

OBJETIVOS DEL MANUAL

1. Identificar y describir los fenómenos naturales que pueden producir situaciones de emergencia en los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado.
2. Indicar y desarrollar las etapas de planificación necesarias para que una empresa o institución responsable de dar servicio de agua potable y alcantarillado, se organice para afrontar situaciones de emergencia creadas por desastres naturales.
3. Dar pautas para la solución de algunos de los problemas más comunes identificados en cada tipo de emergencia.

Nota: Este Manual se ha elaborado con base a los módulos preparados por un grupo de profesionales bajo la supervisión de CEPIS. Se ha tratado de condensar el trabajo preparado por ellos, manteniendo todos aquellos aspectos de mayor preponderancia en los temas abordados. Revisado y elaborado por el Ing. Guillermo Rovralta.

**MANUAL SOBRE PREPARACION
DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PARA AFRONTAR SITUACIONES DE EMERGENCIA**

TERCERA PARTE
ANALISIS DE VULNERABILIDAD - SISMOS Y OTROS

**ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD, OFICINA SANITARIA PANAMERICANA,
REGIONAL DE LA ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD**
Julio 1990

Esta es una publicación del Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro para Casos de Desastre de la Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

La realización de esta publicación ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) y la Oficina de Asistencia al Exterior de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (OFDA/AID)

Tercera parte de la serie que contiene los documentos enumerados a continuación:

PRIMERA PARTE

1. DESASTRES Y SUS EFECTOS

- 1.0 Terminología y Generalidades sobre Desastres**
- 1.1 Desastres Meteorológicos**
- 1.2 Desastres Topológicos**
- 1.3 Desastres Telúricos y Tectónicos**
- 1.4 Desastres Producidos por el Hombre**

SEGUNDA PARTE

1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES DESASTRES Y ÁREAS DE RIESGO

- 2.1 Sismos**
- 2.2 Inundaciones**

TERCERA PARTE

3. ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMOS Y OTROS DESASTRES

- 3.1. Análisis de Vulnerabilidad de un Sistema de Agua Potable**
 - Metodología General**
 - Aplicación a Plantas de Tratamiento**
 - Aplicación a Líneas de Aducción, Tanques y Redes de Distribución**
- 3.2. Análisis de Vulnerabilidad de un Sistema de Aguas residuales**
 - Metodología General**
 - Aplicación a Conexiones Domiciliarias, Redes de Recolección Colectores y Emisarios**
 - Aplicación a Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales**
- 3.3. Análisis de Vulnerabilidad. Inundaciones**

CUARTA PARTE

4. PLAN DE EMERGENCIA PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

- 4.1. Acciones Previas a un Posible Desastre**
- 4.2. Alarmas**
- 4.3. Plan de Emergencia**
- 4.4. Evaluación de Daños**
- 4.5. Medidas de Emergencia**

3.1 Análisis de Vulnerabilidad de un Sistema de Agua Potable.

Metodología General para Sistemas de abastecimiento de agua.

Introducción.

El análisis de vulnerabilidad de un sistema se efectúa con dos finalidades. En la etapa de organización e implantación del plan de emergencia, para identificar los componentes críticos del sistema para los cuales se debe proveer capacidad de operación y mantenimiento de emergencia, y luego de cada desastre, para evaluar la eficiencia del plan, la evolución de la vulnerabilidad del sistema, y finalmente obtener con el tiempo correlaciones magnitud efectos, o magnitud necesidades, en relación a una determinada falla, que nos permitan una mejor planificación para el futuro.

El nivel de análisis que aquí se desarrolla, se adecúa más al estudio inicial de organización del plan, en que en la mayoría de los casos se carece aún de información estadística organizada. Se efectúa un diagnóstico del sistema, ponderando su posible comportamiento en relación a un sismo de carácter destructivo, teniendo en cuenta para ello las características del sistema (materiales, diseño, construcción, antigüedad, grado de dependencia de la energía eléctrica, nivel de operación y mantenimiento disponible, etc.), y las características geotectónicas de la zona (calidad del suelo, cercanía a fallas, posibilidad de deslizamiento, profundidad de las estructuras rocosas, etc.). Este tipo de análisis permite identificar inicialmente los componentes potencialmente críticos del sistema, sin la posibilidad de establecer mayores diferencias de efectos entre una u otra magnitud del sismo.

