

# CAPÍTULO 13. EVALUACIÓN, OPTIMIZACIÓN REHABILITACIÓN Y AMPLIACIÓN DE INSTALACIONES EXISTENTES

## ÍNDICE

---

<b>1. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS PARA SU OPTIMIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O AMPLIACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. RELEVAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA.....	1
1.3. DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y OPERATIVO DEL SISTEMA .....	2
1.4. ESTUDIO DE OFERTA/DEMANDA.....	4
1.5. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO PRESTADO .....	4
1.6. PLANTEO DE SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS .....	4
1.7. ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O AMPLIACIÓN.....	5
1.8. CÁLCULO DE LAS INVERSIONES NECESARIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN .....	5
<b>2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA AL PLANIFICAR LA OPTIMIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....</b>	<b>6</b>
<b>3. AGUA NO CONTABILIZADA .....</b>	<b>6</b>
3.1. MEDICIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA.....	7
3.1.1. <i>Componentes del Agua no Contabilizada .....</i>	<i>7</i>
3.1.2. <i>Usos del Agua Como Insumo en el Sistema de Distribución.....</i>	<i>8</i>
3.1.3. <i>Usos del Agua en la Planta de Tratamiento .....</i>	<i>8</i>
3.1.4. <i>Desperdicios en las Instalaciones Internas .....</i>	<i>8</i>
3.2. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE .....	9
3.2.1. <i>Pérdidas en las Conducciones .....</i>	<i>9</i>
3.2.2. <i>Pérdidas en la Planta de Tratamiento .....</i>	<i>9</i>
3.2.3. <i>Pérdidas en el Almacenamiento .....</i>	<i>9</i>
3.2.4. <i>Pérdidas en la Red de Distribución.....</i>	<i>10</i>

3.2.5. Pérdidas por Errores de Medición .....	10
<b>3.3. CUESTIONES VINCULADAS AL SISTEMA COMERCIAL Y OPERACIONAL .....</b>	<b>11</b>
<b>4. PROGRAMAS DE CONTROL DE PÉRDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1. CONTROL DE PÉRDIDAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN .....</b>	<b>12</b>
4.1.1. Relevamientos de la Red .....	12
4.1.2. Macromedición y Estudios Pitométricos .....	13
4.1.2.1. Definiciones .....	13
4.1.2.2. Estudios Pitométricos.....	14
4.1.2.3. Distritos Pitométricos .....	15
4.1.3. Determinación de Zonas Prioritarias Cuando no son Viables los Estudios Pitométricos .....	15
<b>5. MICROMEDICIÓN DE CONSUMOS.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. JUSTIFICACIÓN DE LA COLOCACIÓN DE MICROMEDIDORES .....</b>	<b>17</b>
<b>6. REHABILITACIÓN DE CONDUCCIONES Y REDES DE AGUA POTABLE ..</b>	<b>17</b>
<b>6.1. DEFINICIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2. CAUSAS QUE ORIGINAN LA REHABILITACIÓN.....</b>	<b>17</b>
<b>6.3. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>18</b>
<b>6.4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA .....</b>	<b>19</b>
<b>6.5. ANÁLISIS DEL ESTADO ESTRUCTURAL .....</b>	<b>19</b>
6.5.1. Teórico .....	20
6.5.2. Análisis de los Materiales .....	20
6.5.3. Diagnósticos .....	20
<b>6.6. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS .....</b>	<b>20</b>
<b>6.7. PROCEDIMIENTOS DE REHABILITACIÓN DE REDES .....</b>	<b>21</b>
6.7.1. Rehabilitación Con Excavación .....	21
6.7.2. Rehabilitación Sin Excavaciones.....	21
<b>7. INSPECCIONES, OBSERVACIONES, INSTRUMENTACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>8. EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS .....</b>	<b>23</b>
<b>8.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>8.2. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD INSTALADA: DÉFICIT, SUPERÁVIT .....</b>	<b>23</b>
<b>8.3. OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS .....</b>	<b>23</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Soluciones a distintos problemas planteados en casos de Agua no Contabilizada.....	<b>12</b>
<b>Tabla 2.</b> Causas de reconstrucción y rehabilitación .....	<b>18</b>
<b>Tabla 3.</b> Recomendaciones respecto a la decisión a adoptar en base a la evaluación del estado de las redes .....	<b>19</b>
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de posibles fallas .....	<b>20</b>
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de tecnologías de no excavación .....	<b>22</b>
<b>Tabla 6.</b> Resumen de causas de problemas operativos en el tratamiento convencional de filtración rápida.....	<b>24</b>



## **1. EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS PARA SU OPTIMIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O AMPLIACIÓN**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Para llevar a la práctica la optimización de los sistemas y en los casos donde se requiera su rehabilitación debe realizarse una correcta evaluación de los mismos, en base a un diagnóstico técnico y operacional del sistema en estudio realizado con el objeto de conocer el estado físico del mismo y su capacidad real, según el siguiente procedimiento:

### **1.2. RELEVAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA**

Se debe recopilar información sobre las instalaciones del sistema de abastecimiento de agua potable en su totalidad, reuniendo todos los documentos relativos al mismo, a saber:

- Memoria descriptiva y planos de los proyectos conforme a obra que le dieron origen.
- Proyectos y planos de ampliaciones realizadas con posterioridad a la construcción original.
- Informes de evaluación previos realizados por los operadores del servicio.
- Resúmenes mensuales de los registros de operación de las captaciones, las plantas potabilizadoras, las reservas y del sistema de distribución.
- Registros de medición de caudales en distintos puntos del sistema.
- Registros de control de la dosificación de productos químicos y consumos de energía, en las plantas potabilizadoras y en el sistema de distribución.
- Registros de control de calidad de agua cruda y tratada, mediciones de cloro residual y análisis bacteriológico del efluente de las plantas potabilizadoras y en la red de distribución.
- Registros o informes de los programas de mantenimiento de las diferentes instalaciones, redes, tanques, unidades de las plantas potabilizadoras y equipos en general.
- Registros de administración: personal afectado a la operación de cada parte integrante del sistema, con indicación de cargos y especialidades.
- Estadísticas de reclamos de averías, fallas y roturas.
- Estadísticas de reparación de fallas en las diferentes instalaciones.
- Manuales de operación y manuales de mantenimiento de todas las instalaciones del sistema.

