

- **Red de distribución vulnerable a deslizamientos, inundaciones y sismos.-** En zonas expuestas a deslizamientos, inundaciones o alta actividad sísmica, es necesario extremar el cuidado en la construcción y tendido de la tubería, la calidad e instalación de las juntas, a más de resistir la carga hidráulica, fugas, y evitar el desarrollo de las bacterias coliformes. La red de distribución deberá ser lo suficientemente resistente al movimiento oscilatorio de un sismo o un deslizamiento de tierras mediante el debido reforzamiento de los elementos que la conforman, adicionalmente debe ser totalmente hermética, y estar separada de ríos u otros focos de posible contaminación.
- **Red de distribución vulnerable a flagelos.-** En líneas de distribución que están instaladas al aire libre se sugiere que los materiales que la conforman sean metálicos, y las estructuras de soporte sean metálicas o de hormigón.
- Igualmente se deberán implementar las medidas de mitigación correspondientes a fin de **proteger las cámaras de válvulas de aire, desagüe, y distribución de caudales y demás obras menores** de las líneas de distribución, tales como pasos de quebrada, válvulas de control, acometidas, etc. Considerando como un factor principal la posibilidad de contaminación por contacto con las aguas residuales de los alcantarillados, y el reforzamiento adecuado ante sismos.
- **Sistemas alternativos de abastecimiento de agua.-** Los sistemas alternativos de abastecimiento de agua permanentes es un recurso que las entidades prestadoras de los servicios deberían considerar en su plan de prevención, a fin de dotar del líquido vital a la población cuando el sistema de abastecimiento de agua haya sufrido interrupción por impactos de los eventos adversos.

Reducción de la vulnerabilidad en los pozos someros y bombas manuales

Para este efecto uno de los sistemas alternativos de abastecimiento de agua es la excavación de pozos someros y la instalación de bombas manuales en los mismos, por lo que es importante considerar las siguientes recomendaciones para su implementación.

- Realizar un estudio hidrogeológico de la zona, para definir el nivel del acuífero y horizontes geológicos.
- El diámetro del pozo variará entre 1,2 a 1,5 m y después de la excavación es importante revestirlo con ferro cemento, anillos prefabricados o mampostería. La parte inferior del revestimiento debe tener perforaciones de 2,5 – 5,0 cm de diámetro, para permitir el paso del agua del acuífero.
- El revestimiento en la parte superior debe construirse hasta una altura de 0,60 m sobre el nivel de la máxima inundación.
- En el fondo del pozo se colocará un filtro de arena y grava con un espesor de hasta 30 cm de grueso a fino hacia abajo.
- El pozo debe cubrirse con una losa de cierre hermético, la misma que dispondrá de una boca de visita con su tapa sanitaria.

- Alrededor del pozo y en la superficie del terreno se diseñará el drenaje correspondiente para los excesos y desperdicios producto de la operación del pozo.
- Para la extracción del agua se utilizará una bomba de eje vertical, la misma que puede ser manual o eléctrica / mecánica.
- Una de las bombas manuales más utilizadas en el Ecuador ha sido la bomba ECUSSA, de bajo costo y fácil implementación, la misma que fue desarrollada por técnicos de la Subsecretaría de Agua Potable, Saneamiento y Residuos Sólidos del MIDUVI, que se adaptaría a las consideraciones de una tecnología alternativa sustentable.
- Todos los cruces de tuberías a través de la losa de tapa del pozo, debe ser del tipo hermético, que impidan el ingreso de aguas contaminadas al interior del pozo.

Reducción de la vulnerabilidad en los pozos profundos y equipos de bombeo

En relación con los sistemas de abastecimiento de agua a través de pozos profundos, es importante proteger la calidad del agua y el equipo de bombeo sumergido, para lo cual se recomienda lo siguiente:

- La tubería de revestimiento del pozo debe sobresalir por lo menos 0,50 m por encima del piso de la caseta de bombeo, la misma que debe ubicarse en un nivel superior al del terreno natural y al de la máxima inundación registrada.
- Cualquier respiradero o salida para mangueras o cables debe prolongarse 0,6 metros sobre el piso de la caseta. El cruce de estos elementos por el brocal del pozo debe ser hermético.
- Los extremos abiertos de las tuberías deben protegerse para evitar la entrada de cuerpos extraños, polvo o animales.
- Cuando se instale el equipo de bombeo directamente sobre la tubería de revestimiento debe asegurarse un ajuste hermético entre dichos elementos. Igual situación se debe prever cuando la bomba no está directamente sobre la boca del pozo, utilizando sellos herméticos de expansión.
- Alrededor de la caseta o del pozo y en la superficie del terreno se diseñará el drenaje correspondiente para los excesos y desperdicios producto de la operación del acuífero.