Posteriormente, los sucesivos análisis que se efectúen para evaluar el plan después de cada sismo, permitirán correlacionar las diferentes magnitudes de los sismos con los efectos registrados (número de reparaciones por Km de redes, caudal de agua disponible en el sistema, etc.), o con las necesidades habidas para hacer frente a la emergencia (sulfato de aluminio, cloro, agua para combatir incendios, equipos, personal, repuestos, etc.). Esta información obtenida así, en base a la experiencia de comportamiento del sistema en relación a su realidad local, servirá posteriormente para determinar los efectos y necesidades del sistema en relación a un sismo de 50 o 100 años de período de retorno, determinado en base a cualquiera de los métodos indicados en Análisis de Riesgo Sísmico, PRIMERA PARTE.

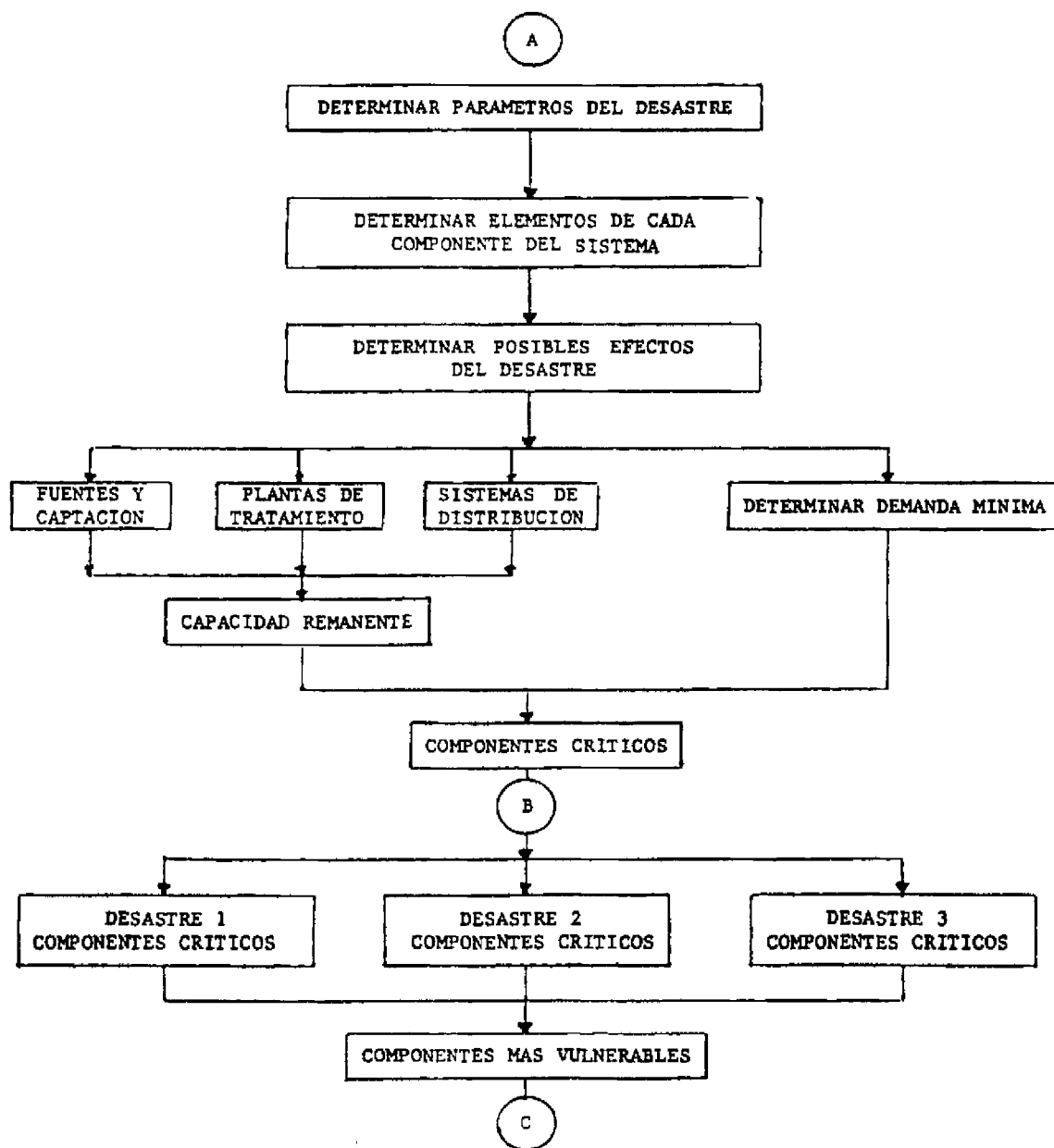


Figura 3 - 1
Flujograma del análisis de vulnerabilidad

Conceptos básicos.

