

FALLA: Fractura con desplazamiento, presente en macizo rocoso provocada por movimientos geológicos.

FENOMENO NATURAL: Manifestación de las acciones de la naturaleza tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas y otros.

FLEXIBILIDAD: Se refiere a la capacidad de operación alternativa de los componentes.

FLUJO DE VIENTO EN LA ALTURA: Flujos de vientos fuertes que se producen dentro de la banda de nubes del tipo cirros.

MASA DE AIRE: Es una porción de aire extensa con una aproximada homogeneidad horizontal (uniformidad) en sus propiedades físicas. La temperatura y la humedad de la porción del aire pueden variar de un nivel a otro. Debe cubrir una vasta área.

METEORIZACION: Conjunto de modificaciones de la roca causadas por agentes atmosféricos tales como: lluvia, vientos, cambios de temperatura.

ONDA TROPICAL: Son masas de nubes embebidas en el cinturón de los vientos alisios, que se desplazan hacia el oeste y se extienden hacia el polo desde las bajas presiones ecuatoriales. Aparecen en el mes de junio, en el Atlántico Tropical, cuando la temperatura del agua de mar empieza a aumentar sobre los 28 °C.

PLAN DE EMERGENCIA: Conjunto de medidas a aplicar antes, durante y después que se presenta una amenaza como respuesta al efecto de la misma.

PLAN DE MITIGACION: Conjunto de medidas y obras a implementar para minimizar los efectos de las amenazas, generalmente orientada a reducir la vulnerabilidad de los componentes y de los sistemas.

PREPARACION: Conjunto de medidas definidas que deben implantarse antes de que se presenten los impactos de las amenazas.

PREVENCION: Acciones de preparación para disminuir los efectos de las amenazas.

PROGRAMA PARA LA ATENCION DE EMERGENCIAS Y DESASTRES: Comprende el plan de emergencia y el plan de mitigación.

QUEBRADA: Corriente de agua de régimen permanente o intermitente de poco caudal.

REDUNDANCIA: Componentes, o subcomponentes adicionales, de operación en paralelo. Ejemplo, los grupos de bombas en una estación de bombeo.

RIESGO: Medida del impacto de una amenaza, expresado en términos probabilísticos.

RIO: Corriente de agua de régimen permanente o intermitente que se desplaza por un cauce, tiene una fuente o cabecera y desembocadura a una gran cuenca.

SISTEMA DE AGUA POTABLE: Conjunto de componentes construidos e instalados para captar, transmitir, tratar, almacenar y distribuir agua a los usuarios. En su más amplia acepción comprende también las cuencas y acuíferos.

SUELO RESIDUAL: Suelos que han sido formados por efecto de la meteorización de la roca madre. Estos son suelos que no han sido transportados y presentan ciertos vestigios de la roca original.

VAGUADA: Una vaguada es el resultado de la penetración de aire frío desde niveles altos hacia la superficie. Generalmente la circulación de esta masa de aire frío tiene forma de V. La nubosidad típica de esta formación son nubes del tipo estratiforme que produce llovizna y escasa visibilidad.

VULNERABILIDAD: Medida de la debilidad de un componente para resistir los efectos de las amenazas naturales o antrópicas.

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT): Zona de baja latitud, relativamente estrecha, en la cual las masas de aire que provienen de los dos hemisferios convergen en niveles bajos sobre los océanos, ligadas estrechamente a un régimen de vientos a menudo débiles y variables. La ZCIT es el límite entre los vientos alisios del noreste y sureste del hemisferio norte y sur respectivamente. Es la zona de nacimiento de los ciclones tropicales que ocasionalmente devastan áreas de los trópicos y, en algunos casos, son los responsables de pérdidas humanas.