Sistemas de alcantarillado y saneamiento

Reducción de la vulnerabilidad en sistemas de alcantarillado

Hay una relación directa entre una adecuada eliminación de excretas y la reducción de enfermedades como cólera, tifoidea, etc., las cuales atacan especialmente a los niños, por este motivo, entre otros, es muy importante disminuir la vulnerabilidad de los alcantarillados, sanitarios, pluviales, mixtos, plantas de tratamiento, baterías sanitarias, letrinas; para ello hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el caso de los alcantarillados pluviales, para el diseño será necesario definir las cuencas que drenan a través de la ciudad.
- En el diseño y construcción de los sistemas de alcantarillado, sobre todo cuando estos están bajo el nivel freático, se tomarán todas las previsiones para eliminar o reducir al mínimo las infiltraciones de aguas subterráneas a través de los tubos, juntas entre tubos, uniones entre estos y pozos de revisión, etc.
- Los sistemas de alcantarillado sanitario no deben admitir entradas de aguas lluvias a través de conexiones clandestinas y viceversa, por lo que el control se lo hará en coordinación con la autoridad competente.
- En relación con los caudales de diseño de aguas lluvias habrá que considerar los siguientes aspectos:
 - Para el cálculo de los caudales de escurrimiento, superficial directo, se podrá utilizar tres enfoques básicos. El método racional; el método del hidrograma unitario sintético y el análisis estadístico, basado en datos observados del escurrimiento superficial.
 - El método racional se utilizará para la estimación del escurrimiento superficial en cuencas tributarias con una superficie inferior a 100 ha.
 - Para cuencas con extensión superior a 100 ha se utilizará el método del hidrograma unitario sintético.
- Para estimar las descargas de cursos de agua importantes, cuya área de contribución sea superior a 25 km², que fluyan a través de las áreas urbanas, se recomienda el análisis estadístico de los datos de escurrimiento superficial observados. De no existir información se utilizará, con la respectiva justificación, cualquier otro método, recomendando a los organismos pertinentes la instrumentación inmediata de la cuenca, tendiente a registrar los valores del escurrimiento superficial en los puntos de interés.
- Con el propósito de seleccionar las frecuencias de las lluvias de diseños se considerará el sistema de drenaje como constituido por dos sistemas diferentes. El micro drenaje constituido

sistema de drenaje como constituido por dos sistemas diferentes. El micro drenaje constituido por el pavimento, cunetas, sumideros, y colectores; y el macro drenaje constituido por grandes colectores (canales, esteros y ríos)

- El sistema de micro drenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno mínimo de 10 años, seleccionándose la frecuencia de diseño en función de la importancia del sector y de los daños y molestias que puede ocasionar las inundaciones periódicas.
- Los macro drenajes se diseñarán para escurrimientos de frecuencias superiores a los 50 años. La selección de la frecuencia de diseño será el resultado de una análisis de los daños a propiedades y vidas humanas que puedan ocasionar escurrimientos de frecuencias superiores.
- Después del dimensionamiento del sistema se recomienda efectuar una verificación de las repercusiones de la ocurrencia de lluvias más intensas que las del proyecto. Dependiendo de los daños potenciales, se podría redimensionar el sistema ampliando su capacidad.
- Para la aplicación del método racional y del hidrograma unitario sintético es necesario disponer de las curvas de intensidad, duración y frecuencia. Estas relaciones serán deducidas de observaciones de los registros de lluvias en el área de estudio, durante un período lo suficientemente grande para poder aceptar las frecuencias como probabilidades.
- Cuando no existan en el área de estudio registros pluviográficos o el período de registro existente sea insuficiente, se obtendrán las curvas de intensidad, duración y frecuencia a partir de las lluvias máximas de 24 h registradas en el sector y de relaciones entre alturas pluviométricas para diferentes duraciones, para áreas de características pluviográficas similares.

Para ello, a más de observar las normas de construcción de esta clase de sistemas actualmente en vigencia, en zonas expuestas a desastres naturales es necesario extremar el cuidado constructivo, especialmente en juntas de tuberías de cemento, en las cuales se podría adoptar la siguiente alternativa, especialmente en zonas altamente sísmicas.