Un sistema de aprovisionamiento de agua está formado por una serie de elementos o componentes físicos, tales como:

- Fuentes de aprovisionamiento.
- Captaciones.
- Conducciones.
- Tratamiento.
- Almacenamiento.
- Distribución.

Cada uno de estos componentes tiene una función específica y está formado por un número variado de elementos o componentes. Además de los componentes físicos, se requiere de una infraestructura capaz de operarlos y mantenerlos adecuadamente para que cumplan sus funciones específicas. A continuación se detallan los términos usualmente empleados en un análisis de vulnerabilidad.

- a) **Confiabilidad (CE).** Se puede definir como el grado o capacidad para cumplir con los fines o funciones específicas en determinadas condiciones de operación, en forma continua, sin modificaciones mayores.
- b) **Redundancia.** Consiste en la provisión de unidades o equipos en paralelo para mejorar la confiabilidad.
- c) **Flexibilidad.** Consiste en la capacidad de operar o cumplir sus objetivos en condiciones operacionales variables con una serie de alternativas o soluciones.
- d) **Vulnerabilidad (Cv).** La vulnerabilidad es el grado de incapacidad de un componente de un sistema para cumplir sus objetivos bajo determinada condición operacional, constituyendo la inversa de la confiabilidad ($Cv = 1 - CE$).

Factores que influyen en la confiabilidad de un sistema . Los siguientes factores se estiman como de mayor influencia en la confiabilidad o la vulnerabilidad de un sistema de aprovisionamiento de agua.

- a) **Características del sitio.** La ubicación específica de un sistema, así como las características geográficas y geológicas, definen en forma prioritaria la potencialidad de presentación de una condición adversa o desastre, así como contribuyen a caracterizar el grado de impacto que pueden acarrear en el sistema.
- b) **Fuentes.** Indudablemente los factores que más importancia tienen en la confiabilidad de un sistema de aprovisionamiento de agua son las fuentes, su número, tipo, características, caudales, calidad de las aguas, áreas de contribución, etc.
- c) **Características tecnológicas del proyecto.** El tipo de solución tecnológica es también uno de los factores de mayor importancia positiva o negativa en la confiabilidad de un sistema. Normalmente soluciones tecnológicas extraordinariamente complejas no aseguran una elevada confiabilidad, especialmente debido a deficiencias operacionales, falta de repuestos y elevada inversión en su operación y mantenimiento.
- d) **Normas y estándares.** Las normas y estándares, tanto de diseño como de construcción, especialmente por el establecimiento de calidades de materiales, factores de seguridad, etc.,

influyen en la caracterización física del sistema y, por lo tanto en su confiabilidad y/o vulnerabilidad.

- e) Componentes. El tipo, número de procesos, componentes, equipos, instalaciones, accesorios, su forma de interconexión, influyen en forma determinante en el grado de confiabilidad de un sistema, requiriendo de un análisis completo de sus características y confiabilidad individuales para determinar el grado de vulnerabilidad del conjunto.
- f) Servicios complementarios. Adicional a las características intrínsecas de los componentes, influyen en la confiabilidad del sistema las características de los servicios auxiliares, tales como energía eléctrica, sistemas, vías de comunicación, etc.
- g) Infraestructura. La experiencia de aprovisionar agua en condiciones de desastre o emergencia demuestra que el factor más afectado en estos casos es la infraestructura administrativa y operacional.
- h) Operación y mantenimiento. La existencia de programas regulares de operación y mantenimiento, así como el grado de tecnificación del personal, la disponibilidad de materiales, accesorios, equipos y repuestos, contribuirá a elevar el grado de confiabilidad de un sistema.

Teorías usuales de vulnerabilidad de sistemas de aprovisionamiento de agua.

Los diferentes autores que analizan la vulnerabilidad o confiabilidad de un sistema de aprovisionamiento de agua están de acuerdo en considerar dos factores: cantidad y calidad de agua producida en determinada condición operacional.

- a) Principios teóricos. Para determinar el grado de confiabilidad de los componentes se sugieren los siguientes criterios.

