Construir zanjas de coronación para el caso de captaciones ubicadas en zonas bajas, rodeada de laderas de suelo deleznable, cuyas dimensiones dependerán del tipo de suelo, la pluviosidad de la zona y el nivel freático.

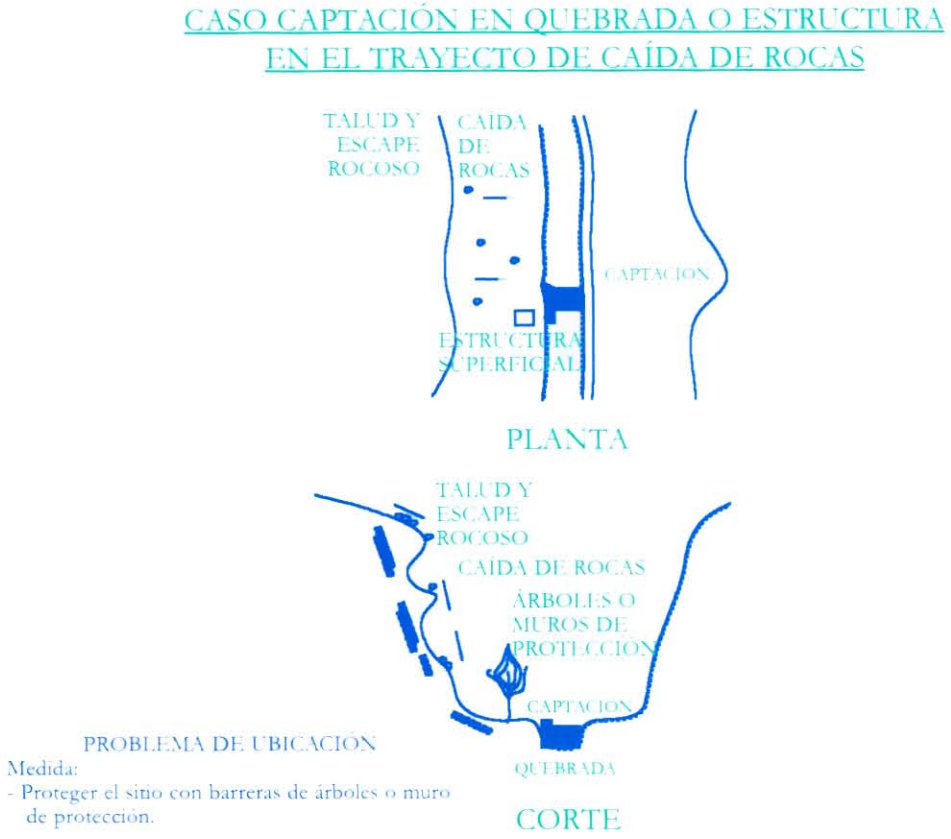


Fig. 3- Fuente: Escuela Politécnica Nacional

• ***Fuentes de agua y captaciones alternativas.-*** La selección del tipo de fuente debe realizarse considerando el caudal y calidad de agua existente y el caudal de agua demandada por la población, el mismo que se lo llevará a través de la línea de conducción hasta la planta de tratamiento o tanque de reserva. Para la selección y construcción de la estructura de captación habrá que tomar en cuenta las condiciones hidrogeológicas y topográficas del sitio, implementando elementos como cunetas de coronación, muros, forestación, etc. a fin de que la estructura sea menos vulnerable ante los efectos de los eventos adversos.

• La captación debe estar ubicada en sitios donde se garantice una adecuada protección sanitaria, y su selección debe basarse en los siguientes aspectos:

- La calidad y cantidad del agua en la fuente de abastecimiento.
- La estabilización y reconformación de las obras de protección hacia las orillas.
- La estabilidad del cauce, desde el punto de vista del transporte de sedimentos de arrastre de fondo.
- Los cambios de régimen hidrotermal de la fuente.

No es recomendable ubicar las obras de captación inmediatamente a la salida de las obras de descarga de centrales hidroeléctricas, y tampoco hacia abajo de las confluencias de algún tributario. En casos de sistemas de captación con pozos perforados en zonas inundables, es recomendable construir plataformas y brocales sobre el nivel máximo de inundación.

Reducción de la vulnerabilidad en las líneas de conducción

Las líneas de conducción son unidades altamente vulnerables a todas las amenazas existentes, debido a su longitud atraviesan diferentes zonas geológicas, depresiones, cursos de agua, zonas inestables, etc, por lo que para el diseño del trazado de estas unidades debe tomarse en consideración los estudios hidrogeológicos, evitando el desarrollo de la línea por sitios vulnerables.

a) Para nuevos diseños

• Para el diseño es necesario contar con los planos topográficos validados y perfiles de la ruta seleccionada, realizar los estudios geológicos y geotécnicos para determinar la estabilidad del terreno. Información hidrológica de la zona. Investigar la ocurrencia de desastres naturales en la ruta, como deslizamientos, inundaciones, erupciones volcánicas, sismos, etc., obteniendo toda la información posible de la zona.