Se debe recorrer e inspeccionar a las instalaciones del sistema, para obtener información directa del personal encargado de la operación y solicitar información sobre los últimos años de operación. Se debe verificar el sistema en su conjunto observando las características del mismo y de sus instalaciones, así como la forma en que está operando.

Se debe detectar visualmente la existencia de anomalías que puedan repercutir en la eficiencia de la operación. Se debe verificar también la existencia y funcionamiento del equipamiento electromecánico (cantidad, capacidades, estado, vida útil), de equipos de laboratorio, materiales y de instrumentos de medición y en base a las observaciones se debe formular un diagnóstico preliminar.

### **1.3. DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y OPERATIVO DEL SISTEMA**

El diagnóstico técnico y operativo debe contener como mínimo:

- Descripción de la localidad.
  - Ubicación.
  - Población actual, índices de crecimiento de población, mortalidad infantil, morbilidad.
  - Principales recursos económicos.
  - Cobertura de agua potable, expresada en porcentaje de población total y su distribución areal.
- Descripción del sistema de abastecimiento.
  - Fuentes de abastecimiento: tipos de obras de toma, número capacidad y caudales que aportan. Equipamiento electromecánico.
  - Aducciones: longitud, diámetro, capacidad, año de instalación.
  - Reservas: tipo y capacidad.
  - Conducciones principales.
  - Redes de distribución: capacidad, porcentaje, radio servido, antigüedad, estado actual.
  - Estaciones de bombeo.
  - Tanques de distribución.
  - Instalaciones complementarias, etc.
- Descripción general de las instalaciones de tratamiento.
  - Tipo de plantas, capacidad, etapas de ampliación anteriores.
  - Zonas de abastecimiento correspondientes a cada una.

- Calidad del agua cruda que se trata (incluir variaciones estacionales de calidad).
  - Breve descripción de las unidades que las conforman, capacidad instalada según proyecto, capacidad de procesamiento actual para la tecnología según las que fueran proyectadas.
  - Verificación de la operación de las plantas potabilizadoras.
  - Verificación de los problemas de operación en distintos estados de funcionamiento, de servicio, normal, especial, de emergencia.
  - Detección, cuando corresponda, en particular, y según la tecnología de tratamiento aplicada de problemas en el funcionamiento de cada una de las unidades de las plantas potabilizadoras:
- Problemas de tipo operativo.
    - Tipo de medidores utilizados para medición de caudales.
    - Nivel del personal que ejecuta la operación.
  - Estado de las obras civiles y las necesidades de rehabilitación estructural de las unidades integrantes del sistema.
  - Características hidráulicas, parámetros operacionales y eficiencia de las partes componentes del sistema y sus instalaciones complementarias.
  - Características y eficiencia de la organización operativa, de mantenimiento y administración.
  - Las causas o actividades responsables de la reducción de la eficiencia del tratamiento y distribución de agua potable.
  - La eficiencia y adecuación de nuevos sistemas y tecnologías.
  - La necesidad de recambio de equipamiento electromecánico (motores, bombas, accionadores, motorreductores, etc.).
  - Mantenimiento del sistema.
    - Implementación de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
    - Obras civiles.
    - Equipos e instrumentación.
  - Administración del sistema.
    - Control de personal.
    - Control de materiales.
    - Organización de servicios.
  - Control de calidad del agua entregada a consumo.
    - Cumplimiento de la calidad del agua entregada a consumo según la normativa vigente.

- Funcionamiento de laboratorio, para control de cada operación y para control en la distribución.
- Frecuencia de desinfección en redes y reservas.

La evaluación de la información recopilada debe servir de base para elaborar el diagnóstico técnico y operativo de la forma en que se presta el servicio y determinar el sistema o algunas de sus partes, es susceptible de ser optimizado.

#### **1.4. ESTUDIO DE OFERTA/DEMANDA**

En base al diagnóstico de las instalaciones se debe elaborar un estudio de oferta/demanda. Su conclusión debe ser el estado real de capacidad del sistema con sus déficit y sus capacidades sobrantes en las fuentes, obras de captación, conducciones, tratamiento, distribución y reserva. Este diagnóstico debe servir para programar las acciones a realizar para los varios horizontes de diseño que se haya establecido.

#### **1.5. ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL SERVICIO PRESTADO**

El análisis debe considerar todos los aspectos que afectan la prestación del servicio y plantear cada uno de los inconvenientes que inciden sobre la satisfacción de la demanda y la atención a los usuarios.

#### **1.6. PLANTEO DE SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS**

Luego de establecida la proyección de la capacidad del sistema y de la calidad del agua distribuida en el tiempo se deben plantear entre otras acciones en especial:

- La necesidad de optimización y/o ampliación de la fuente, habilitación de otra fuente posible o complementaria y/o del cambio del equipamiento electromecánico.
- La necesidad de optimización en primera etapa y/o ampliación de las instalaciones de tratamiento en función de la capacidad existente y de la calidad del agua producida.
- La reducción y control del agua no contabilizada, mediante planes de control de pérdidas en redes, en conducciones principales, control de rebases en tanques, reducción de conexiones clandestinas, etc.
- La rehabilitación de cañerías de algún tramo de las conducciones y/o de la red o bien alguna unidad de tratamiento o almacenamiento, como, por ejemplo, un tanque de reserva, etc.
- La sectorización y el mejoramiento de las condiciones operativas de las redes de distribución.
- La necesidad de realizar acciones de mejoramiento comercial y operativo, tales como:

- El mejoramiento del catastro de usuarios y de redes.
- El mejoramiento del sistema de macromedición.
- Actividades de pitometría.
- El mejoramiento de las instalaciones para el control de calidad y de las acciones de control.
- La reorganización del mantenimiento.
- El establecimiento de una política de micromedición.
- Otras acciones que resulten necesarias en función de lo establecido en el diagnóstico.

Todas estas acciones deben redundar en un mejoramiento de la calidad del servicio, una mayor disponibilidad de uso del agua y una reducción de costos.