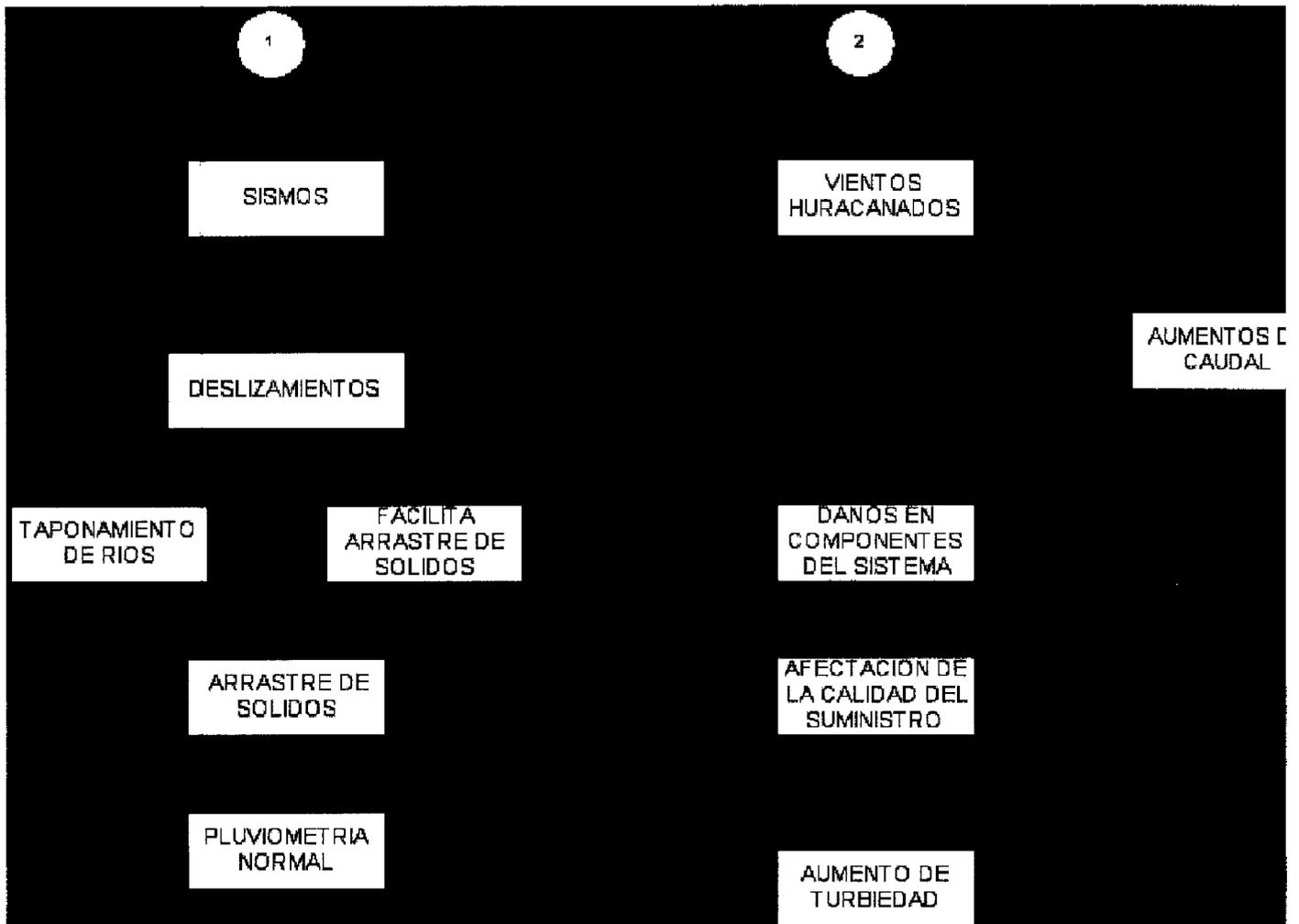


Figura 1.2. Diagrama esquemático de la posible afectación de un sistema de producción, transporte y suministro de agua potable: sismos, vientos huracanados o tormentas tropicales

Tabla 4.7. Vulnerabilidad de S/E de voltaje igual o inferior a 230 KV

GRADO	PROBABILIDAD DE FALLA (%)		DESEMPEÑO	TIEMPO ESTIMADO DE INTERRUPCION (horas) (1)
	COMPONENTES FRAGILES	COMPONENTES NO FRAGILES		
V	--	--	S/E funcional	--
VI	10	4	Breve interrupción	½ a 1
VII	17	8	Daños menores	□ 4
VIII	24	12	Daños moderados	□ 8
IX	31	16	Daños en equipos; sustitución de piezas	□ 12
X	□ 38	□ 19	Daños en equipos y edificio de control	□ 24

(1) No incluye tiempo de transporte de equipos al sitio

(2)

Tabla 6.5. Vectores de probabilidad correspondientes a los Estados de daño severos y/o ruina (sismo en época de estiaje)