- Grado de confiabilidad de los componentes

- a. La AWWA sugiere determinar el grado de confiabilidad (CE) de un componente de un sistema de aprovisionamiento de agua en función del caudal necesario (Q_n) y el caudal producido (Q_p):

$$CE = Q_p / Q_n \quad (1)$$

- b. Farrer . Sugiere tomar como criterio el tiempo (expresado en días), necesario para habilitar nuevamente el componente, el cual se denominará *TIEMPO DE REABILITACION*, TR y que es función de:

- 1. La magnitud del daño.
- 2. La disponibilidad de recursos - humanos, financieros, transporte, equipo, materiales, etc. - para la rehabilitación.
- 3. La facilidad de acceso.

Nótese que el tiempo de rehabilitación es para habilitar un componente, por lo que es necesario calcular el tiempo requerido para que el sistema suministre agua.

Ahora bien, la estimación del TR no es fácil, requiere de experiencia, por lo que para efecto de estimar en una forma más aproximada el TRC , deben determinarse valores mínimos y máximos de TR , lo que se puede expresar por ejemplo, en la forma siguiente: $TR\ 3-5$, lo que quiere decir que para el componente dado, el TR mínimo es de 3 días y el TR máximo es de 5 días.

- c. Shamir y Howard sugieren definir la confiabilidad de un componente (CE) en términos de la escasez relativa, lo cual depende de dos componentes: confiabilidad de descarga (CQ) y de volumen (CV) dados por:

$$CE = \frac{CQ + CV}{2} \quad (3)$$

$$CQ = 1 - \left(\frac{Q_p}{Q_n} \right)^n \quad (4)$$

$$CV = 1 - \frac{V_p}{V_n}, \text{ siendo:} \quad (5)$$

V_p = volumen producido

V_n = volumen necesario

n = coeficiente de seguridad probabilística.

Para un desperfecto de una duración (D) se tendrá:

$$V_p = Q_p D \quad (6)$$

$$V_n = Q_n D \quad (7)$$

Sustituídas en la ecuación 5, se obtiene:

$$CV = 1 - \frac{Q_p D}{Q_n D}; \quad CV = 1 - \frac{Q_p}{Q_n} \quad (8)$$

Reemplazando los valores (4) y (8) en (3), ordenando, se tendrá el coeficiente de confiabilidad del elemento.

$$CE = 1 - \frac{(Q_p/Q_n)^n + (Q_p/Q_n)}{2} \quad (9)$$

Sustituyendo en la ecuación (9) los valores de $n = 1$, se obtiene:

$$\text{Para } n = 1: \quad Q_p = Q_n (1 - CE) \quad (10)$$

$$Q_p^2 + Q_p \cdot Q_n - 2Q_n^2 (1 - CE) = 0$$

De la cual se puede obtener:

$$Q_p = \frac{-Q_n \left(1 - \sqrt{1 + 8(1 - CE)} \right)}{2} \quad (11)$$

Para $Q_p > Q_p^2 > 0$, Ecuación que permite calcular (Q_p), para cualquier grado de confiabilidad (CE).

Conociendo Q_p , Q_n e imponiéndose un valor de n , se puede calcular CE por medio de cualquiera de las ecuaciones anteriormente indicadas, datos que permitirán calcular el coeficiente de confiabilidad y/o la probabilidad de pérdida de capacidad, usando las ecuaciones (9) y (11).

d. Aplicación.

En una estación de bombeo se requiere bombear 500 l/s. Si se presentan condiciones de emergencia cada 20 años (PT) que sólo permitan producir 200 l/s, se desea determinar el coeficiente de confiabilidad de la estación.

$$\begin{aligned}\text{si: } Q_n &= 500 \text{ l/s.} \\ Q_p &= 200 \text{ l/s.} \\ PT &= 20 \text{ años.}\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{Q_p}{Q_n} = \frac{200}{500} = 0,40$$

La probabilidad de ocurrencia (P) será:

$$P = 1/PT = 1/20 = 0,05$$

y el coeficiente de confiabilidad será:

$$CE = 1 - \frac{(Q_p/Q_n)^n + (Q_p/Q_n)}{2}$$

Para $n = 1$

$$CE = 1 - \frac{(0,40)^1 + (0,40)}{2} = 0,60$$

Para $n = 2$

$$CE = 1 - \frac{(0,40)^2 + (0,40)}{2} = 0,72$$

No se justifica utilizar valores de n superiores a 2.

- Grado de confiabilidad del sistema de aprovisionamiento de agua (CT).

Una vez definido el grado de confiabilidad de los componentes físicos y operacionales de un sistema de aprovisionamiento de agua, es necesario determinar el grado de confiabilidad de la totalidad del sistema a la presentación de determinado desastre. Para ello se pueden utilizar los siguientes criterios (dependientes del tipo de desastre y de las características del sistema de aprovisionamiento de agua).