- Las tuberías y colectores seguirán en general, las pendientes del terreno natural y formarán las mismas hoyas primarias y secundarias que aquel.
- La red de alcantarillado sanitario se diseñará de manera que todas las tuberías pasen por debajo de las de agua potable, debiendo dejarse una altura libre proyectada de 0,30 m cuando ellas sean paralelas y de 0,2 m cuando se crucen.
- Cuando se utilicen canales para el transporte de aguas de escorrentía pluvial de sección transversal o trapezoidal, la profundidad del canal deberá incluir un borde libre del 5% al 30 % de la profundidad de operación. Los canales no deberán tener acceso a la escorrentía superficial a través de sus bordes para evitar la erosión. Para esto los bordes deberán estar sobreelevados respecto del nivel del terreno. La velocidad máxima de diseño será de 2 m/s en caso de canales de piedra y de 3,5 m/s a 4 m/s, en caso de canales de hormigón.
- Los pozos del alcantarillado sanitario deberán ubicarse de tal manera que se evite el flujo de escorrentía pluvial hacia ellos. Cuando sea inevitable se diseñará tapas sanitarias herméticas

- En sistemas de alcantarillado existentes, en caso de inundaciones se recomienda que el organismo pertinente prohíba que las tapas de los pozos de revisión sean removidas de su sitio, para evitar el asolvamiento y taponamiento de las tuberías.

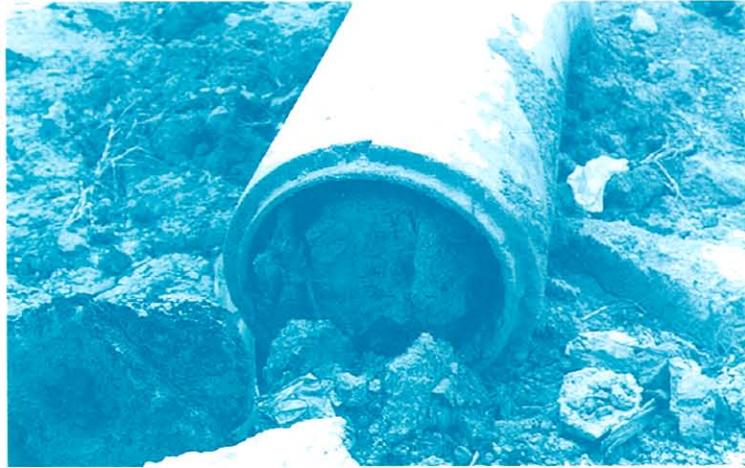


Foto 20. Tubería de alcantarillado obstruida
Fuente: Ramón Macías / Portoviejo, Ecuador

CASO PASO ELEVADO CON ZAPATA SUPERFICIAL EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA

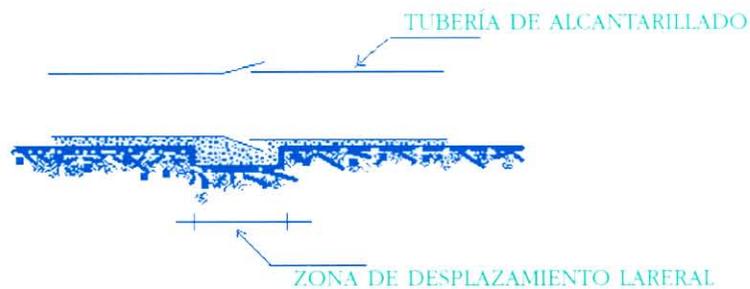


Fig. 10

Para el diseño definitivo de las plantas de tratamiento de aguas residuales, se tomará en cuenta la siguiente información:

- Levantamiento topográfico detallado de la zona en donde se ubicarán las unidades de tratamiento.
- Estudios de desarrollo urbano y / o agrícola que puedan existir.
- Datos geológicos y geotécnicos necesarios para el diseño estructural y de las unidades, incluyendo datos sobre el nivel freático.
- Datos hidrogeológicos del cuerpo receptor, incluyendo niveles máximos de inundación para posibles obras de mitigación.

- Datos climáticos de la zona.
- Disponibilidad y confiabilidad del servicio de energía eléctrica.
- Estudios de calidad del agua del cuerpo receptor.
- Estudios de usos del cuerpo receptor.
- Estudios de capacidad de dilución del cuerpo receptor, con la finalidad de realizar una descarga directa en casos de emergencia.