### **1.7. ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN, REHABILITACIÓN Y/O AMPLIACIÓN**

Luego de tomada la decisión respecto a las acciones que se deben efectuar para el adecuado funcionamiento del sistema y la satisfacción de la demanda, se deben establecer los programas que permitan alcanzar los objetivos y metas fijados para optimizar la prestación del servicio.

### **1.8. CÁLCULO DE LAS INVERSIONES NECESARIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN**

Definidas las tareas se debe calcular el costo de las soluciones propuestas y establecer las inversiones requeridas para su implementación a corto, mediano y largo plazo.

Se debe preparar un cronograma de inversiones, definiendo las etapas que permitan alcanzar la cobertura de la demanda y calidad de servicio prevista, de acuerdo a las posibilidades de financiamiento, los que deben consensuarse con el ENOHSA, quien debe aprobar la propuesta o bien aumentar o disminuir las coberturas planteadas por el proyectista, así como sugerir la relación de cobertura a mantener entre los sistemas de agua potable y desagües cloacales.

## 2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA AL PLANIFICAR LA OPTIMIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Se detalla a continuación algunos de los principales aspectos de la optimización, rehabilitación y ampliación de los sistemas que deben ser tenidos en cuenta en la planificación:

- Evaluación del Agua no Contabilizada y propuestas de soluciones para su reducción en general y el control y la reducción de pérdidas en particular.
- Políticas de micromedición.
- Rehabilitación de redes y sistemas de distribución.
- Optimización de plantas de tratamiento de agua potable.
- Mejoramiento de la operación y mantenimiento.

## 3. AGUA NO CONTABILIZADA

La evaluación del volumen del Agua no Contabilizada debe ser utilizada como un indicador del estado del sistema tanto en sus aspectos físicos como comerciales y servir de base para la planificación de las acciones a encarar para su reducción.

Se define como:

### ***Agua captada***

El agua captada es la que se obtiene en la fuente de abastecimiento a través de una obra de tipo superficial o subterránea.

### ***Agua procesada***

Es el agua que entra en la planta potabilizadora, medida a través de algún dispositivo de medición adecuado y pasa por las etapas del proceso de potabilización.

### ***Agua producida***

Es el agua entregada a la distribución para su consumo por usuarios del sistema y otros usos especiales.

### ***Agua consumida***

Es el agua utilizada por los usuarios. En el caso de los sistemas donde una parte se mide y otra sólo puede estimarse, el agua consumida puede expresarse como:

$$V_{ac} = V_{acm} + V_{ace}$$

siendo:

$V_{acm}$  = volumen de agua consumida medida.

$V_{ace}$  = volumen de agua consumida estimada.

El término  $V_{ace}$  puede ser calculado a partir de los datos de consumos del sector que tiene medidores domiciliarios. Se debe tener en cuenta para ello que donde no hay medidor de consumo, los derroches en las instalaciones internas de los usuarios son más elevados.

### 3.1. MEDICIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA

Si se indica  $V_{ap}$  como el volumen de agua producida medida y  $V_{ac}$  como el volumen de agua consumida en un determinado período, puede definirse al Agua no Contabilizada ANC como:

$$ANC = \frac{V_{ap} - V_{ac}}{V_{ap}} = 1 - \frac{V_{ac}}{V_{ap}} = 1 - \eta$$

donde:

ANC = Agua no Contabilizada.

$\eta$  =  $V_{ac} / V_{ap}$

$V_{ac}$  = Volumen de agua consumida medida más, eventualmente, el agua consumida estimada.

$V_{ap}$  = Volumen de agua producida medida.

El agua no contabilizada suele expresarse también como porcentaje en volumen del agua producida quedando la siguiente ecuación:

$$ANC \% = \frac{V_{ap} - (V_{acm} + V_{ace})}{V_{ap}} \cdot 100$$

#### 3.1.1. Componentes del Agua no Contabilizada

El proyectista debe medir y/o estimar el porcentaje de agua no contabilizada y justificar las razones de su existencia. Su justificación debe considerar, por lo menos, las siguientes circunstancias:

- Agua utilizada como insumo en todo el sistema de abastecimiento.
- Pérdidas, (incluye, fugas en conducciones y redes, pérdidas en las conexiones domiciliarias externas, pérdidas en reservas y tanques del sistema, etc.).

- Agua que se ha utilizado pero no se ha registrado o medido como el caso de agua en grifos públicos, agua para incendios, riego de calles, limpieza de tuberías, etc.
- Utilizada en conexiones ilegales, que se ha consumido pero no se ha registrado ni cobrado, por problemas en el catastro de usuarios.
- Agua que aparece mal contabilizada por errores en las mediciones.

No forman parte del Agua no Contabilizada los usos del agua en las plantas de tratamiento y los desperdicios en las instalaciones internas de los usuarios.

### **3.1.2. Usos del Agua Como Insumo en el Sistema de Distribución**

Se deben tener en cuenta, entre otros, los siguientes usos como insumos:

- Lavado y desinfección de cañerías.
- Lavado de camiones y equipos.
- Utilización de agua potable para mantenimiento del servicio de desagües cloacales, camiones hidrojet, etc.

### **3.1.3. Usos del Agua en la Planta de Tratamiento**

La diferencia entre el agua procesada y el agua producida es debida a usos del agua en la planta los que se deben calcular en base a la tecnología de tratamiento:

Para la limpieza de los decantadores y floculadores se puede estimar entre el 1 al 3% de la producción. Para el de lavado de filtros puede situarse entre el 1,5 a 4,5%, dependiendo de la tecnología de lavado de los mismos.

De utilizar tecnologías en las que el 100% del agua de limpieza y lavado es reciclada se debe considerar entre 0,5-1% de pérdidas.

En los casos particulares en que los valores mencionados sean excedidos por causas de mala operación, las plantas de tratamiento pueden tener altos porcentajes de agua no contabilizada (hasta del 10% y más del volumen procesado). El proyectista debe verificar si se debe a mal uso de las instalaciones, deficiencia de los mantos filtrantes, lavado excesivo de los filtros u otros y medir o estimar dicho porcentaje.

- Agua para consumo interno del personal y edificios, limpieza, lavado etc.
- Riego de jardines en los predios de las instalaciones de los sistemas.