- a. El sistema tendrá un grado de confiabilidad tan bajo como el menor grado de confiabilidad que presente cualquier componente.
- b. El sistema tendrá un grado de confiabilidad igual a la media aritmética de los grados de confiabilidad de los diversos componentes. En este caso se tendrá:

$$C_T = \frac{\sum_{i=1}^N C_E}{N}$$

C_T = Grado de confiabilidad del sistema.

C_E = Grado de confiabilidad de los componentes 1 a N.

N = Número de componentes.

- c. El sistema tendrá un grado de confiabilidad igual a la media geométrica de los grados de confiabilidad de los diversos componentes; para este caso se tendrá:

$$C_T = \sqrt[N]{CE_1 \times CE_2 \times \dots \times CE_N}$$

- d. Por otra parte, si existen "m" instalaciones en paralelo, aumentará el grado de confiabilidad del sistema según el siguiente criterio.

$$CE' = 1 - \left(1 - \frac{\sum_{m} CE}{m}\right)^m, \text{ siendo:}$$

CE' = nuevo grado de confiabilidad.

m = número de procesos, instalaciones o componentes en paralelo.

- e. Utilizar la teoría de tiempo de rehabilitación; se deberá determinar el tiempo de rehabilitación compuesto TRC y será el tiempo mayor requerido para que el conjunto de componentes del sistema suministre agua. Así, si las captaciones de un sistema de aprovisionamiento de agua tienen un TR de 3 días, la planta de tratamiento de 2, la distribución de 4 días, el tiempo de rehabilitación del sistema será igual a TCR = 4 días. Se recomienda utilizar uno sólo de los métodos propuestos, considerando el valor relativo del coeficiente de confiabilidad, para poder obtener el grado de confiabilidad total del sistema, así como de sus componentes críticos.

- f. Aplicaciones. Se tiene un sistema de aprovisionamiento con dos captaciones en diferentes fuentes, teniendo un coeficiente de confiabilidad de 0,60 y 0,40 respectivamente, para un desastre tal, el coeficiente de confiabilidad de las captaciones será

$$CE' = 1 - \left(1 - \frac{\sum_{m} CE}{m}\right)^m, \text{ siendo:}$$

$$CE' = 1 - \left(1 - \frac{0,40 + 0,60}{2}\right)^2 = 0,75$$

Un sistema de aprovisionamiento de agua tiene los componentes indicados en la primera columna del cuadro siguiente. Bajo la acción de un desastre predeterminado presenta los grados de confiabilidad en la segunda columna.

Tabla 3 - 1.
Confiabilidad de los componentes de un sistema de aprovisionamiento de agua

Componentes	Confiabilidad
Físicos = fuentes	0,40
Captaciones	0,50
Conducción	0,80
Tratamiento	0,70
Bombeo	0,60
Almacenamiento	0,90
Distribución	0,90

Análisis:

- Utilizando el primer criterio, el grado de confiabilidad del sistema será $CT_1 = 0,40$
- Utilizando:

$$CT = \frac{\sum^N CE}{N}$$

$$CT_2 = \frac{0,40 + 0,50 + 0,80 + 0,70 + 0,60 + 0,90 + 0,90}{7} = 0,69$$

- Utilizando:

$$CT = \sqrt[N]{CE_1 \times CE_2 \times \dots \times CE_N}$$

$$CT_3 = \sqrt[7]{0,4 \times 0,5 \times 0,8 \times 0,7 \times 0,6 \times 0,9 \times 0,9} = 0,66$$

Metodología de Análisis de Vulnerabilidad.

El análisis de vulnerabilidad de un sistema de agua potable es la determinación o estimación del grado al cual éste puede ser afectado en forma adversa en el cumplimiento de sus funciones por efectos de un desastre.

Las etapas de un análisis de vulnerabilidad son las siguientes:

- 1 Análisis de riesgos.
- 2 Identificación de los elementos de cada componente del sistema.
- 3 Estimación de los posibles efectos del desastre seleccionado, sobre los componentes del sistema.
- 4 Estimación de la capacidad remanente del sistema bajo los efectos del desastre.
- 5 Estimación de la demanda mínima de agua en calidad y cantidad, durante y después del desastre.
- 6 Identificación de los componentes críticos del sistema, responsables de que éste no tenga la capacidad suficiente para proporcionar la demanda mínima. Los pasos de 1 al 6 se repiten con cada desastre identificado en el área del sistema, determinándose los componentes críticos en cada caso.
- 7 El análisis conjunto de los componentes críticos de cada desastre indicará cuales son los componentes más vulnerables.