Reducción de la vulnerabilidad en letrinas

- Como norma general, toda letrina debe construirse en terreno seco, con desagües adecuados y tomando en cuenta el nivel histórico de inundaciones. Si la zona de implantación tiene alto nivel freático, es necesario entibar el pozo o revestirlo adecuadamente para evitar derrumbes. Debe contar también con un terraplén apropiado para evitar que las corrientes superficiales penetren en el pozo y lo destruyan.
- Es conveniente que en zonas sísmicas se haga uso de la tecnología alternativa para la construcción de letrinas unidades sanitarias, como es el caso del ferro cemento en paredes, en cubierta, y en el revestimiento de los pozos de infiltración, con lo cual se mitigaría el impacto que se produce por efecto de los sismos de gran magnitud.

Residuos sólidos

Reducción de la vulnerabilidad en los rellenos sanitarios y la gestión de los residuos sólidos

- La ubicación de los sitios destinados para la implantación de rellenos sanitarios debe estar por lo menos a 1000 metros de cualquier centro poblado, medidos desde cualquier punto del perímetro urbano de la misma.
- El sitio seleccionado para la implantación de los rellenos sanitarios debe disponer de fácil acceso y circulación en cualquier época del año y ante la ocurrencia de cualquier evento adverso. Además, debe contar con la superficie suficiente para permitir implantar, además del relleno sanitario y las estructuras complementarias, las ampliaciones previstas para el período de diseño del sistema y las ampliaciones futuras por incrementos no previstos de producción de residuos sólidos.
- Los rellenos sanitarios deben ubicarse en lugares alejados a los cursos de aguas aprovechables para el consumo humano y usos afines.

- En el caso de que el relleno sanitario se ubique cerca de un río se debe considerar lo siguiente:
 - Estar ubicado mínimo 2 m sobre el nivel de crecientes máximas.
 - Deberá estar implantado sobre un trecho recto del río o en la parte convexa de un trecho curvo.
 - Si el suelo no es totalmente impermeable se deberá prever el recubrimiento de los rellenos sanitarios mediante el empleo de geomembranas.
 - Se deberán prever drenajes perimetrales con descargas controladas y protegidas.
 - Los sistemas de drenajes deberán contar con las protecciones y recubrimientos necesarios para evitar la presencia de procesos erosivos. Si el relleno sanitario se sitúa en zonas bajas o al pie de laderas, el sitio deberá contar con un sistema de drenaje del entorno, en el que se considerarán canales de evacuación cuya área hidráulica sea diseñada con períodos de retorno lo suficientemente adecuados. Se propone como base un período de retorno de 50 años, a fin de proteger los rellenos y reducir los riesgos por deslizamientos y evitar la posible contaminación del agua.
- Las áreas destinadas para la disposición final de los residuos sólidos deberán contar con las protecciones adecuadas, creando para el efecto cerramientos perimetrales, iluminación interior y exterior, control de ingreso, entre otras.
- El personal que trabajará en los sistemas y procesos de disposición final de residuos sólidos y/o cualquier sistema relacionado o complementario, deberá contar con toda la indumentaria y el equipo requerido y recomendado por las normas de seguridad industrial para el personal.
- El plan de prevención en un relleno sanitario debe contemplar las acciones necesarias para mitigar la erosión, el arrastre de materiales por viento o escorrentía, derrames por desbordes de aguas contaminadas, generación de contaminantes gaseosos y malos olores, etc.
- Se debe implementar programas de socialización, información, capacitación.
- Implementación de programas de control de plagas

Consideraciones para la reducción de la vulnerabilidad administrativa y operativa

- Para lograr una eficiente administración, manejo y cuidado de los sistemas de agua y saneamiento y reducir su vulnerabilidad, es necesario planificar un programa de capacitación en operación y mantenimiento dirigido a operadores en especial y a toda la comunidad en general. Se debe incluir los procedimientos a seguirse en caso de ocurrencia de desastres naturales o antrópicos según la zona.
- Impulsar en los operadores el uso del Manual de Operación y Mantenimiento del sistema y del Libro de Vida con el fin mejorar la vigilancia del funcionamiento, operación y mantenimiento de los sistemas.