### **3.1.4. Desperdicios en las Instalaciones Internas**

Se deben a defectos en las instalaciones domiciliarias o al uso inadecuado de las mismas. Los consumos por estas causas pueden alcanzar valores muy elevados.

### **3.2. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Las pérdidas en un sistema de abastecimiento de agua pueden ocurrir en todos los componentes: conducción, tratamiento, almacenamiento, distribución y conexión domiciliaria.

#### **3.2.1. Pérdidas en las Conducciones**

Se deben analizar las principales causas de las pérdidas en las conducciones y tomar como punto de partida las condiciones en que se construyeron las instalaciones. Se debe considerar las siguientes causas posibles:

- Asentamiento imperfecto del sistema de tuberías y sus componentes.
- Movimiento de suelos.
- Efecto del tránsito de vehículos.
- Tuberías, piezas especiales, registros, válvulas de aire y otros componentes de mala calidad.
- Corrosión producida por elementos del suelo, corrosión producida por elementos del agua.
- Altas presiones, choques y golpes de ariete hidráulico.

La magnitud de las pérdidas depende del diámetro de las cañerías, del número de juntas, del tipo de tuberías empleado y de la presión interna en la cañería.

#### **3.2.2. Pérdidas en la Planta de Tratamiento**

En el caso de las plantas de tratamiento, se debe analizar las causas de las pérdidas, las que pueden tener su origen en el proyecto, en la construcción y/o en la operación.

Cuando existen problemas en la operación y mantenimiento se debe analizar si la operación es deficiente, la existencia de rajaduras o impermeabilidad defectuosa de las unidades de la planta, la utilización de equipos inadecuados y la presencia de válvulas de desagües defectuosas o abiertas.

#### **3.2.3. Pérdidas en el Almacenamiento**

En el almacenamiento de agua filtrada se debe tener en cuenta (dependiendo de la tecnología de tratamiento), entre otras causas, pérdidas debidas a rebases por falta de un sistema de comunicación eficiente entre la unidad de almacenamiento (reserva) y la unidad que lo alimenta y las filtraciones de la propia estructura de la unidad de almacenamiento.

### 3.2.4. Pérdidas en la Red de Distribución

Para la red de distribución se debe tener en cuenta, además de lo mencionado para las conducciones, los problemas en los elementos que integran las conexiones domiciliarias, los hidrantes, las descargas parcialmente abiertas, etc., la extensión de las redes, el número de válvulas y piezas especiales y el tráfico frecuente de vehículos pesados.

La magnitud de las pérdidas debe ser analizada teniendo en cuenta la naturaleza del terreno, los materiales utilizados y los cuidados que se hayan tenido al momento de la construcción en el asentamiento de las cañerías.

Se puede tomar los siguientes valores de referencia

Redes muy buenas	0.04 a 0.08 l/seg/km.
Redes normales	0.08 a 0.27 l/seg/km.
Redes malas	por encima de 0.27 l/seg/km.

El proyectista debe clasificar las fugas y tomar la decisión de su posible corrección o no, de este modo las fugas no detectables por métodos económicamente justificables no deben ser consideradas en los programas de detección de fugas.

Los criterios de clasificación de fugas se deben establecer en función de estudios económicos de alternativas. Para cada tipo de perdidas se puede analizar los costos de investigación y compararlos con las pérdidas de ingresos de acuerdo al régimen tarifario que se aplique. Mediante estos estudios se deben establecer prioridades respecto a las tareas a ejecutar.

Se debe considerar que las fugas mínimas fácilmente detectables y económicamente recuperables son aquellas cuyo orden es de 0.025 l/seg.

En los casos de pérdidas detectables con inspecciones como medición, sondeos con equipamientos acústicos y/o electrónicos se debe evaluar la conveniencia de su aplicación técnica y económica y la inversión o no en equipamiento adecuado para ello o bien determinar, si el problema es limitado a un sector, la conveniencia de tercerizar su detección y reparación.

En el caso de pérdidas conformadas por los grandes caudales y en particular cuando existan afloraciones en superficie, debidas a roturas de las cañerías, que tengan como consecuencia bajas presiones y falta de agua deben realizarse reparaciones como mantenimiento correctivo, independientemente de los programas de detección de pérdidas. En estos casos se debe evaluar la conveniencia del reemplazo o no de los elementos correspondientes y orientar al operador a realizar el mantenimiento correspondiente.

### 3.2.5. Pérdidas por Errores de Medición

El proyectista debe analizar si se producen errores de medición originados por la falta de precisión en los equipos de macromedición y micromedición de los caudales. Estos se

refieren específicamente a errores en las cantidades de agua medida y no a la pérdida de agua en alguno de los componentes de la instalación.

Se puede considerar, según el caso, una precisión del orden del 2% para los macromedidores. Los medidores domiciliarios presentan errores, sobre todo en el caso de medición de pequeños caudales. En sistemas medidos con gran cantidad de medidores, con antigüedad, marcas, y precisiones diferentes aún con mantenimiento normal se puede admitir que se registra por lo menos un 4 % menos que las cantidades reales.

### **3.3. CUESTIONES VINCULADAS AL SISTEMA COMERCIAL Y OPERACIONAL**

El proyectista debe analizar en forma paralela a las cuestiones netamente técnicas, los problemas relacionados con el manejo del sistema comercial y la implementación y control de sistemas medidos como:

- Catastro inadecuado de las conexiones domiciliarias de agua.
- Conexiones clandestinas.
- Catastro deficiente por inadecuada clasificación de usuarios.
- Desvío o “by pass” fraudulento del medidor.

Se debe recomendar en caso de ser necesario, un plan de revisión y calibración de los medidores domiciliarios para minimizar la incidencia de la falta de precisión de los mismos.

Se debe tener en cuenta como principal componente del Agua no Contabilizada y su magnitud la antigüedad de las tuberías de la red. Se debe diseñar un plan de detección y reparación de pérdidas y en los casos en que la antigüedad de la instalación lo justifique, un sistema de sustitución, o rehabilitación de cañerías de la red.