• Recurrir a la información existente dentro de instituciones públicas, o especializadas como: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), Consejo Nacional de Modernización del Estado (CONAM), Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI), Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Escuela Politécnica Nacional (EPN), Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Dirección Nacional de Defensa Civil, ONG´S, NNUU, y las que disponen de mapas de riesgos como INFOPLAN, SICCE, etc.

• Cuando las tuberías de conducción o distribución deben instalarse sobre ***terraplenes*** de quebradas, se incorporará en el diseño 2 alcantarillas, dispuestas una sobre la otra, capaz de quesi se obstruye la una, la otra pueda seguir evacuando el agua proveniente de las precipitaciones en la microcuenca, lo cual permitirá evitar el colapso de la estructura, el desplazamiento de la tubería y la consecuente interrupción del sistema de abastecimiento de agua. O en su defecto se deberán considerar los datos estadísticos más desfavorables para el diseño de diámetros de evacuación [3].

Fig. 4- Ing. Arturo Rodríguez

(3) Estudio de vulnerabilidad del sistema regional de agua potable de Esmeraldas, Ing. Arturo Rodríguez

• En el trazado de la conducción hay que evitar el paso por ***zonas pantanosas,*** que impiden el acceso a las labores de mantenimiento, áreas de dragado o tráfico de embarcaciones, principalmente cuando la conducción no pueda ser instalada bajo una cota de seguridad, aeropuertos, autopistas y vías de tráfico intenso, que no ofrezcan posibilidades del mantenimiento de la conducción.

• ***Paso de la tubería por quebradas.-*** En el diseño es recomendable proyectar una solución en lo posible con características subfluviales, a fin de evitar el impacto por crecidas, inundaciones, sismos o deslizamientos. O en su defecto, los diseños deberán ajustarse a las condiciones más desfavorables del sitio en lo concerniente a cálculo estructural, cimentación, condiciones geológicas geotécnicas y no el uso de planos tipo.

• En caso de ***pasos sumergidos,*** examinar el uso de juntas flexibles herméticas y posicionamiento de válvulas (de existir) a mayor nivel que el de la máxima creciente, profundidad del lecho del río a la tubería.

• ***Paso elevado con zapata superficial en el cauce de la quebrada.-*** El diseño de columnas de soporte de los pasos de quebrada, preferentemente debe considerar las secciones triangulares o trapezoidales, con el vértice ubicado en dirección opuesta a la corriente del agua, capaz de que el impacto de las rocas y cantos rodados no afecten a la estructura.

Foto 13. Construcción de cimiento y columna en paso de río. Fuente: Arturo Rodriguez/Costa Rica

• ***Tubería de conducción en zonas de deslizamientos activos.-*** Para el diseño, es recomendable que se proyecte un sistema de soporte de tuberías haciendo uso de los anclajes, tensores de acero y anillos flexibles, capaz de que la tubería permanezca suspendida y evitar o mitigar el impacto por deslizamientos.

Es importante que se defina el tipo de acople y de anclajes en función del tipo de tubería, clase y diámetro. Dentro de la definición de la alternativa óptima de la conducción, se deberá considerar necesariamente la alternativa que provea el trazado más seguro a pesar del incremento de costos.

PROTECCIÓN DE LÍNEAS DE CONSTRUCCIÓN
EN ZONAS DE DERRUMBES

Fig. 5

• Definir el **trazado de la línea de conducción, material y tipo de uniones** de la tubería considerando también el tipo de amenaza y vulnerabilidad histórica.

• En zonas de alto riesgo, diseñar los **tanques rompe-presión, cajas de válvulas, juntas y demás accesorios** protegiéndolos y reforzándolos adecuadamente, a fin de que resistan los eventos adversos.

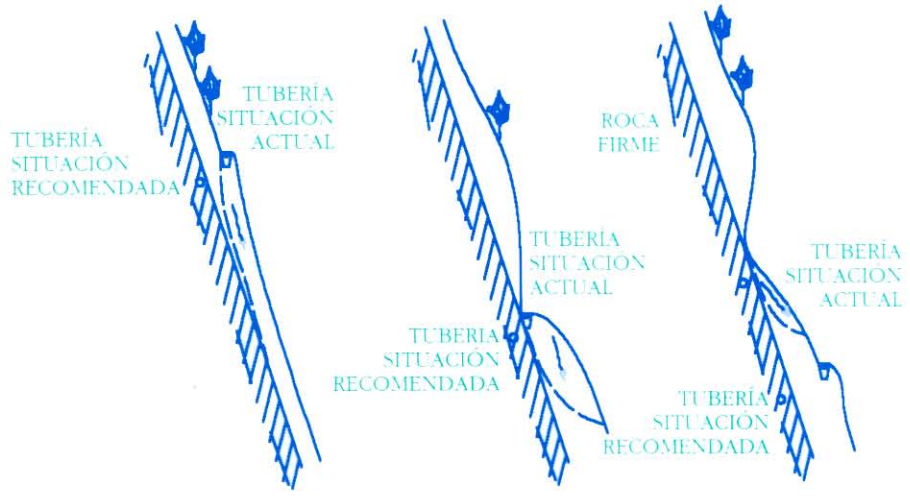
• En caso de **pasos elevados,** analizar la flexibilidad de las juntas para conservar su hermeticidad en caso de ocurrencia de sismos o eventos antrópicos y considerar la posibilidad de reforzamiento de anclajes y cables tensores o variar el trazado de la línea.