- Propender a la adquisición de herramientas y accesorios adecuados para la operación de los sistemas.
- Programar y cumplir las visitas técnicas e inspecciones a los sistemas por parte de personal técnico especializado de municipios, consejos provinciales y demás instituciones de asesoramiento técnico como el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Actualizar el sistema tarifario de manera que permita realizar una eficiente labor de operación y mantenimiento del sistema, en base a la eficacia, eficiencia y equilibrio en el cobro. Buscar que la morosidad en el pago sea mínima.
- Concienciar a los directivos de las juntas comunitarias de administración de los servicios de agua potable en sectores rurales acerca del conocimiento que deben tener sobre la legislación existente (Ley de Juntas Administradoras de Agua Potable y Alcantarillado), para evitar problemas de carácter administrativo, destino del servicio, plazos de pago de tarifas, etc.
- La mayoría de sistemas de abastecimiento de agua potable, especialmente en el sector rural, han sido ubicados sin realizar los estudios técnicos necesarios, como geológicos y de suelos. Es necesario introducir una normativa según la cual todo proyecto de abastecimiento de agua potable y saneamiento debe contar con estudios de suelos e hidrogeológicos especialmente en sectores de alto riesgo por desastres naturales, en zonas urbanas y/o rurales.
- Elaborar un registro de sistemas de agua potable y saneamiento que incluyan períodos de observación de lluvias, inundaciones, derrumbes, etc., antecedentes históricos de crecientes máximas de ríos, lagunas, lagos, embalses y realizar aforos especialmente en periodos de transición de invierno a verano.
- Impulsar la creación de comités de emergencia en las poblaciones, los cuales cuenten con la capacitación necesaria y puedan efectuar rápidamente acciones de contingencia en caso de desastres naturales.
- Realizar simulacros en caso de desastres naturales en comunidades especialmente del sector rural, con la presencia de delegados de Defensa Civil, en los cuales se instruya a la población acerca de los riesgos a los que está expuesto es sistema de agua y saneamiento.
- Introducir una legislación adecuada por parte de los municipios para evitar el asentamiento de poblaciones en zonas de alto riesgo, lo que se conoce como "asentamientos espontáneos" los cuales atentan contra el medio ambiente y pueden provocar pérdida de vidas en caso de desastres naturales. Mediante la normalización de este tipo de asentamientos se garantizará una mejor dotación de servicios básicos y se eliminarán peligros
- Profundizar los estudios de estabilidad de taludes en zonas de alto riesgo mediante la colocación de inclinómetros u otros aparatos de detección de deslizamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Panamericana de la Salud. *Los desastres naturales y la protección de la salud*. Washington, D.C.: OPS/OMS; 2000.
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres. *Travesuras de El Niño: un fenómeno que no tiene cuándo acabar*. Lima; 1997.
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres. *El Niño 97/98. Balance y Perspectivas*. Lima; 1998.
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres. *Prevención... y después de El Niño qué?* Lima; 1998.
- Organización Panamericana de la Salud. *Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para análisis de vulnerabilidad*. Washington D.C.: OPS/OMS; 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *Manual para mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable*. Washington D.C.: OPS/OMS; 2000.
- Centro de Estudios y Prevención de Desastres. *Las aguas del cielo y de la tierra*. Lima; 1998.
- Ministerio de Salud Pública, Ecuador. *El fenómeno de El Niño*. Memoria. Quito: MSP; 1998.
- Plaza Galo, Riesgo, Amenazas. *Documentos para mitigación de efectos producidos por desastres naturales*. Quito: Escuela Politécnica Nacional; 1998.
- Organización Panamericana de la Salud. *Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado*. 1993.
- Rodríguez Castillo Arturo (consultor OPS/OMS). *Informe de la visita al acueducto de Esmeraldas*. Ecuador: 1998.
- UNESCO – Escuela Politécnica Nacional. *El terremoto de Bahía de Caráquez*. Ecuador: UNESCO – EPN; 1998.
- Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha. *SIGMA. Revista del colegio de Ingenieros Civiles del Ecuador*. Ecuador: CICP; 2001.
- Comisión de Emergencia Piura y Tumbes. *Informe apoyo en emergencia del fenómeno de El Niño, 1998*. Perú; 1998.
- Organización Mundial de la Salud. *El personal local de salud y la comunidad frente a los desastres naturales*. OMS; 1989.
- Palacios Absi, R. *Emergencia en ICA. SEDAPAL, Perú*.
- Muñoz R. Marcelo. *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Ecuador; 1995.
- Pérez José M. (Consultor OPS/OMS). *Protección y mejoramiento de los sistemas de agua potable afectados por la actividad volcánica en Ecuador*. Ecuador: OPS; 1999.
- Comisión Económica para América Latina y El Caribe. *La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres*. CEPAL; 2000.