Dada la dificultad para definir un modelo general debido a la gran cantidad de factores a considerar en el proceso, se debe tener en cuenta la base de datos de que disponga el operador del servicio, con información histórica de pérdidas, fechas de instalación, materiales utilizados, fecha de construcción de las redes, etc. para establecer el plan de detección y corrección de pérdidas.

## 4. PROGRAMAS DE CONTROL DE PÉRDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL AGUA NO CONTABILIZADA

El proyectista al diseñar un sistema debe establecer un programa realista, posible de ser implementado en el tiempo para disminuir o minimizar el Agua no Contabilizada, lo que puede lograrse identificando las pérdidas y los errores de medición, así como sus causas.

El programa debe relacionarse con el planeamiento, diseño, construcción, suministro de materiales y equipos, operación, mantenimiento, marketing, organización y administración.

Según el tipo de pérdidas que el proyectista detecte en el sistema, puede establecer el programa tomando como guía lo indicado en la **Tabla 1**.

Problemas	Solución
Errores de medición Errores de estimación	Programas de medición
Conexiones clandestinas	Programas de catastro de usuarios
Pérdidas superficiales y subterráneas	Programas de control de pérdidas

**Tabla 1.** Soluciones a distintos problemas planteados en casos de Agua no Contabilizada

### 4.1. CONTROL DE PÉRDIDAS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

- En el caso de un proyecto nuevo las redes se deben diseñar con la flexibilidad adecuada para su operación, mediante válvulas de corte que permitan la sectorización de redes en zonas de presión y de medición de consumos.
- En los casos de sistemas en operación, cuando sea técnica y económicamente posible, se debe realizar una sectorización y un relevamiento técnico operativo de la instalación basado en actividades de macromedición y pitometría con el fin de detectar las áreas prioritarias a estudiar.

#### 4.1.1. Relevamientos de la Red

El objetivo del relevamiento de la red debe ser obtener, procesar, analizar y conocer los datos operativos relativos a los caudales, presiones y niveles y el de efectuar diagnósticos de las unidades operativas del sistema de distribución de agua tanto en condiciones reales como simuladas.

El resultado a ser alcanzado en una primera etapa del trabajo debe ser el de realizar mediante la instalación de equipos de macromedición y estudios pitométricos:

- Medir los caudales y presiones en los conductos principales y los niveles en tanques y cisternas.
- Medir los flujos y presiones durante períodos extensos (24 horas o una semana) en puntos hidráulicamente importantes de la red.
- Determinar la capacidad de conducción de las tuberías.
- Detectar obstrucciones.
- Estudiar el consumo per cápita.
- Determinar el máximo consumo horario y diario.
- Determinar la curva de calibración y controlar la precisión de los dispositivos de medición.
- Determinar la curva característica de las bombas centrífugas y evaluar el funcionamiento de las estaciones de bombeo.
- Llevar a cabo pruebas que permitan evaluar la capacidad de conducción de la red de distribución para cumplir con nuevas demandas de agua.
- Permitir determinar el efecto de operaciones, reales y simuladas, sobre los caudales y presiones en diferentes sectores de la red para facilitar las operaciones de control.
- Realizar pruebas especiales para verificar el cumplimiento de requerimientos específicos de un sistema de distribución de agua determinado.

El proyectista debe tener en cuenta que para llevar a cabo estas actividades es necesario adquirir equipamiento de costo accesible, estudiando la posibilidad de que el mismo sea utilizado posteriormente por el operador del servicio, debiendo acompañar un programa de capacitación del personal.

Como etapa siguiente se debe definir donde serán instaladas las estaciones de medición y desarrollar un programa de actividades que incluya:

- Determinar la capacidad de las conducciones por lo menos una vez cada dos años.
- Revisar del funcionamiento de los instrumentos de medición por lo menos una vez cada cuatro meses en operación normal.
- Determinar las curvas características de las bombas y realizar una evaluación del comportamiento de las estaciones de bombeo una vez cada dos años.

#### **4.1.2. Macromedición y Estudios Pitométricos**

##### **4.1.2.1. Definiciones**

###### ***Macromedición***

Se define como macromedición al conjunto de instalaciones fijas integrada por equipos medidores, registradores, graficadores y accesorios cuyo objeto es cuantificar los caudales captados, potabilizados, conducidos y distribuidos en un sistema de

abastecimiento de agua, las presiones en las conducciones y los niveles en tanques y cisternas.

### ***Pitometría***

Se define como pitometría toda aquella operación que permite conocer los valores de caudales, presiones y niveles en diferentes puntos de un sistema de distribución de agua, utilizando para ello los equipos de macromedición y/o equipos móviles que pueden ser transportados sucesivamente a distintos sectores de las instalaciones donde se requiera medir tales parámetros.

#### **4.1.2.2. Estudios Pitométricos**

Al momento de elaborar un proyecto se deben realizar estudios pitométricos para conocer el funcionamiento del sistema.

En el caso de sistemas en operación se debe tener en cuenta que un programa de estudios pitométricos tiene como objetivo lograr las siguientes determinaciones:

- Monitorear en forma permanente las pérdidas en el sistema de distribución de agua.
- Evaluar periódicamente las causas de las pérdidas, tales como desbordes, fugas, roturas de tuberías y accesorios, conexiones ilegales, consumos especiales, errores de macromedición y errores de micromedición, etc.
- Determinar los coeficientes de consumo, tales como el consumo per cápita y por conexión domiciliaria, picos de consumo diario y horario y consumo mínimo nocturno.
- Determinar el volumen de agua potable producida y entregada al sistema de distribución.
- Evaluar los sistemas de medición existentes, incluido el grado de adecuación de los micromedidores a los consumos de cada conexión, el nivel de precisión y sensibilidad de los micromedidores el equipamiento y eficiencia para el mantenimiento, la planificación de la reposición de equipos y el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de las mediciones.

Se deben establecer puntos clave (singulares) para la macromedición en puntos estratégicos de la secuencia captación – potabilización – conducción – almacenamiento – distribución.

En el caso de implementar la macromedición de los caudales entregados a zonas definidas de la red según sus características e importancia relativa desde el punto de vista de los consumos, se deben identificar las zonas y distritos de macromedición en base a las zonas de abastecimiento y la configuración del sistema y calcular la cantidad de unidades de consumo en cada distrito.

