información necesaria para efectuar el análisis.

Si bien el resultado de los impactos de las emergencias operacionales no tiene el contexto de los grandes desastres causados por las amenazas naturales, requieren planes operativos detallados y precisos para hacerles frente y la implementación de medidas de mitigación para disminuir su vulnerabilidad. El caso de roturas de tuberías de conducción de agua de gran diámetro, y los riesgos de contaminación, por ejemplo, son riesgos que afectan el servicio y que por consiguiente requieren de una medidas de mitigación y de emergencia.

En realidad, los eventos descritos pueden ser de mayor consecuencia que el impacto de un fenómeno natural, de ahí la decisión de considerar las emergencias operacionales como parte del contenido de estas guías.

Se entenderá por accidentes que afectan el servicio aquellas situaciones de emergencia causadas por interrupciones en el servicio de agua potable debido a la propia operación de los sistemas y no por el impacto de fenómenos naturales como sismos, huracanes y otros.

La evaluación del riesgo de contaminación deberá efectuarse para toda captación de agua y zona de distribución. La evaluación de riesgo de roturas se aplicará a las conducciones o matrices principales del sistema. La experiencia histórica y estadísticas es de gran utilidad en la identificación de estas situaciones.

Es usual que el análisis de vulnerabilidad de un sistema de agua potable se inicie con la evaluación de estos riesgos, tanto para determinar medidas de mitigación como procedimientos de emergencia para realizar las rehabilitaciones y proveer el servicio, aún con los requerimientos mínimos.

2. PRIMER PASO DEL ANÁLISIS: IDENTIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y LEGISLACIÓN VIGENTES

2.1 Organización institucional

Debe identificarse la organización institucional y los recursos disponibles para atender este tipo de emergencias, así como las normas y procedimientos de funcionamiento: organización, jerarquías, sistemas de información y comunicaciones, apoyo de otras instituciones gubernamentales y regionales a las empresas de suministro de agua potable y recursos disponibles que pudieran ser utilizados para el abastecimiento de agua potable en situaciones de emergencia y de desastre.

Es usual que estas organizaciones cuenten con recursos de personal, equipo y materiales para suplir agua potable, incluidos equipos de construcción pesada y plantas portátiles que podrían disponerse para la reparación y rehabilitación.

2.2 Normativa legal vigente

En esta etapa deberá identificarse la legislación general para la atención de este tipo de emergencias y desastres del país y la específica referente a aspectos operacionales, tales como:

- i) Legislación y reglamentación referente a la atención de estas emergencias, incluidos los seguros.
- ii) Legislación respecto a la responsabilidad civil y penal en el manejo de la operación y emergencias operacionales.

3. SEGUNDO PASO: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA, DEL SISTEMA Y DE SU FUNCIONAMIENTO

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

4. TERCER PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD OPERATIVA (PRIMERA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

5. CUARTO PASO: ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA E IMPACTO EN EL SERVICIO (SEGUNDA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

En este paso se seguirá lo indicado en la metodología general del capítulo 2.

5.1 Identificación de las amenazas

En la primera columna se indicará el tipo de accidente que se puede presentar (contaminación de fuentes o redes de distribución, roturas de matrices principales, etc.).

En la segunda columna de la matriz se describirá brevemente la amenaza, a manera de resumen de la información vertida en la quinta columna. Específicamente se indicará el tipo de emergencia y la descripción de la misma.

5.2 Características de la amenaza

a. Breve descripción general

Se describirán las emergencias posibles causadas por contaminación de fuentes y roturas en las redes de distribución o ingreso de aguas contaminadas en zonas de baja presión o de servicio intermitente. Igualmente deberán evaluarse otras emergencias de tipo operacional, tales como períodos de sequía, huelgas generales y de la empresa de agua, etc.

b. Evaluación de las amenazas

La contaminación deberá caracterizarse mediante los materiales contaminantes, las captaciones y redes expuestas, los mecanismos de detección oportuna, las áreas de población expuestas al riesgo y los sistemas de información a la población.

