IV. ANALISIS DE VULNERABILIDAD

A continuación se presenta un enfoque sistemático para identificar los componentes críticos y los componentes vulnerables de un sistema característico en un desastre específico.

Las etapas de un análisis de vulnerabilidad son:

- Seleccionar un desastre potencial y asignarle características.
- Identificar componentes físicos y servicios auxiliares del sistema.
- Determinar los efectos del desastre sobre el sistema.
- Estimar la demanda de servicios.
- Determinar la capacidad del sistema para satisfacer la demanda.
- Determinar los componentes críticos y vulnerables.
- Ampliar otros tipos de desastre.
- Consolidar la información en una evaluación final.

El primer paso consiste en revisar todos los tipos de desastre a los cuales la zona es propensa y luego seleccionar características de un posible desastre, con que frecuencia y su magnitud probable.

El segundo paso consiste en identificar y describir todos los componentes del sistema. Estos incluyen los elementos físicos, como las fuentes de agua, plantas de tratamiento, tuberías y estaciones de bombeo. El propósito de dividir el sistema en componentes es el de identificar aquellos que son más vulnerables al impacto de los desastres en las próximas etapas.

El primer paso consiste en revisar todos los tipos de desastre a los cuales la zona es propensa.

Los servicios de apoyo incluyen la provisión de energía eléctrica, instalaciones de comunicaciones y transporte, y la disponibilidad de personal y equipo. Por supuesto, el sistema de apoyo administrativo influye mucho sobre su vulnerabilidad. El análisis debería también especificar las dificultades con las que tropiezan los componentes en circunstancias normales. Esta información es valiosa para prever problemas en situaciones de desastre.

Después de seleccionar un desastre en la primera etapa y de identificar sus componentes en la segunda, en la tercera se determinan los efectos del desastre elegido sobre estos diferentes componentes.

El resultado más obvio de un desastre es el daño físico a las estructuras. Es muy probable que las tuberías, por ejemplo, sean afectadas por lluvias intensas, por un huracán, o por deslizamiento de tierras a continuación de un terremoto.

La contaminación está estrechamente relacionada con el daño estructural. La contaminación puede ser resultado del daño a las estructuras, pero las tuberías rajadas, los alcantarillados tapados o las inundaciones de agua contaminada también puede crear serios riesgos para la salud.

Otro de los efectos serios y comunes en los desastres más graves es la interrupción del servicio de electricidad, interfiriendo con las operaciones de bombeo y de tratamiento del agua. En virtud de accidentes o por razones personales, no todo el personal puede estar presente inmediatamente después de que el desastre ocurra y la organización puede quedar escasa de personal.

Las comunicaciones son cruciales para que las medidas de socorro sean eficientes. Las líneas telefónicas probablemente sufrirán daños o estarán sobrecargadas después de un desastre.

Las vías de transporte deben estar abiertas a fin de llegar a los diferentes componentes del sistema. Las rutas bloqueadas y la escasez de vehículos que emplean gasolina pueden dificultar tremendamente las medidas de respuesta.

Otro problema que aparece con frecuencia después de los desastres es el de la escasez de suministros y de equipos necesarios para realizar una gran diversidad de operaciones de emergencia.

Finalmente, es importante mencionar el aumento del riesgo de incendio. Los incendios ocurren frecuentemente después de varios tipos de desastres, especialmente de los terremotos. Al mismo tiempo, la disponibilidad de agua es seriamente limitada. En síntesis, los principales efectos de los desastres en los servicios de agua y alcantarillado son: daño estructural, contaminación, cortes de corriente eléctrica, escasez de personal, interrupción de las comunicaciones, problemas de transporte, falta de equipo adecuado y de suministros, y el aumento del riesgo de incendios.

El cuarto paso en el análisis de vulnerabilidad consiste en estimar la demanda de servicios. El consumo de agua puede ser particularmente alto después de un desastre, debido a las pérdidas y al uso del agua para combatir los incendios. El consumo puede disminuir considerablemente poco después, porque durante esta fase el objetivo del proveedor es el de satisfacer solo las necesidades básicas de la población, esto es, agua para beber, preparación de alimentos e higiene básica. Para sobrevivir en los climas tropicales, las necesidades corporales pueden exceder los ocho litros diarios; para beber y para necesidades básicas entre 20 a 60 litros por día deben ser suficientes.

Por medio de la comparación de la demanda estimada con los efectos del desastre en los componentes, es posible determinar si las necesidades pueden satisfacerse y en que medida.

La quinta etapa del análisis de vulnerabilidad, la de determinar la capacidad del sistema, puede hacerse en la oficina, mientras que la mayor parte de las etapas anteriores requerirán trasladarse al lugar de los hechos.