El proyectista puede incluir en su programa la medición de consumo cero debiendo analizar la existencia de consumidores en horario nocturno (por su actividad), ubicación y caudal y la existencia de pérdidas en el sistema y combinación de ambas.

#### **4.1.2.3. Distritos Pitométricos**

En todos los casos es conveniente que las redes de distribución se subdividan en sectores de abastecimiento.

En el caso en que la topografía de la localidad lo requiera es conveniente que estos sectores constituyan zonas de presión denominadas, a fin de adecuar las presiones en los mismos a las máximas estáticas y mínimas dinámicas establecidas. Se puede materializar estos sectores de abastecimiento mediante la colocación de válvulas, colocación de tapones, teniendo en cuenta la configuración de las redes limitadas por accidentes geográficos como cursos de agua u obras de infraestructura como rutas o vías férreas.

Se debe justificar los criterios utilizados para considerar los sectores que se tomen en cuenta como distritos para los estudios pitométricos teniendo en cuenta las siguientes pautas:

- Localizar adecuadamente los puntos de medición en la red o redes de distribución.
- Tipo y cantidad del consumo (residencial, industrial, comercial), etc.
- Dimensiones de las líneas troncales que garanticen un abastecimiento satisfactorio al distrito durante la ejecución de las mediciones.

El diseño del distrito pitométrico debe permitir medir presiones dentro y fuera del área, antes y después de cerrar las válvulas limítrofes del mismo.

En el caso de sistemas existentes se debe calcular los caudales por área y luego de efectuar las mediciones, calcular los caudales de cada subdivisión y analizar donde existen mayores posibilidades de la existencia de fugas y definir las áreas que requieran ser investigadas mediante equipos de detección.

#### **4.1.3. Determinación de Zonas Prioritarias Cuando no son Viables los Estudios Pitométricos**

Cuando no puedan realizarse los relevamientos de las instalaciones y los estudios pitométricos indicados en los ítems 4.1.1 y 4.1.2 de este Capítulo, se debe determinar las áreas prioritarias donde se encararán estudios y obras tendientes a reducir el Agua no Contabilizada en base a las siguientes consideraciones:

- Determinar la antigüedad de las instalaciones y las características de los materiales de las mismas.
- Establecer en forma precisa el lugar y las causas de las reparaciones efectuadas a fin de definir la zona donde se ha producido el mayor número de inconvenientes atribuibles al estado de las instalaciones.
- Analizar deterioros en pavimentos y edificios que puedan deberse a fugas en las cañerías y verificar la aparición de enlagueamientos superficiales en veredas y calles de tierra.

- Efectuar un estudio, mediante medidores patrón o bancos de prueba portátiles a fin de determinar si los micromedidores instalados mantienen sus características metrológicas originales.
- Determinar las causas de reclamos presentados por usuarios debido a falta de caudales o pérdidas de presión en las redes.

## **5. MICROMEDICIÓN DE CONSUMOS**

La micromedición de los consumos en un sistema de abastecimiento de agua potable debe ser considerada una de las mejores formas de racionalizar el consumo y bajar los costos de operación.

Al diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable se deben estudiar las medidas de tipo institucional, legal comercial y técnico que se puedan recomendar para que la capacidad de cada una de las instalaciones que lo componen sea coherente con el período de diseño seleccionado.

Uno de los recursos que dispone para ello el proyectista es prever la colocación de micromedidores.

Se debe considerar que la instalación de micromedidores se debe complementar con el establecimiento de una política tarifaria, basada en la medición de los consumos, para evitar los derroches y lograr la correcta utilización del agua distribuida y se debe alertar al prestador sobre la necesidad de generar las condiciones necesarias para operar exitosa y eficientemente la micromedición dentro de la estructura de la empresa de saneamiento.

Debe considerarse, por otra parte, que siempre es conveniente planificar la instalación de micromedición en las áreas donde se deban realizar estudios pitométricos.

### **5.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS**

Desde el punto de vista del control del consumo se puede establecer el criterio de instalar micromedidores en la totalidad de las conexiones a la red, en los casos de: fuentes limitadas, costos operativos elevados, sistemas de tratamiento no convencionales, etc., lo que debe ser debidamente justificado ante el ENOHSA.

En los casos en que entienda que no es necesario instalar medidores en la totalidad de las conexiones se puede establecer, con la justificación correspondiente, un índice de micromedición inferior al 100%.

Al elaborar un plan de micromedición se debe tener en cuenta las restricciones de orden técnico, financieras, económicas y sociales existentes, así como la forma de obtener un rápido retorno de las inversiones.

Se debe analizar el régimen tarifario vigente, antes de llevar a cabo un estudio por zonas y seleccionar los parámetros que puedan reflejar los aspectos técnicos de mayor interés

descartando la colocación de medidores en áreas de cobertura no prioritarias en una primera etapa de desarrollo del servicio, las que se pueden incorporar posteriormente si se modifican las condiciones del mismo.

## **5.2. JUSTIFICACIÓN DE LA COLOCACIÓN DE MICROMEDIDORES**

En todos aquellos casos que a juicio del ENOHSA sea necesario, se deberá relevar o estimar, según el caso, la curva de consumo medio de una muestra representativa de usuarios, analizar los volúmenes que se facturarían en caso de instalar medidores y calcular los montos que percibirá el ente responsable del servicio aplicando la tarifa vigente en la localidad o una tarifa razonable, de acuerdo a las características del sistema previsto.

Complementariamente el ENOHSA podrá solicitar también que se determine el monto de la inversión para instalar micromedidores, y se compare dicha recaudación con los costos asociados a la instalación de medidores (servicios de la deuda en caso de requerirse su financiamiento, costos de mantenimiento y reparación, lectura de medidores, emisión de facturas etc.), para establecer para qué categoría de usuarios no resulta conveniente la colocación de medidores y para definir la clase meteorológica de medidores a colocar en las restantes conexiones.

## **6. REHABILITACIÓN DE CONDUCCIONES Y REDES DE AGUA POTABLE**

### **6.1. DEFINICIONES**

Se entiende por rehabilitación toda aquella intervención en el sistema existente a través de la cuál se puede satisfacer la demanda sin llegar al reemplazo de las instalaciones. Lo que en la práctica significa un aumento de eficiencia comparado con el estado existente antes de la ejecución de los trabajos.