El flujograma de la figura 3 - 1 ilustra la secuencia del análisis de vulnerabilidad del sistema. Los pasos de la A a la B se repiten con cada desastre.

a) Análisis de riesgos.

Se inicia este análisis identificando los desastres que afectan el área del sistema. Mediante un estudio de magnitud-frecuencia basado en los registros históricos de la región, se determina el evento de diseño y los parámetros respectivos. Este detallado análisis de riesgo se justifica cuando el riesgo de la zona es tan alto que el sistema está bajo una constante amenaza de destrucción. En caso contrario, un análisis aproximado, basado en la experiencia, sería suficiente. Ver Sismos.

Si se obtiene en un análisis preliminar un riesgo muy alto, es recomendable contratar a un especialista para ejecutar el trabajo, en caso contrario se puede seguir la metodología indicada.

b) Componentes del sistema.

Un sistema de abastecimiento de agua potable esta constituido por los siguientes componentes físicos:

- 1) Captación.
- 2) Conducciones y aducciones.
- 3) Tanques de almacenamiento.
- 4) Plantas de tratamiento.
- 5) Estaciones de bombeo.
- 6) Redes de Distribución.

Las características de estos componentes varían de un sistema a otro, por lo que esta descripción debe ser específica de cada sistema. La descripción del sistema es conveniente efectuarla en forma de un listado en el cual se detalla cada componente físico con sus elementos.

En el caso de estructuras se indicará: materiales usados en su construcción (ladrillo, adobe, concreto ciclópeo, concreto armado o metal); tipo de terreno sobre el que está cimentada (roca compacta, roca descompuesta, arcilla compacta, arena y arcilla, arena, grava, etc.); estado actual de la estructura (especificar cualquier detalle que pueda significar un riesgo, como por ejemplo rajaduras, grietas, humedecimiento de muros, asentamientos, deficiencias de diseño o construcción, etc.).

En el caso de tuberías se indicará: material (concreto simple, concreto reforzado, asbesto cemento, fierro dúctil, fundido o galvanizado y PVC); tipo de unión (rígidas: espiga y campana calafateadas con plomo, PVC con pegamento, flexibles: tipo flanger, dresser o con empaque de jebe); tipo de conexiones domiciliarias (cobre, PVC o fierro galvanizado); tipo de terreno sobre el que están asentados.

Tratándose de equipos o instrumentos, se indicará en cada caso: tipo (eléctrico, petróleo, gasolina o baterías, etc.); estado actual (abandonado, en reparación, de reserva, funcionando en buen estado, funcionando deficientemente, etc.); tipo de anclaje (empernado rígido, anclaje flexible o con amortiguación, simplemente superpuesto sobre el piso, con abrazaderas o encadenado a la pared, etc.); número de unidades; disponibilidad de repuestos.

En el caso de equipos y estructuras, es además necesario especificar niveles o cotas de terreno de instalación o edificación, respectivamente.

c) Posibles efectos.

Determinados los parámetros de cada desastre y los elementos independientes de cada componente, se analiza la vulnerabilidad del sistema en relación a cada desastre. Este análisis se efectúa con el auxilio de los planos de vulnerabilidad del sistema, elaborados para cada uno de los posibles desastres. El procedimiento normal consiste en determinar la presión,

empujes, esfuerzos, deformaciones o erosión que estos fenómenos, dependiendo de sus características, pueden producir sobre las estructuras, tuberías o anclajes de los equipos que constituyen el sistema bajo análisis. Llegar a valores numéricos de estos efectos sólo se justifica, como ya se indicó anteriormente, cuando el riesgo de la zona es muy alto.

En situaciones menos riesgosas, una estimación de estos efectos basada en estudios efectuados sobre el comportamiento de los materiales, de los fenómenos y de la influencia del medio, sería suficiente.

La experiencia ha demostrado que los límites máximos de esfuerzos en una tubería sin uniones no se dan realmente en la práctica, probablemente porque tiene lugar un cierto movimiento relativo entre la tubería y el terreno, que tiende a aliviar los esfuerzos.

Otro valor de interés es el desplazamiento máximo de las uniones. Una unión que tiene libertad de movimiento, tal como la unión con anillo de caucho, por ejemplo, se puede abrir hasta 0,75 cm aproximadamente, en el caso de tuberías de 18" de diámetro. Este movimiento de las uniones podría ser significativo cuando se tienen dos o tres tramos de tuberías arreglados de tal modo que el movimiento de las uniones en los tres se acumulen en un punto, pudiéndose obtener una gran capacidad de desplazamiento en ese lugar.