INTENSIDAD DE MERCALLI	CHIMENEA EQUILIBRIO	REPRESA DE TIERRA	TUBERIAS GRAN DIAMETRO		ESTACION DE BOMBEO Y S/E	PUENTE	TUNELES	PLANTA DE TRATAMIENTO
			PLANO	LADERA				
	1	2	3	4	5	6	7	8
VI	--	--	--	--	--	--	--	--
VII	--	0,05	--	0,02	0,02	--	--	--
VIII	0,05	0,20	--	0,15	0,10	0,05	0,02	--
IX	0,40	0,50	0,05	0,40	0,30	0,15	0,10	0,15
X	0,70	0,80	0,20	0,80	0,60	0,30	0,30	0,40

Vulnerabilidad operativa,, agua potable. Matriz 1
(Ver notas en página siguiente)

COMPONENTE DEL SISTEMA (1)	CAPACIDAD DEL COMPONENTE	REQUERIMIENTO ACTUAL (2)	DEFICIT (3)	CONTINUIDAD (4)	CALIDAD AGUA (5)
Chimeneas de equilibrio	□ 3,5 m hasta 100 m altura.				
Captación. Represas de tierra.	Diseñada para absorber creciente milenaria				
Tuberías (zona plana)	6 a 8 m ³ /seg				
Tuberías (en ladera)	6 a 8 m ³ /seg				
Estación de bombeo					
Tanque de succión					
S/E alto voltaje	115 - 6 KV				
Puentes (tuberías)					
Puentes (Carreteros)					
Túneles (forzado)					
Planta pre-tratamiento					
Planta tratamiento	9 m ³ /seg				
Vías de acceso (inspección, mantenimiento o reparación)					

Notas a la matriz 1

1) En menor o mayor grado, los componentes identificados pueden ser afectados por la amenaza estudiada: deslizamientos.

- 2) El requerimiento promedio es cercano a la capacidad instalada.
- 3) El déficit se ha producido por: (i) contaminación de afluentes a las zonas de captación (véase Tabla 6.3 y Anexo H); (ii) deslizamiento masivo (véase Sección 6.3.2 y Anexo C).
- 4) En caso de déficit opera el embalse La pereza ubicado en una hoya hidrográfica diferente.
- 5) El exceso de turbiedad es la causa más frecuente de afectación del efluente; medida en unidades nefelométricas de turbiedad, el valor normativo de 5 ocasionalmente ha sido excedido.

7.- Matrices de vulnerabilidad

En esta Sección se presentan las matrices asociadas a la amenaza "deslizamientos", aplicadas al Caso Estudio. Contribuyen a priorizar la toma de medidas de mitigación o reforzamiento y orientan en la determinación de otras formas de abastecimiento durante el tiempo de rehabilitación.

Por la ubicación del caso estudio, topografía irregular, hoyas de influencia, fallas geológicas que la cruzan y geología predominante del terreno, en la elaboración de las matrices de vulnerabilidad se han seguido los lineamientos generales establecidos para: (i) sismos; (ii) huracanes y (iii) inundaciones y crecientes de ríos establecidas por OPS/OMS (Referencias 3, 9 y 76).

La caracterización de estas amenazas y su aplicación al Caso-Estudio se encuentra descrita en el Capítulo 2 de este trabajo.

A modo de advertencia general, el contenido de las matrices refleja los resultados de una muestra de inspecciones hecha a lo largo de la línea, así como resultados de evaluaciones analíticas de algunos componentes del sistema estudiado.

Al igual que en el cálculo de la probabilidad de falla, los valores de las matrices de vulnerabilidad se han generalizado a lo largo de la línea, asumiendo un mantenimiento e inspección promedio. Los tiempos de rehabilitación, costos e insumos necesarios sólo constituyen una guía general, hasta tanto culmine el trabajo de la Ref. 16 el cual está basado en la estadística de casos reales.