### **6.2. CAUSAS QUE ORIGINAN LA REHABILITACIÓN**

La necesidad de rehabilitación de una conducción y de las cañerías de una red de agua potable o tramo de la misma puede deberse a causas que dependen del servicio o a causas que no dependen del servicio.

Dado que no existe una única metodología para determinar el estado de una red se debe estudiar cuidadosamente las acciones a realizar para llegar al conocimiento del problema con el mínimo costo posible.

En tal sentido debe tener en cuenta, como mínimo, las siguientes variables que inciden en el envejecimiento y desgaste de las redes: material de las cañerías, tipo de suelo que rodea las conducciones, agresividad de la capa freática, influencia de las haladas,

influencia de las cargas exteriores, calidad de los trabajos durante la ejecución de la obra, condiciones del servicio, presiones y golpe de ariete.

En la **Tabla 2** se incluyen algunas de las causas a tener en cuenta para la justificación de la rehabilitación o reconstrucción de redes.

Causas para la reconstrucción / rehabilitación			
Relacionadas con el servicio		Independientes del servicio	
Envejecimiento técnico	Deterioro	Ordenamiento Urbano	Otros
Aumento de los consumos específicos de agua	Corrosión externa	Reconstrucción de áreas urbanas	Reconstrucción de otro tipo de obras
Aumento de la cantidad de viviendas	Corrosión Interna	Modificación de las funciones del área urbana	Exigencias de cumplimiento de distancias mínimas entre obras subterráneas y/o de servicios públicos y edificios
Modificación de la normativa vigente	Aumento de las cargas externas	Reconstrucción de calles o cruces	
	Modificaciones en las condiciones del subsuelo	Construcción de obras subterráneas, como túneles, subterráneos, etc.	
	Operación incorrecta o comportamiento inadecuado de los usuarios		

**Tabla 2.** Causas de reconstrucción y rehabilitación

### 6.3. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

En la selección de los procedimientos, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- En casos de redes nuevas es necesario proyectar pensando a largo plazo la posibilidad de la renovación y de la rehabilitación.
- El período de explotación económica de una red de agua potable es el período durante el cual los costos anuales de reparación y del agua perdida son más bajos que el monto de amortización anual de la inversión necesaria para el cambio de la conducción.
- El momento de la renovación o reemplazo se puede determinar con cálculos teóricos.

Para la toma de decisiones se debe considerar como mínimo dos elementos determinantes en cuanto a la rehabilitación:

- El estado técnico de la instalación, considerando para ello su antigüedad y evaluando la proporción entre la misma y la vida útil de las conducciones y la cantidad de roturas por kilómetro de red (tasa de fallas o roturas).
- El análisis de la capacidad hidráulica de la red para atender las demandas en el estado en que se encuentra, es decir, se debe estudiar si existe capacidad remanente y cuantificarla y calcular la que tendrá luego de la reconstrucción.

Efectuada la evaluación se puede adoptar las recomendaciones indicadas en la **Tabla 3**.

	Evaluación		Decisión recomendada
	Estado Técnico	Capacidad	
1	Bueno	Suficiente	Mantenimiento de la red e instalaciones existentes
2	Bueno	Insuficiente	Mantenimiento de la red existente. Ampliación de la capacidad faltante con conducciones complementarias
3	Deficiente	Suficiente	Renovación de la red existente en parte con nuevas cañerías e instalaciones
4	Estructura en condiciones inapropiadas	Insuficiente	Reconstrucción total

**Tabla 3.** Recomendaciones respecto a la decisión a adoptar en base a la evaluación del estado de las redes

#### 6.4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA

Al realizar el análisis de la capacidad hidráulica de un elemento o sistema debe tener en cuenta lo siguiente:

- Disponer de un modelo matemático de la red es de fundamental importancia para la correcta asignación de recursos, ya que permite definir las obras, para aumentar la presión, incrementar la capacidad de suministro, reducir el nivel de pérdidas en particular y de Agua no Contabilizada en general, estudiar la conveniencia de instalar nuevas cañerías para reforzar el sistema y adoptar la solución óptima, ya sea para satisfacer nuevas demandas o cumplimentar con las existentes.
- El análisis del sistema debe ayudar a identificar donde existe riesgo de bajas presiones y dónde las posibles mejoras puedan brindar mayores beneficios a los usuarios. También permite identificar áreas de gran consumo, lo que puede guiar el trabajo de detección de pérdidas.
- Los modelos a utilizar deben permitir determinar el potencial de las redes existentes. Es conveniente que el modelo matemático se emplee como una ayuda permanente a la operación, bajo la supervisión de personal capacitado.
- La exacta modelación depende, en primera instancia de la confiabilidad de los registros gráficos de los sistemas de distribución. Estos registros se deben complementar con otros sistemas de manejo de datos que pueden ser usados buscando obtener el máximo provecho de la capacidad gráfica del modelo. Cuando estén disponibles, se deben incluir la antigüedad y materiales de cada cañería modelada.

#### 6.5. ANÁLISIS DEL ESTADO ESTRUCTURAL

Al realizarse el diagnóstico se debe establecer en qué período de su vida útil se encuentra la instalación. Para ello es necesario conocer la vida útil y la tasa de fallas.

Para el análisis del estado estructural se pueden utilizar distintos métodos, que dependen de la información disponible:

### 6.5.1. Teórico

Se debe determinar el final de la vida útil en base a cálculos económicos, para establecer cuándo se hace conveniente el reemplazo de una instalación. Tal situación se presenta en el momento en que los costos para mantener funcionando el sistema alcanzan a superar la inversión para reemplazar dicha instalación.

### 6.5.2. Análisis de los Materiales

El método consiste en determinar, en una fecha determinada, las características y estado de los materiales que conforman la instalación y analizar su variación a lo largo del tiempo para estimar el período durante el cual pueden continuar prestando un servicio eficiente.

### 6.5.3. Diagnósticos

Se puede realizar el diagnóstico con el sistema que se considere conveniente y económicamente viable. El proyectista debe justificar cuidadosamente la utilización de su aplicación en relación al tamaño de la obra que se trate sin perder de vista el costo.