Se efectuará una revisión de las posibles áreas de deslizamiento, licuefacción, o fallas que crucen los componentes del sistema, determinando la magnitud del riesgo al que pueden estar expuestos sus elementos.

En forma estimativa, el cálculo de los daños (como función de la intensidad del sismo) se puede determinar asumiendo que un sólo nivel de movimiento afecta todo el sistema, que no se producen desplazamientos y que los daños se resumen a fallas en las redes y en la planta de tratamiento.

La Figura 3 - 2 reproduce un gráfico empírico para estimar las fallas en las tuberías, basado en una correlación de experiencias de los terremotos de Managua (1972), Los Angeles (1971), Tokachi-Oki (1968), Niigata (1964), Fujui (1948) y Tokio (1923). La fórmula obtenida para estimar los efectos sobre las tuberías es:

$$\text{Log } N = 3,65 + 6,39 \text{ Log } a, \quad \text{siendo:}$$

N = número de fallas o roturas por Km de tubería, y

a = aceleración máxima del terreno (aceleración /g)

La estimación de daños a la planta de tratamiento se basa en una estimación utilizada para evaluar los efectos en estructuras de concreto reforzado.

$$\text{Log } D = 3,18 + 3,69 \text{ Log } a, \quad \text{siendo:}$$

D = efecto en la planta de tratamiento apreciado como un porcentaje de su capacidad.

Como resultado de la aplicación de estos criterios estimativos, podríamos llegar a determinar por ejemplo, que un sismo de grado tal, el cual ocasionaría una aceleración promedio de a en la zona del sistema, podría producir 179 fallas o roturas de tuberías y una pérdida del 5% de su capacidad en la planta.

Determinados los daños sobre cada elemento independiente del componente, se resume toda esta información en una matriz, en la cual se anota el listado de componentes a un lado y los resultados del análisis al otro.

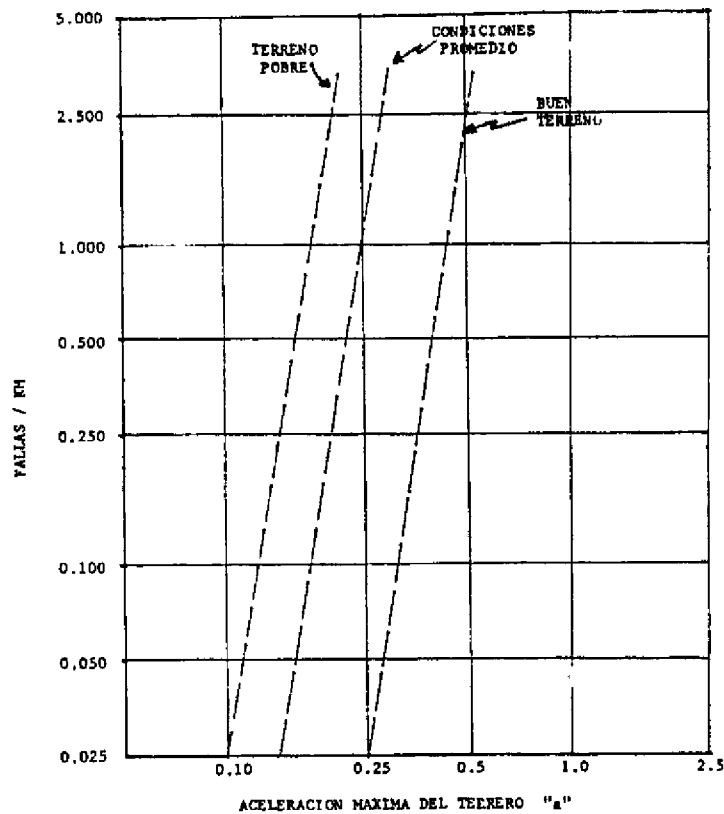


Figura 3 - 2
Estimación de fallas por Km de tubería en función del tipo de terreno

La tabla 3 - 2 ilustra un ejemplo de cómo se esquematiza esta matriz en el caso de que se esté analizando la vulnerabilidad sísmica de un sistema. Este análisis se repite en cada uno de los desastres que afectan al sistema, obteniéndose una matriz en cada caso, con el resumen de resultados.

