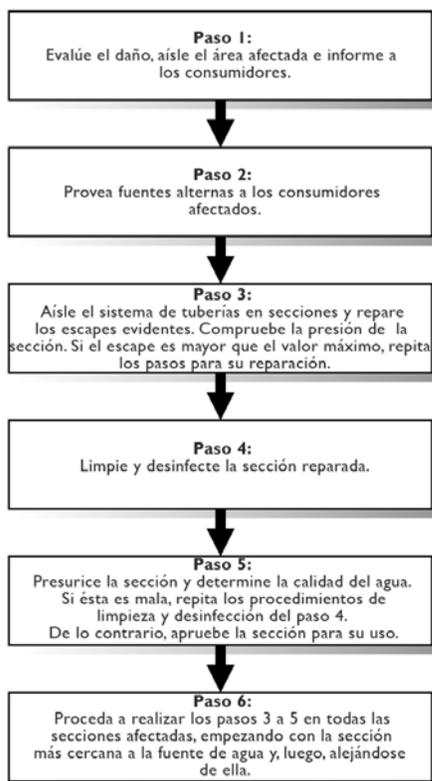


# Rehabilitación de los sistemas de tuberías para la distribución de agua a pequeña escala



Este resumen técnico cubre el proceso de rehabilitación de los sistemas de tuberías para la distribución de agua a pequeña escala (diámetros de los tubos de hasta 150 mm) luego de un desastre natural, como terremotos, inundaciones, huracanes, tornados, condiciones climáticas extremas e incendios. No cubre los desastres relacionados con la contaminación industrial. Esta intervención tiene como objetivo restaurar el suministro indispensable para la supervivencia.



**Figura 1. Pasos para la limpieza y la desinfección de la tubería principal para la distribución de agua en una situación después de un desastre**

## Paso 1. Evaluación y aislamiento

Averigüe quién administra la red de distribución de agua e identifique al personal local que entiende el sistema de distribución. Este personal debe participar en el proceso de rehabilitación.

Inspeccione la red de distribución tan pronto como sea posible. La evaluación es más sencilla si hay planos actualizados de la red de distribución.

Identifique:

- Número y ubicación de los puntos visible de quiebre
- ¿Los puntos de quiebre son fugas, roturas, fracturas de la tubería, dislocación del tubo o desplazamientos de una sección de la tubería completa?
- ¿Cuál es la proximidad del daño a la fuente del agua?
- ¿Cuáles son los tipos de tubería afectados, en otras palabras, tuberías principales de transmisión, de distribución primaria, secundaria o terciaria?
- ¿Cuáles son los tamaños y materiales de las tuberías afectadas?
- ¿Cuál es la extensión del área afectada?  
¿Afecta muchas zonas de suministro?
- ¿Es posible aislar las zonas de suministro afectadas?

Haga un seguimiento de los parámetros básicos de calidad del agua y de la retroalimentación por parte de los consumidores. Las áreas afectadas deben aislarse del resto de la red de distribución. Si no hay disponibles válvulas de control de flujo o no se pueden localizar, se deben instalar válvulas nuevas. Se debe informar a los consumidores afectados.

## Paso 2. Proveer un suministro alternativo para los consumidores afectados

Determine si la capacidad del sistema sigue intacta y puede satisfacer las necesidades de emergencia. Evalúe la necesidad de agua de emergencia con base en el suministro básico para la supervivencia. Establezca los procedimientos para el tratamiento, el bombeo y la distribución del servicio de suministro de emergencia.

Por ejemplo, esto se puede conseguir mediante:

- suministro de agua almacenada en tanques a varios lugares en las áreas residenciales;
- uso de materiales simples para construir un stand de llaves de emergencia.

## Paso 3. Reparación de las roturas

Según la evaluación del daño que se hizo en el paso 1, determine y adquiera los recursos (personal, equipos y materiales) que se necesitan para el trabajo de reparación. Empiece en la fuente de suministro o cerca de ella y trabaje hacia afuera en el sistema de distribución. La tubería se repara paso a paso, una sección después de la otra. Por ejemplo, refiriéndose a la figura 2, empiece con la sección entre SV1 y SV5 y siga con la sección entre SV5 y SV6. Seleccione una sección de tubería que se pueda aislar fácilmente por medio de las válvulas de cierre, de algo así como 500 m entre una y otra. La longitud máxima que se puede reparar, desocupar y evaluar efectivamente para la presión es de 1.000 m.

Antes de comenzar con los trabajos de reparación, se debe:

- Localizar otras instalaciones subterráneas en el área de trabajo y establecer contacto con el respectivo departamento de mantenimiento, si fuere necesario.
- Como una precaución de seguridad, averigüe el tipo de industrias que quedan cerca o cuáles han usado el lugar en algún momento. Si se cree que el suelo contiene desechos peligrosos, se debe contactar a la autoridad local responsable para que preste su asesoría sobre otras medidas específicas de precaución.