El sexto paso es determinar los componentes críticos y vulnerables del desastre elegido. Los componentes críticos son aquellos elementos cuya interrupción afecta en mayor medida al sistema total. Los componentes vulnerables son los elementos con mayor probabilidad de dañarse.

Una estación de bombeo, por el contrario, es un eslabón vital en el abastecimiento de agua de una gran ciudad. Dado que no está equipada con fuerza motriz de emergencia, es un componente tanto crítico como vulnerable del sistema total.

Al finalizar el análisis de vulnerabilidad para el desastre elegido, el proceso puede repetirse con otros tipos de desastre a los cuales el área es propensa. Finalmente, toda la información se combina dentro de una evaluación final.

Este enfoque por etapas de un análisis de vulnerabilidad, según descrito, es generalmente aplicable. Sin embargo, los analistas deben elaborar y adaptar la metodología según las necesidades de cada sistema y de cada desastre específico.

Varios métodos pueden utilizarse para determinar el factor de confiabilidad (CE). Un método define este

factor como el resultado de la capacidad real de producción del componente (CP) después del hipotético desastre, dividido por la capacidad necesaria (CN). La figura 3 ilustra la aplicación de este método, usando la capacidad restante. En el primer ejemplo, el factor de confiabilidad de las unidades paralelas es del 75%. En el segundo ejemplo, con las unidades en serie, la confiabilidad es igual a cero, dado que no puede producirse agua.

Otro método define la confiabilidad como el tiempo necesario para restaurar al componente cuando el desastre lo dañe, o CE = tiempo de rehabilitación. Si se enfoca el problema desde más de un ángulo se aumenta el valor del análisis.

En la figura 4 se muestra como se usa el tiempo de rehabilitación para determinar el factor de confiabilidad. En el primer caso, donde las unidades de tratamiento han resultado dañadas, el tiempo de rehabilitación y consecuentemente la vulnerabilidad es mayor que en el segundo caso en donde una sola válvula ha sido afectada. Ambos métodos, el que utiliza la capacidad restante y el que utiliza el tiempo de rehabilitación, son complementarios.

La evaluación de la vulnerabilidad se basará en información de desastres anteriores, tanto nacionales como en el extranjero. Dado que esta información es, a menudo, escasa, un juicio técnico sólido y sentido común son también factores decisivos en el análisis. Es importante reconocer que la vulnerabilidad de un sistema depende no solo de la vulnerabilidad de sus componentes sino también de la interrelación entre esos componentes y el número de unidades.

Una hoja de trabajo que contenga un análisis de vulnerabilidad es un instrumento útil para llevar a cabo este análisis. En el cuadro 1 se presenta parte de una hoja de trabajo, usando la primera definición del factor de confiabilidad.

FIGURA 3. CE = FRACCION DE LA CAPACIDAD RESTANTE.