Vulnerabilidad física e impacto en el servicio. Matriz 2a

(Origen natural: Deslizamientos por gravedad terrestre; incluye como agravante de origen antrópico, la operación del sistema)

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
TIPO DE AMENAZA	CARACTERISTICAS DE LA AMENAZA	PRIORIDAD RELATIVA DE LA AMENAZA	SISTEMA DE INFORMACION Y ALERTA		MEDIOS DE COMUNICACION	AREAS DE IMPACTO
			EXTERNOS	INTERNOS		
Deslizamiento progresivo de taludes; fenómenos de repteo. Acelerado por presencia de agua proveniente de fugas o derrames.	La ocurrencia de fugas condiciona esta amenaza. El sistema es objeto de inspecciones permanentes. Los deslizamientos masivos se consideran poco probables en el sistema.	Primera prioridad en áreas cercanas a fundaciones de tanques, chimeneas, estaciones de bombeo.	No	Cuadrillas de inspección y mantenimiento.	Red de radio-telefonos de la Empresa.	Impacto local y de fácil control, salvo el caso de deslizamientos masivos.

(6a)	(6b)	(7a)	(7b)	(7c)	(8)
COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR (DIAS)	CAPACIDAD REMANENTE INMEDIATA	IMPACTO EN EL SERVICIO
1) Fundaciones de tanques de succión. 2) Fundaciones de chimeneas verticales. (3) Obras conexas a planta de tratamiento. 4) Tuberías en ladera 5) Vías de acceso 6) Embalses.	1) y 2) Algunos casos con reserva marginal Requieren análisis detallado. 3) Aceptable 4) Algún caso de tubería desplazada por repteo. 5) Aceptable; deslizamientos incipientes en ciertos tramos. 6) No inspeccionado.	1) y 2) Un deslizamiento masivo podría inhabilitar el sistema. Requiere evaluación 3) Limitados. 4) Depende de la extensión. Si el tramo es de juntas soldadas, la reserva es mayor que con juntas Dresser. 5) Bloqueo temporal. 6) No evaluado.	1 y 2) Evaluación incierta. La falla de una chimenea vertical puede paliarse con una chimenea inclinada. 50 a 100 3) 5 a 10. 4) 20 a 30. 5) 1 6) --	1) y 2) 0 a 30% 3) 70% 4) 40% 5) No incide 6) --	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas, 3 instalaciones hospitalarias públicas podrían quedar sin agua o con suministro reducido.

Vulnerabilidad física e impacto en el servicio. Matriz 2b

(Origen natural: Deslizamientos por lluvias torrenciales, vaguadas con o sin vientos huracanados)

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
TIPO DE AMENAZA	CARACTERISTICAS DE LA AMENAZA	PRIORIDAD RELATIVA DE LA AMENAZA	SISTEMA DE INFORMACION Y ALERTA		MEDIOS DE COMUNICACION	AREAS DE IMPACTO
			EXTERNOS	INTERNOS		
Deslizamientos causados por lluvias intensas y arrastre de sólidos. Contaminación proveniente de zonas de bote de escombros contaminantes que son igualmente sujetos a deslizamientos locales, transformándose en contaminantes del líquido.	La pluviosidad media de la zona está caracterizada por precipitaciones anuales del orden de 1.000 mm, siendo los meses de menor precipitación de Diciembre hasta Abril (véase la Figura 2.9).	Constituye la amenaza natural más probable.	Defensa Civil	Red de radio y telefonía de la Empresa.	Radio, TV, prensa, oficina de prensa de la Empresa.	Depende de la distribución de intensidades de lluvia; puede ser de decenas de km ² . En general, el impacto siempre alcanza las zonas de captación (cotas más bajas del sistema); las zonas de mayor pendiente serán propensas a deslizamientos, especialmente si la tormenta sucede hacia el final de la estación de lluvia (véase Figuras 3.11 y 3.12).

(6a)	(6b)	(7a)	(7b)	(7c)	(8)
COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR (DIAS)	CAPACIDAD REMANENTE INMEDIATA	IMPACTO EN EL SERVICIO
1. Contaminación de captaciones y saturación de plantas de tratamiento. Eventual acceso de barro a las bombas. 2. Inestabilidad de terrenos que amenacen fundaciones de tanques, chimeneas o pilas de puentes. 3. Desplazamiento de tuberías en ladera. 4. Vías de acceso. 5. Deslizamiento en embalse.	Satisfactorio. No se conoce el grado de colmatación de la represa. En algunos casos la tolerancia a nuevos deslizamientos es marginal. Requiere análisis de tallados de Ingeniería. Aceptable. No evaluado.	No se esperan daños. Sólo acceso de material es suspensión, incremento de turbidez y eventual contaminación. Pueden llegar a ser muy importantes. Interrupción temporal del tránsito. --	4 a 6 40 a 60 20 a 30. 1 --	1. 0 a 30% 2. 30% 3. 40 % 4. No incide 5. --	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas. 3 Instalaciones hospitalarias podrían quedar con suministro reducido.