Aísle la sección cerrando las válvulas (como la SV1, SV2, SV3, WO1 y SV5, según se muestra en la

figura 2) y cierre todas las conexiones del servicio. Haga los arreglos necesarios para la instalación de válvulas de limpieza interna (como la WO1) e hidrantes para incendios (como el FH1), si no se localiza ninguno en la sección seleccionada.

Desvíe el tráfico lejos del área de trabajo.

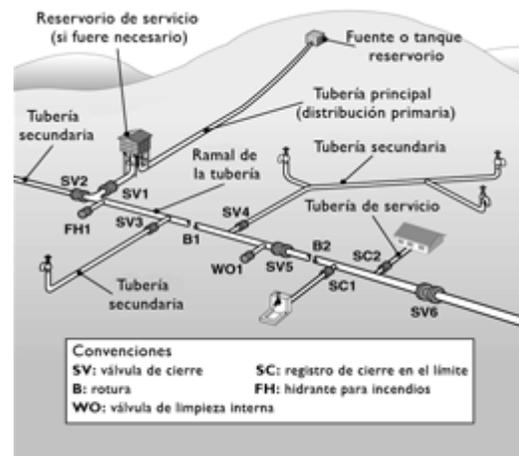


Figura 2. Tuberías que conforman el sistema de distribución

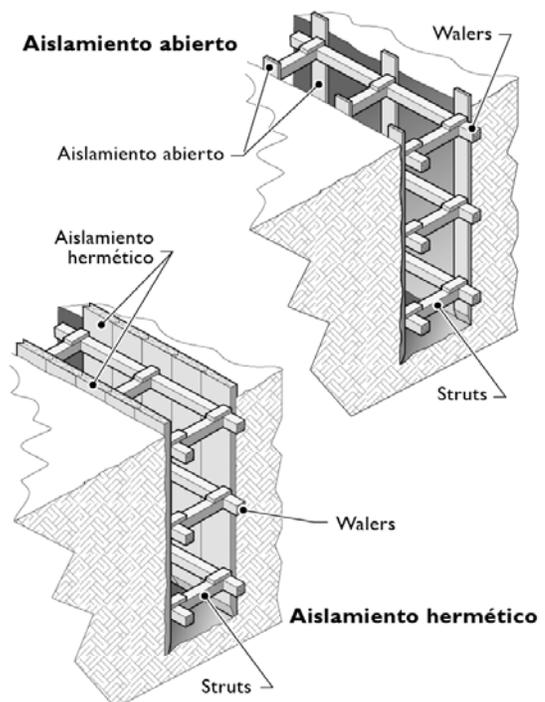


Figura 3. Tipos de apuntalamiento

Excave y esponga los tubos que gotean o que estén rotos, asegurándose de que la tierra excavada se apile a un lado de la zanja con suficiente espacio para transitar, pero lo suficientemente lejos como para que el personal del equipo de reparación pueda caminar con seguridad entre la zanja y el material excavado.

Proteja el personal del equipo de reparación de posibles derrumbes en las zanjas durante las reparaciones. Esto se logra mediante el apuntalamiento de las zanjas, como se muestra en la figura 3. La necesidad de apuntalamiento depende de los siguientes factores:

- profundidad y ancho de la zanja;
- tipo de suelo (arcilla, marga o arena);
- condiciones del suelo (compactación, humedad);
- actividades de las zonas cercanas que puedan causar vibración;
- tiempo que se espera que la excavación permanezca abierta.

Use métodos de reparación simples, pero efectivos, que tomen el menor tiempo posible para la restauración del servicio. Algunos ejemplos de métodos simples son:

- La sección dañada se puede reemplazar mediante abrazaderas de tubo, como se muestra en la figura 4.
- Reparación de grietas y rupturas en los tubos de acero mediante soldadura.

Reemplace las estructuras de soporte de los tubos, como anclajes de concreto y pivotes de empuje, si se requiere.

Rellene la excavación con material seleccionado y compacte lo que fuere necesario, dejando expuestas inicialmente las uniones de los tubos para la prueba de presión del agua. Llene con agua la sección de tubería reparada y déjela reposar sin uso, por lo menos, 24 horas, antes de empezar la prueba de presión. Incremente la presión a un nivel 50% más alto, por lo menos, de la presión de operación normal y manténgala, al menos, por 4 horas. El escape se determina midiendo la cantidad de agua necesaria para volver a llenar la tubería. De cualquier forma se espera un poco de escape. En la tabla 1 se presenta una guía de los valores de escape permitidos para los tubos.

Examine la zanja y repare cualquier unión si presenta escape.

Si la tubería reparada pasa la prueba de presión, vuelva a llenar las uniones de los tubos y proceda a limpiar y desinfectar la sección de la tubería.