En el caso de roturas de tuberías, la evaluación debe dar respuesta a las preguntas: ¿qué pasa si la conducción se rompe en este sitio?, ¿cuales son los impactos del derrame de agua en el área cercana?, ¿qué población queda con el servicio interrumpido?

5.3 Prioridad relativa

En la tercera columna de la matriz se indicará la prioridad relativa de la amenaza con respecto al listado total de amenazas posibles de la región. La prioridad asignada en este momento será tentativa y se corregirá, si fuere necesario, al completar el análisis de vulnerabilidad para todas las amenazas.

5.4 Sistema de información y alerta

En la primera subcolumna de esta cuarta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación disponibles a nivel nacional para estas emergencias, tanto para situaciones de alerta como para situaciones de ocurrencia de emergencias en las diferentes regiones del país.

En la segunda subcolumna de esta columna de la matriz se indicarán los sistemas de información y comunicación internos de la empresa, incluidos los establecidos hacia sus

regiones. En la tercera subcolumna se indicarán los sistemas de información que se activarán después del evento.

La evaluación de estos sistemas es básica para verificar que la información sea oportuna y veraz.

5.5 Área de impacto

En la quinta columna de la matriz se describirá el área de impacto directo, de contaminación, de rotura de tuberías u otros a analizar.

5.6 Componentes o elementos expuestos

En la primera subcolumna de esta sexta columna de la sexta matriz se indicarán las estructuras o componentes del sistema ordenados en el sentido del flujo del agua: captaciones (presas de derivación, galerías, manantiales, pozos, etc.) y sus estructuras, aducciones, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, redes principales de conducción o matrices y redes de distribución. Se anotarán las que presenten mayor riesgo debido a su ubicación.

En la segunda subcolumna de esta sexta columna se indicará el estado de cada componente o estructura, a manera de resumen de la información recabada en el segundo paso.

5.7 Características del impacto (séptima columna)

a. Efectos generales

Los efectos de la contaminación son el deterioro de la calidad del agua y los riesgos de salud pública que conllevan.

Los efectos de las roturas de grandes tuberías en general son los daños causados al ambiente inmediato y a la propiedad privada, deterioro de la imagen de la empresa si la rehabilitación no es manejada adecuadamente, interrupción del servicio y posibilidades de contaminación.

b. Efectos sobre los componentes de los sistemas de agua potable

En el caso de contaminación no solo el agua propiamente dicha se contamina, sino las estructuras por las que transitó el agua contaminada, que deberán ser objeto de limpieza, descontaminación y posterior desinfección.

En el caso de las tuberías, los daños corresponden a roturas que deben ser reparadas, para lo que se requiere mano de obra, equipos, materiales, tuberías y piezas de reparación que la empresa debe tener en existencia.

En ambos casos los procedimientos de monitoreo y atención deben establecerse con claridad y precisión.

c. **Resultados del análisis de vulnerabilidad**

Los resultados del análisis se verterán en las tres subcolumnas de la séptima columna de la matriz: en la primera se describirán los daños estimados en el componente (tipo y número), contaminación rotura u otros; en la segunda se indicará el TR estimado para la rehabilitación total de cada componente, y al final de la columna se calculará el TR para todo el sistema o subsistema de abastecimiento de agua; en la tercera, la capacidad remanente del componente expresada en unidades de flujo, litros por segundo, por ejemplo, y como porcentaje de la capacidad total del componente.

5.8 Impacto en el servicio de agua potable o alcantarillado

En la octava columna de la matriz se indicará el impacto en el servicio de cada componente dañado, cuantificado en número de personas o conexiones del sistema afectadas, y se indicarán las conexiones prioritarias de cada zona o subzona de abastecimiento.

6. Quinto paso: Estimación de la vulnerabilidad administrativa de la empresa y capacidad de respuesta (tercera matriz de vulnerabilidad)

Esta matriz deberá llenarse de acuerdo con lo indicado en el capítulo 2, metodología general.