Tabla 3 - 2
Desastre No. 1

COMPONENTES DEL SISTEMA	EFECTOS ESTIMADOS	(Qp) Capacidad de producción (l/s)	(CE) Coeficiente de confiabilidad
1. Fuentes:			
1.1. Río San Juan (400 l/s)	Contaminación por derrumbes	100	0,56
1.2. Pozos perforados, bomba turbina, bombeo a la red 100 l/s		100	
2. Captación:	Asentamiento	100	0,56
2.1. Estructura de captación	"	100	
2.2. Reja	"	100	
2.3. Tubería e salida 0 20" A.C.	"	100	
2.4. Bálvula de compuerta 0 20"			
3. Conducción: (400 l/s)	Agrietamiento		0,44
3.1. 500 m. tubería A.C. 0 20" conjuntas rígidas, en roca			
3.2. 1100 m. tubería de A.C. 0 20" juntas rígidas en terreno grano fino (arena y arcilla)	Abertura de juntas	80	
		80	

Tabla 3 - 2 - continuación -

COMPONENTES DEL SISTEMA	EFFECTOS ESTIMADOS	(Qp) Capacidad de producción (l/s)	(CE) Coeficiente de confiabilidad
4. Planta de tratamiento: (400 l/s)			
4.1. Estructuras de mezcla y floculación en concreto armado, semienterrada, terreno de grano grueso (dos)	Ningún daño	400	
4.2. Estructuras de sedimentación de concreto armado, sobre terreno de grava (2)	Agrietamiento de la estructura	200	
4.3. Estructuras de filtros semienterrados - concreto armado - terreno, grava (4)	Grietas leves		
4.4. Galería de tubos	Derrumbe de muros	300	
4.5. Casa de química - concreto armado - terreno grano grueso.	Agrietamientos		
4.6. Dosificadores (2)	Falla en los anclajes	400	
4.7. Clorinadores (dos)	Falla en los anclajes	400 200	1,10
5. Conducción a reservorios:			
5.1. 1200 m. tubería fierro fundido 0 18", juntas rígidas, terreno grano fino	Serios daños por deslizamiento del terreno	50	0,28
6. Almacenamiento:			
6.1. Reservorio N° 1 (100 m ³) Estructura de concreto armado circular 0 8 m. apoyado sobre roca.	Asentamiento de la estructura		
6.2. Tubería desagüe y rebose 0 12" fierro fundido	Ningún daño		
6.3. Tubería ingreso 0 12" fierro fundido, juntas rígidas	Ningún daño		
6.4. Tubería de aducción 0 14" A.C. uniones rígidas - terreno de grava	Asentamiento de la tubería		
6.5. Reservorio N° 2 (50 m ³) estructura elevada 10 m. de alto 0 4 m. Terreno grano fino.	Varios daños por asentamiento	100	
6.6. Tubería desagüe y rebose 0 10" fierro fundido, juntas rígidas	Ningún daño		
6.7. Tubería de ingreso, fierro fundido 0 10" - juntas rígidas - terreno grano fino (arena y arcilla)	Varios daños por asentamiento del terreno		
6.8. Tubería de aducción 0 12" A.C. uniones rígidas - terreno grano fino	" "		
6.9. Caja rompe presión - concreto armado. Terreno rocoso	—		
7. Redes de distribución - zona 1:		100	0,56
7.1. 300 m. tubería A.C. 0 4" juntas flexibles, terreno rocoso	Ningún daño		
7.2. 500 m. tubería A.C. 0 4" juntas flexibles, terreno grano fino	Asentamiento agrietamiento de la tubería		
7.3. 200 m. tubería concreto armado 0 10" juntas flexibles - terreno grano fino	Asentamiento agrietamiento de la tubería	80	
Zona 2 - (Casco antiguo)			
7.4. 300 m. tubería fierro fundido 0 10" juntas rígidas - terreno grano fino	Colapso total		
7.5. 5.000 m. tubería fierro fundido 0 4", juntas rígidas - terreno grano fino	Colapso total		
7.6. 300 m. tubería fierro fundido 0 4", juntas rígidas - terreno rocoso	Fugas en las juntas	100	
Zona 3			
7.7. 200 m. tubería A.C. 0 12" junta flexible, terreno grava	Posible agrietamiento de la tubería		
7.8. 800 m. tubería A.C. 0 4" junta flexible, terreno grava	" "		
7.9. 300 m. tubería A.C. 0 6" junta flexible, terreno grava	" "	100	
		280	1,56

Qn= 180 l/s