Rellenado

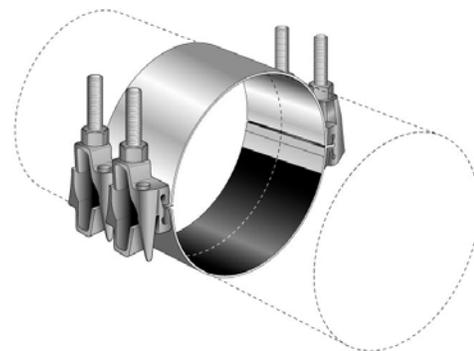


Figura 4. Abrazadera de tubo

Tabla 1. Escape permisible de los tubos	
Diámetro del tubo (mm)	Escape permisible (litros por día por km)
50	166
75	249
100	332
150	498

Fuente: California State University, 1994

Tabla 2. Velocidad y fluido requeridos para el vaciado con agua		
Diámetro del tubo (mm)	Velocidad requerida (m/s)	Flujo requerido (L/s)
50	1,3	2,7
75	1,6	7,2
100	1,8	15
150	2,2	41
200	2,6	83

Fuente: Institution of Water Engineers and Scientists, 1984

## Paso 4. Limpieza y desinfección

### Vaciado con agua de los tubos

Aísle del resto del sistema la sección que se va a vaciar.

Confirme que la cantidad para vaciar la tubería en reparación tenga suficiente presión y agua. En la tabla 2 se presentan las pautas para las velocidades y flujos adecuados. Si el agua es insuficiente, se necesitan bombas y tanques adicionales de almacenamiento.

Vacíe la sección abriendo lentamente la válvula de cierre (SV1 en la figura 2) del lado del suministro y abriendo la válvula de limpieza interna del extremo lejano (WO1).

Inyecte continuamente agua a través de la sección del tubo por el tiempo suficiente para eliminar los depósitos del interior de la tubería principal y sacar todo el lodo (más o menos 15 minutos).

Dirija el agua de lavado lejos del tráfico, los peatones y los terrenos privados. Evite el daño por erosión de las calles, el césped y los jardines, mediante el uso de una lona impermeable y de instrumentos para desviar o impedir la descarga. Evite las inundaciones, pues pueden causar congestión del tránsito.

Recolecte dos muestras de agua de cada hidrante con flujo, una al principio (más o menos, 2 a 3 minutos luego de la apertura del hidrante) y la segunda muestra cuando se supone que el agua sucia ya esté limpia (justo antes de cerrar el hidrante). Evalúe la calidad del agua para asegurarse de que volvió a la normalidad. Si la calidad del agua aún no es satisfactoria, repita el procedimiento. Cuando la calidad del agua haya vuelto a la normalidad, cierre lentamente la válvula de limpieza interna.

### Aprobación del uso de la tubería



Calcule el volumen del agua en la sección de la tubería que se va a desinfectar, como se muestra en la caja 1.

Consiga camiones cisterna con un volumen igual o mayor que el calculado para la tubería.

Prepare una solución de 25 mg/L de cloro libre y mézclela con agua limpia del camión cisterna (caja 2).

Mientras la tubería está aislada, cuadre el camión de abastecimiento en el lugar de la inyección (llamado FH1 en la figura 2).

Llene la sección de la tubería con solución de cloro. Mantenga el agua en la tubería, por lo menos, 24 horas, durante las cuales todas las válvulas e hidrantes de la tubería principal se deben operar para asegurar una buena desinfección.

Determine el cloro residual en la tubería. Si ha disminuido significativamente, repita el procedimiento de desinfección.

Lave con agua limpia la sección de la tubería, hasta lograr un cloro residual de 0,2 a 0,8 mg/L.

Reconecte la tubería a la red y siga con otra sección.

#### Caja 1. Cálculo del volumen de agua en una tubería

##### Ejemplo:

El diámetro de la tubería es de 100 mm y la sección tiene un largo de 500 m. El volumen (V) de agua en el tubo será:

$$V = \pi d^2 L / 4 = 3,14 * 0,1^2 * 500 / 4 = 3,925 \text{ m}^3$$

#### Caja 2. Preparación de una solución de cloro

##### Ejemplo:

Si se requieren 4.000 litros de solución de cloro para llenar la tubería, se van a requerir  $(25 \text{ mg} \times 4.000) = 100 \text{ g}$  de cloro.

Si la fuente del cloro es *high test hypochlorite* (HTH) en polvo con una concentración de 50%, entonces, se necesita:

$$(100 \text{ g}) / 0,5 = 200 \text{ g de HTH en polvo.}$$

Mezcle el agua y el polvo completamente antes de usarlos.

## Mayor información

California State University, Sacramento School of Engineering (1994), *Water Distribution System Operation and Maintenance*, 3<sup>rd</sup> ed., California State University, Sacramento Foundation, USA.