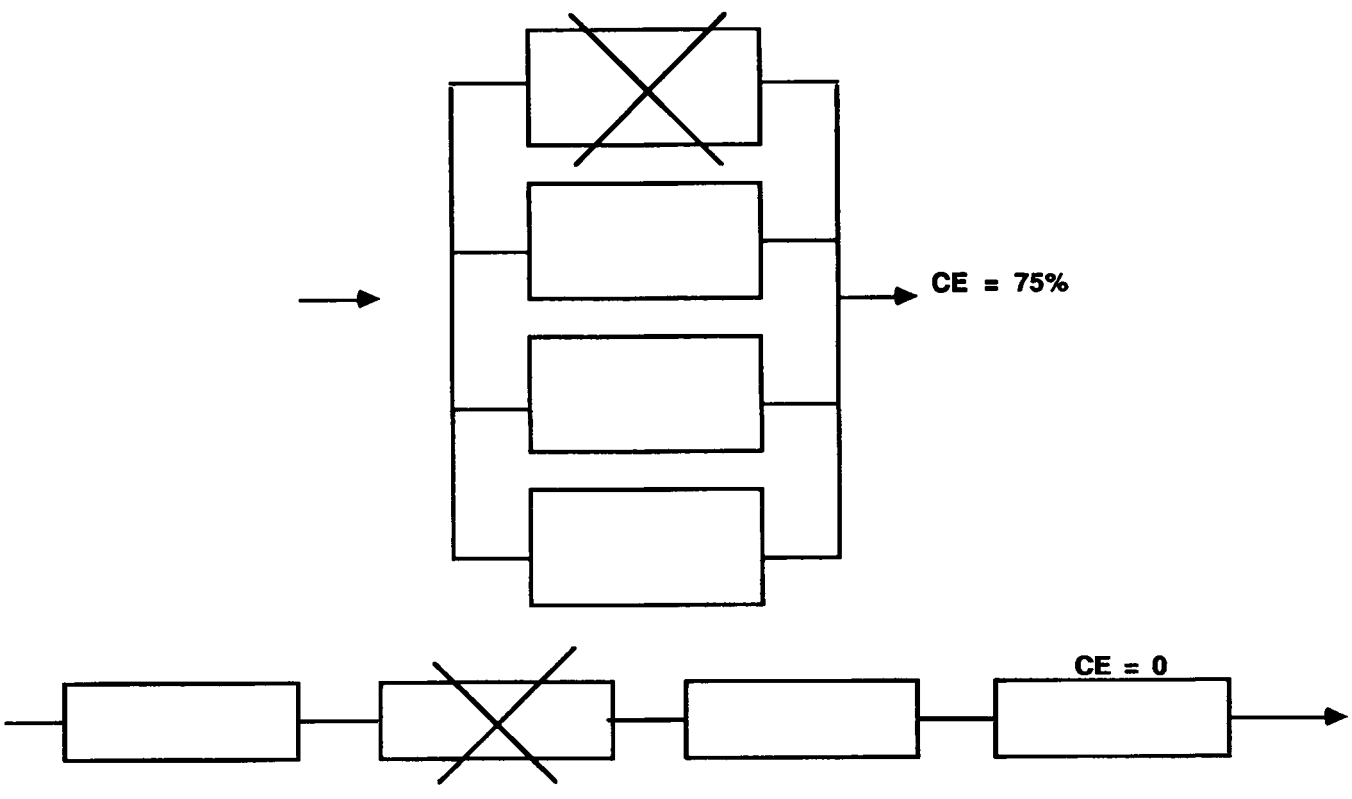
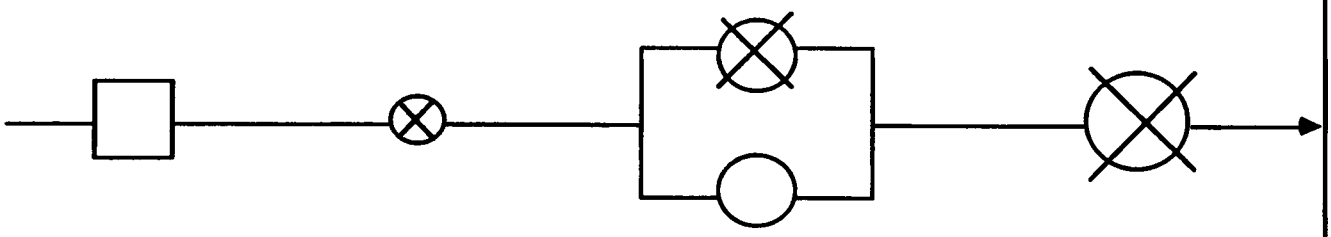
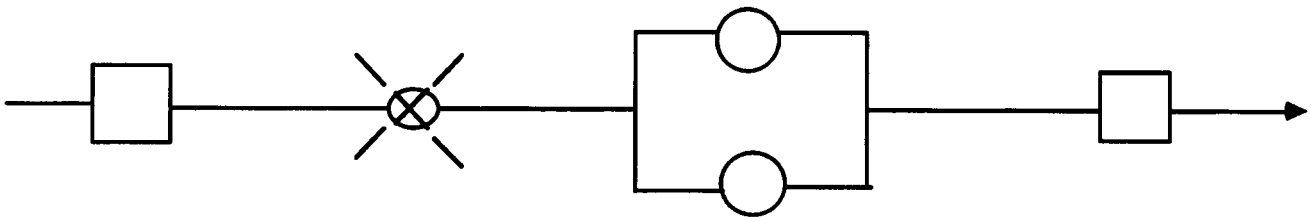


FIGURA 4. CE = TIEMPO DE REHABILITACION.



CE = dos semanas



CE = dos horas

CUADRO 1. HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

PRIMER EJEMPLO.

COMPONENTES DEL SISTEMA	EFECTOS	CAPACIDAD DE PRODUCCION (CP)	FACTOR DE CONFIABILIDAD (CE)
A	Daño a las paredes	100	0,56
B	Corte parcial de corriente	80	0,44
C	Rajaduras superficiales	100	0,56
D	Ningún efecto	200	1,11

DEMANDA TOTAL Cn = 190 l/s

CE = tasa de producción después del desastre/capacidad necesaria. La primera columna detalla los componentes, la segunda el impacto estimado del desastre, la cuarta el factor de confiabilidad. Cuanto menor sea este factor, más alta será la vulnerabilidad de los componentes.