NOTA: Esta matriz está en revisión a la luz de las lluvias excepcionales del 10-11 de Julio de 1997.

Vulnerabilidad física e impacto en el servicio. Matriz 2c

(Origen natural: Deslizamientos por sismo)

(1)	(2)	(3)	(4a)	(4b)	(4c)	(5)
TIPO DE AMENAZA	CARACTERISTICAS DE LA AMENAZA	PRIORIDAD RELATIVA DE LA AMENAZA	SISTEMA DE INFORMACION Y ALERTA		MEDIOS DE COMUNICACION	AREAS DE IMPACTO
			EXTERNOS	INTERNOS		
Inestabilidad de taludes concomitante con la acción sísmica o bien horas, hasta días, después. Puede ser acelerado por lluvias anteriores o posteriores al sismo.	Esencialmente debidos a movimiento vibratorio. Su extensión e importancia se da en la Sección 2.1	Amenaza natural con periodos de retorno en el orden de varias decenas de años.	Véase Matriz 2b.	Véase Matriz 2b.	Véase Matriz 2b.	Véase la Sección 2.1. Impacto máximo representado por eventual bloqueo de afluente principal.

(6a)	(6b)	(7a)	(7b)	(7c)	(8)
COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR (DIAS)	CAPACIDAD REMANENTE INMEDIATA	IMPACTO EN EL SERVICIO
<p>1) Interrupción de afluente a zonas de captación.</p> <p>2) Fundaciones de instalaciones críticas: tanques de succión, chimeneas de equilibrio, estación de bombeo.</p> <p>3) Tubería en ladera.</p> <p>4) Vías de acceso.</p>	Véase Matriz 2a	<p>1) Deslizamiento masivo que bloquea el afluente principal.</p> <p>2) Requiere evaluación.</p> <p>3) Depende de la extensión (ver Matriz 1a)</p> <p>4) Bloqueo temporal.</p>	<p>1) Liberación de agua almacenada por bombardeo aéreo; turbidez: 20 - 40</p> <p>2) 50 a 100</p> <p>3) 20 a 30</p> <p>4) 1 a 2</p>	<p>1) 0 a 20</p> <p>2) 0 a 30</p> <p>3) 40</p> <p>4) No incide</p>	Aproximadamente 300 a 600 mil personas afectadas. 3 Instalaciones hospitalarias podrían quedar con suministro reducido.

Vulnerabilidad física (2). Matriz 4 (a)

COMPONENTE	MITIGACION	COSTO US\$ x 10 ⁵	EMERGENCIA	COSTO US\$ x 10 ⁵
Fundaciones de: chimeneas de equilibrio; tanques de succión; fundaciones de puentes	Requieren evaluación detallada; obtención de muestras.	0,5	Obras de protección de fundaciones en instalaciones afectadas, no	15
	Muros- pantalla	25 (1)	mitigadas.	
Tuberías en ladera	Obras de drenaje y eventual estabilización con apoyo de concreto (Sección 3.6).	10	Reparación de tuberías desplazadas (supuesto no mitigado)	20
Obras conexas a planta de tratamiento	Disposición de muros o gaviones (Sección 3.6.3).	0,5	Reparaciones menores	0,3
Vías de acceso	Ninguna		Contratación limpieza vías de acceso.	0,5
Riesgo de deslizamiento masivo	Requiere evaluación.	0,5	Desbloqueo del río (supuesto no mitigado)	

				3
	Cambio geometría de taludes.	15		

(1) Supone construcción de algunos muros-pantalla (véase Sección 3.6.3.2)

Vulnerabilidad operativa (1). Matriz 4 (b)

COMPONENTE	MITIGACION	COSTO \$ X 10 ⁵	EMERGENCIA	COSTO US\$ x 10 ⁵
Incremento turbiedad del agua cruda			Reducir tiempo para alcanzar turbiedad aceptable. Elevación de alcalinidad para lograr floculación.	0,3
Caída de torres de alta tensión por deslizamiento			Disposición de líneas temporales mientras dura emergencia.	0,3
Riesgo de contaminación por deslizamiento y arrastres en zonas industriales			Cloración y tratamiento de efluentes.	0,2
Deslizamiento masivo en embalse que afecta fuente de captación	No analizado			