b) Para sistemas existentes

• ***Tubería instalada en terraplenes construidos en cauces de quebradas expuestos a inundaciones y avenidas.-*** Existen zonas en las cuales la tubería de conducción o distribución debe instalarse sobre terraplenes ubicados en las quebradas de las microcuencas, en los que se instalan una alcantarilla para la evacuación del agua lluvia proveniente del escurrimiento superficial; para el efecto es conveniente mantener limpia la alcantarilla transversal de drenaje ubicada bajo el terraplén, y analizar la posibilidad de instalar una nueva alcantarilla sobre la anterior, capaz de que si se obstruye la una, la otra pueda seguir evacuando el agua proveniente de la microcuenca y así evitar el colapso de la estructura, el desplazamiento de la tubería y la consecuente interrupción del sistema de abastecimiento de agua.

• ***Tubería de conducción en ladera con deslizamientos activos de poco espesor.-*** Cuando se tiene este riesgo, se sugiere analizar la posibilidad de reubicar la línea de conducción por encima de la zona inestable, y el fondo de la zanja en lo posible hacer coincidir con el suelo firme. Adicionalmente, cuando la tubería, por diferentes razones, no deba estar enterrada, es necesario instalarla pegada al pie del talud, de tal manera que los derrumbes existentes la tapen pero no la afecten [4].

CASO POSICIONES DE LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN EN LADERA CON DESLIZAMIENTOS ACTIVOS DE POCO ESPESOR



PROBLEMA DE UBICACIÓN

Medida:
- Visitar el sitio; si es posible reubicar el trazado de la conducción por encima de la zona inestable.
- Enterrar la tubería en la roca firme si la cobertura de suelo es de poco espesor.

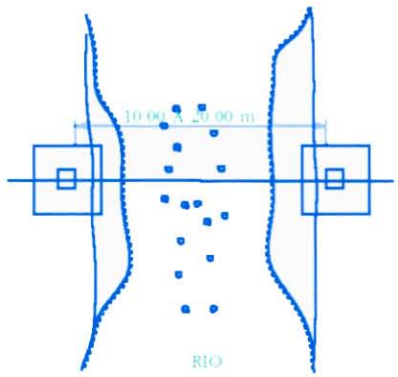
Fig. 6 – Fuente: EPN

(4) *Estudio para la elaboración del manual de mitigación en sistemas de agua potable rurales. EPN – OPS – SSA.*

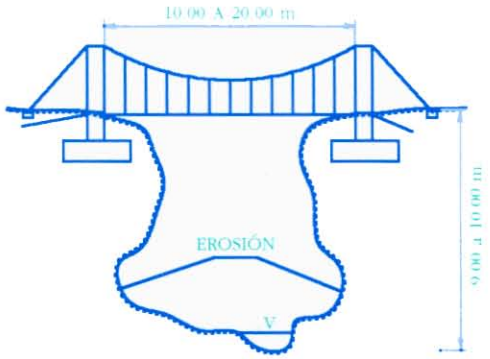
• ***Paso de tubería en quebrada.-*** Cuando la tubería de conducción o de distribución de agua pase a través de una depresión o zonas erosionadas por los cursos de agua, es vulnerable a los efectos producidos por sismos, deslizamientos, licuefacción, generándose desplazamiento, desacople y colapso de la misma; por lo que es recomendable analizar la posibilidad de enterrar la tubería a manera de paso subfluvial, capaz de que la corriente y el arrastre de sólidos no afecten los elementos de la conducción.

• ***Paso elevado con erosión del cauce por crecidas.-*** En épocas de lluvias (fenómeno de El Niño), es muy frecuente que los pasos de quebrada se afecten por la crecida de los cursos de agua, los mismos que socavan las paredes del cauce, provocando el desplazamiento o colapso de la estructura o puente que soporta la tubería, para lo cual se sugiere: reubicar el sitio de paso, proteger contra la erosión la parte baja del cauce mediante la implementación de muros en la base, aumentar la luz del paso, definiendo con la ayuda de la geotécnica sitios firmes para la construcción de la cimentación y anclajes [5].

CASO PASO ELEVADO CON EROSIÓN
DE CAUCE POR CRECIDA



PLANTA



CORTE

PROBLEMA DE UBICACIÓN

Medida:
- Reubicar el sitio del paso
- Proteger contra la erosión con muros en la base
- Aumentar la luz del paso

Fig. 7

• ***Paso elevado con zapata superficial en el cauce de la quebrada.-*** [6] Este caso es frecuente cuando hay que salvar grandes luces, sometiendo a la estructura al impacto de las rocas y cantos rodados cuando hay crecidas, para lo cual se recomienda lo siguiente:

---

(5) y (6) Estudio para la elaboración del manual de mitigación en sistemas de agua potable rurales. EPN – OPS – SSA.