7. SEXTO PASO: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y DE EMERGENCIA (CUARTA MATRIZ DE VULNERABILIDAD)

Esta matriz se llenará de acuerdo con lo indicado en el capítulo 2, metodología general.

REFERENCIAS

1. Organización Panamericana de la Salud. 1990. Informe del Seminario-Taller: Análisis de Vulnerabilidad del Abastecimiento de Agua Potable de la Ciudad de Lima. Lima; 1990.
2. Roviralta, Guillermo. Manual sobre preparación de los servicios de agua potable y alcantarillado para afrontar situaciones de emergencia. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud; 1990.
 - a. Primera parte: Desastres y sus efectos
 - b. Segunda parte: Identificación de posibles desastres y áreas de riesgo
 - c. Tercera parte: Análisis de vulnerabilidad, sismos y otros desastres
 - d. Cuarta parte: Plan de emergencia para un sistema de agua potable.
3. Organización Panamericana de la Salud. Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado. Washington, DC: OPS; 1993. Cuaderno Técnico, 37.
4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Módulos del Programa de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales en Situaciones de Emergencia. Lima: CEPIS, OPS/OMS; 1982.
5. Rojas, et al. Estudio de amenaza sísmica para el nuevo hospital de Alajuela. San José: CCSS; 1994.
6. Organización Panamericana de la Salud. Hacia un mundo más seguro frente a los desastres naturales; la trayectoria de América Latina y el Caribe. Washington, DC: OPS; 1994.
7. Organización Panamericana de la Salud. Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud; evaluación y reducción de la vulnerabilidad física y estructural. Washington, DC: OPS; 1993.
 - a. Volumen 1: Aspectos generales
 - b. Volumen 2: Aspectos administrativos de salud
 - c. Volumen 3: Aspectos de arquitectura
 - d. Volumen 4: Aspectos de ingeniería.
8. Organización Panamericana de la Salud. Programa de Preparativos y Ayuda para la Preparación, Reportes de Desastres.

9. Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional. Mesa Redonda sobre Mitigación de Desastres y Políticas de Prevención para el Desarrollo Sostenible. Berlín; 1994.
10. DIRND, Revista STOP.
11. East Bay Municipal Utility District. Emergency operations plan. 1974.
12. Makrey, A.; Romero, G. Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima metropolitana. Lima: Centro de Estudios y Prevención de Desastres; 1986.
13. Federal Emergency Management Agency. A guide to hurricane preparedness planning for state and local officials. 1984.
14. Organización Panamericana de la Salud. PAHO disaster response team guidelines for health needs assessment in the Caribbean. 1995.
15. Latin American Partnership to Enhance Cooperation in Earthquake Hazard Reduction. Rehabilitation and reconstruction following earthquakes; a guide for local officials. 1992.
16. UNA. Tipos y distribución de algunos peligros naturales en Costa Rica. San José: UNA; 1988.
17. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados; Tahal Consulting Engineers, Ltd. Vulnerabilidad del Acueducto Metropolitano de San José. San José: AyA; 1989.
18. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Taller de Evaluación de la Emergencia causada por el Huracán Juana. San José: AyA; 1988.
19. O'Rourke, M.J. Observations on water system and pipeline performance in the Limon area of Costa Rica due to the April 22, 1991 earthquake. Buffalo: National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Buffalo; 1992.
20. O' Rourke, M.J.; Wang, L.R.L. Seismic vulnerability, behavior and design of underground piping systems. New York: Rensselaer Polytechnical University.
21. Naciones Unidas. Serie Prevención y Mitigación de Desastres. Compendio de los Conocimientos Actuales. Ginebra, ONU, 1978. 10 volúmenes.
22. UNDRO. Análisis de vulnerabilidad combinada, metodología y estudio de la zona metropolitana de Manila. 1977.