Vulnerabilidad administrativa (3). matriz 4

Medidas de mitigación y emergencia

AREA	MITIGACION (3A)	EMERGENCIA (3B)	
		COSTO US\$	COSTO US\$
ORGANIZACION INSTITUCIONAL	<p>1. No existe un plan de medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad operativa, física y organizativa. Ello se debe a que no se ha realizado a cabalidad un análisis de vulnerabilidad que determine cuales son los elementos más débiles; esto permitirá reforzar racional y económicamente los componentes, instalaciones y el funcionamiento de los sistemas de agua potable.</p> <p>2. No existen normativas que incorporen los planes de mitigación, de la programación y desarrollo de las actividades normales de la empresa.</p>		<p>1. Instalar los centros de emergencia y operaciones.</p> <p>2. Lograr coordinaciones con otros entes institucionales, técnicos y de socorro.</p> <p>3. Mantener a la comunidad informada de lo ocurrido y de las operaciones que se lleven a cabo para resistir el servicio.</p>

	<p>3. El personal profesional técnico y administrativo de la empresa pudiera recibir mayor adiestramiento continuo relativo a situaciones de emergencia.</p> <p>4. No se realizan pruebas de eficiencia (simulacros) para medir la capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia.</p> <p>5. Existen deficiencias de comunicación con el sector de usuarios.</p> <p>6. Faltan procedimientos, instructivos e información necesaria para movilizar y utilizar los recursos empresariales disponibles en el caso de un desastre.</p> <p>7. Los convenios y condiciones de apoyo con otras entidades (Defensa Civil, MARNR, Funvisis, Ministerio de Desarrollo, etc.) son limitados.</p> <p>8. Se requiere de una política institucional para atender situaciones de desastre.</p>			
--	--	--	--	--

Vulnerabilidad administrativa (3). Matriz 4

Medidas de mitigación y emergencia

AREA	MITIGACION (3A)	COSTO US\$	EMERGENCIA (3B)	COSTO US\$
OPERACION Y MANTENIMIENTO	<p>1. Si existe un plan de mantenimiento preventivo. La empresa planifica los trabajos de mantenimiento durante los fines de semana y los días de asueto.</p> <p>2. Mantiene un plan de operación y de interconexión de los sistemas, aceptable para surtir de agua a la población.</p> <p>3. La empresa cuenta con personal capacitado y conocedor de los sistemas, pero debiera incrementarse.</p> <p>4. No se cuenta con un stock de repuestos para atacar desastres</p>		<p>1. Realizar diagnóstico de daños.</p> <p>2. Movilizar el personal de operación y mantenimiento con experiencia en el manejo de emergencias.</p> <p>3. Priorizar reparación de daños.</p> <p>4. Programa, dirigir y controlar las labores de rehabilitación.</p> <p>5. Solicitar apoyo de</p>	

	<p>(transformadores, tubos, válvulas, aisladores, etc.)</p> <p>5. Se requiere disponer con un inventario de materiales y equipos, de Hidrocapital y demás empresas filiales.</p> <p>6. Existen diferencias en la inspección del sistema de producción.</p> <p>7. Conviene incrementar las medidas de mitigación en las operaciones cotidianas de la empresa.</p> <p>8. Adquirir tanques portátiles.</p>		<p>equipos y materiales necesarios a otras filiales.</p> <p>6. Establecer horarios de racionamiento de agua.</p> <p>7. Solicitar apoyo con camiones cisterna.</p> <p>8. Clorar efluentes.</p> <p>9. Mantener bitácora de acciones efectuadas (registro).</p>	
APOYO ADMINISTRATIVO	<p>1. Se requiere un fondo de emergencia, apartado del presupuesto.</p> <p>2. Se debe garantizar la asignación de los recursos financieros y la aplicación de medidas de mitigación, como parte de los proyectos de desarrollo en ejecución o a ejecutar.</p>		<p>1. Disponer de recursos financieros y trasladarlos a las zonas afectadas.</p> <p>2. Girar instrucciones para atender de inmediato los requerimientos del área afectada (dinero, personal, materiales y equipos) durante las 24 horas del día, inclusive fines de semana.</p>	
SUBTOTAL (3)				
TOTAL				

Actualizado: 11/27/2000 15:38:06