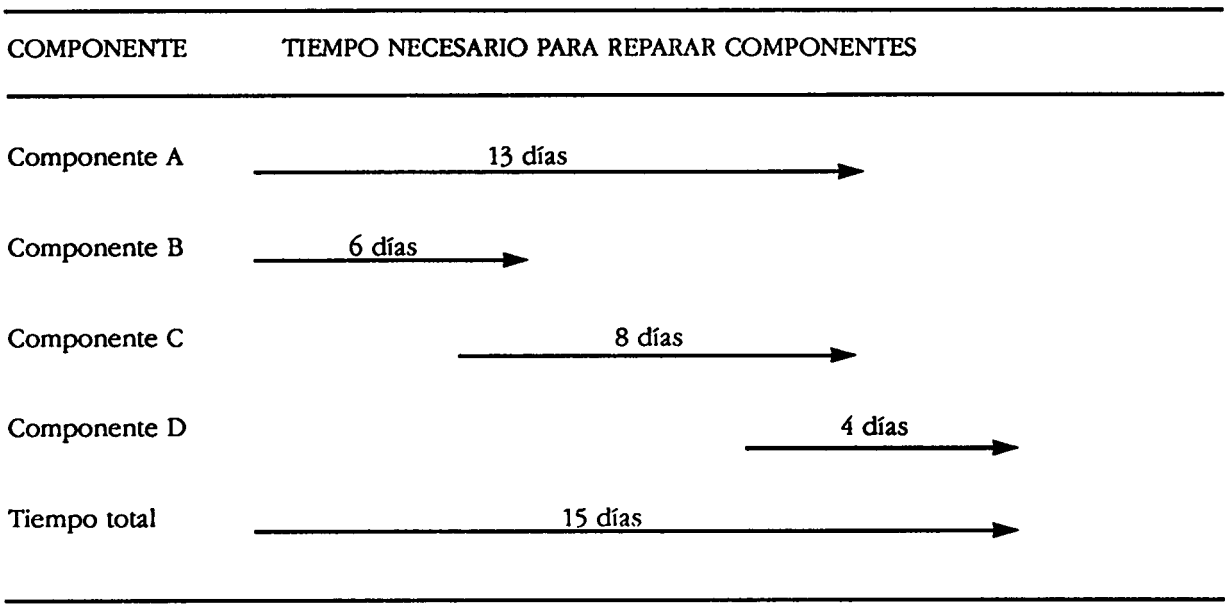
El cuadro 2 es un ejemplo de una parte de la hoja de trabajo que contiene un análisis de vulnerabilidad para un sistema de distribución de agua, utilizando la segunda definición de confiabilidad (CE = tiempo de rehabilitación).

El componente más crítico de este sistema es el A (13 días). La vulnerabilidad del sistema es 15 días. El componente cuya reparación tome más tiempo, define la parte más vulnerable.

Cuando una zona es propensa a varios tipos de desastre, la confiabilidad de los componentes debe ser evaluada para cada desastre. Ello se muestra en las columnas 2 a 6 del cuadro 3. La séptima columna muestra la vulnerabilidad promedio para todos los tipos posibles de desastres, ordenando en forma general a los componentes según su grado de vulnerabilidad.

Esta metodología de análisis de vulnerabilidad se aplica no solo a los desastres naturales, sino también a los accidentes y a otras emergencias que pùedan ocurrir durante las operaciones diarias, tales como incidentes con el cloro.

CUADRO 2. HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS DE VULNERABILIDAD. SEGUNDO EJEMPLO.



CUADRO 3. HOJA DE TRABAJO PARA ANALISIS DE VULNERABILIDAD.
TERCER EJEMPLO.

	FACTOR DE CONFIABILIDAD (CE)					COMPONENTES CRITICOS	
COMPONENTES	D1	D2	D3	D4	D5	PROMEDIO	ORDEN
Fuente	0,56	0,30	3,35	0,80	0,25	0,45	2
Captación	0,56	0,30	0,35	0,80	0,25	0,45	2
Tuberías	0,44	0,40	0,40	0,50	0,35	0,42	1
Planta de tratamiento	1,10	0,40	0,40	1,20	0,30	0,68	5
Almacenamiento	0,56	0,30	0,35	0,60	0,50	0,46	3
Aducción	0,28	0,50	0,60	0,50	0,50	0,48	4
Redes	1,56	1,60	2,00	1,60	0,80	1,55	6