## 6.6. CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FALLAS

Es conveniente que se defina el tipo de fallas que presenta el sistema dado que los defectos en las tuberías son de distinto origen y muy variados, así como también las soluciones a los mismos. Debe evaluar la conveniencia de la aplicación de tecnologías con o sin excavaciones dependiendo el tipo de falla que se le presente.

La siguiente clasificación puede orientar para tipificar las fallas:

Tipo de fallas corregibles con tecnologías sin excavaciones			
Fallas en línea	Corrosión externa	Fallas localizadas	Fisuras locales circunferenciales
	Corrosión interna		Uniones irregulares
	Desgaste de las paredes de las tuberías		Juntas permeables
	Fisuras en la pared de la tubería longitudinales		
Tipo de fallas corregibles con tecnologías que exigen realizar excavaciones			
Fallas en línea	Falta de capacidad	Fallas localizadas	Derrumbes o quiebres puntuales
	Depresiones extendidas a lo largo de la cañería		Juntas deformadas
	Derrumbes a lo largo de una línea		Uniones irregulares

**Tabla 4.** Clasificación de posibles fallas

## **6.7. PROCEDIMIENTOS DE REHABILITACIÓN DE REDES**

Cada procedimiento de rehabilitación de redes tiene una aplicabilidad definida según el tipo de fallas que se diagnostique en las mismas.

En cada caso el proyectista deberá justificar la metodología de rehabilitación elegida, la que deberá ser aprobada por el ENOHSA.

### **6.7.1. Rehabilitación Con Excavación**

Puede ser necesario realizar excavaciones cuando se debe reemplazar cañerías existentes por otras de mayor tamaño, modificar trazas o instalar cañerías en paralelo para aumentar la capacidad de conducción.

### **6.7.2. Rehabilitación Sin Excavaciones**

Se debe tener en cuenta que entre las tecnologías de rehabilitación sin excavaciones existen distintos métodos, los que cumplen funciones diferentes.

#### ***Técnicas de Rehabilitación no Estructurales***

Son aquellas técnicas de rehabilitación que aprovechan la estructura existente en general y tienen la particularidad de no modificar la tubería existente. Ellas son las técnicas de rehabilitación localizadas (juntas, fisuras circunferenciales, etc.) y las técnicas de rehabilitación en línea (cuando el problema se presenta a lo largo de la cañería, incrustaciones, rugosidades no apropiadas, etc.).

#### ***Técnicas de Rehabilitación Estructurales***

Son aquellas técnicas que modifican la estructura existente porque con su aplicación se modifica el estado técnico y estructural original de la tubería colocando una nueva estructura.

La clasificación que se ve en la **Tabla 5** puede orientar en cuanto a sus posibilidades de selección.

Existen asimismo, algunos tipos de limpieza no rutinarios, especiales, que pueden ser considerados como métodos de rehabilitación no estructurales y en otros casos como métodos de renovación, por métodos hidráulicos y/o mecánicos y químicos.

Se debe tener en cuenta que el costo de las técnicas de rehabilitación y reemplazo es variable y aumenta según la siguiente escala: limpieza, rehabilitación no estructural, rehabilitación estructural.

En caso de decidir la aplicación de alguna técnica de rehabilitación sin excavaciones se requiere buen asesoramiento y realización de diagnósticos con cámara de TV u otros, para conocer la causa que originó el estado de la instalación y en base a ello determinar la metodología aplicable y sus beneficios futuros.

Técnicas de rehabilitación sin excavaciones			
No estructurales		Estructurales	
Limpiezas especiales no rutinarias	Limpiezas mecánicas con raspado		
	Limpiezas hidráulicas con hidrojet		
	Limpiezas químicas		
Localizadas	Reparación de juntas y fisuras		
	Reemplazo local de material		
	Relleno de cavidades		
	Redondeo de cañerías		
En línea	Revestimiento con epoxy o mortero de cemento a lo largo de un tramo (relining)	En línea	Inserción de cañerías flexibles dentro de cañería existente sin eliminación de esta última.
	Inserción de membranas y fundas sin espesor adheridos a la pared de la cañería.		Inserción de cañerías con destrucción de la cañería anfitriona
			Inserción de cañerías rígidas dentro de la cañería existente
			Inserción de fundas con espesor adheridas a la cañería anfitriona

**Tabla 5.** Clasificación de tecnologías de no excavación

## 7. INSPECCIONES, OBSERVACIONES, INSTRUMENTACIÓN

Entre los métodos de inspección que pueden utilizarse se encuentran la evaluación visual, la prueba de presión, los equipos detectores de metales, el análisis acústico, los equipos de auscultación por TV, los equipos de detección de fugas por ultrasonido, los equipos de detección de corrosión por métodos magnéticos y otros.

El proyectista debe tener en cuenta que las instalaciones que integran la red de distribución (tuberías y accesorios) deben ser accesibles y fácilmente ubicables con el objeto de facilitar las inspecciones y los trabajos de mantenimiento.

Las tapas de cámaras de válvulas, desagües hidrantes, etc. deben ser visibles y en los planos conforme a obras balizadas respecto a hechos existentes.

La inspección de los equipos de control debe incluir los instrumentos de medición de presión, medidores de caudal, instrumentos de medición de nivel de agua, instrumentos de registro y dispositivos de control. La frecuencia de las verificaciones dependerá del tipo de equipo y de las indicaciones del fabricante.

## **8. EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS**

### **8.1. INTRODUCCIÓN**

La evaluación de una planta de tratamiento de agua debe comprender el análisis detallado del funcionamiento de cada una de las partes que físicamente la conforman, de su eficiencia, y de la forma en que está siendo operada, mantenida, controlada y administrada.

La evaluación de una planta se debe efectuar en dos etapas principales: preliminar, y de diagnóstico. De esta última llevada a cabo integralmente, es de dónde surge luego la necesidad de efectuar un análisis para tomar decisiones significativas sobre las inversiones a realizar.

### **8.2. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD INSTALADA: DÉFICIT, SUPERÁVIT**

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual se debe elaborar un estudio de capacidad de las instalaciones a fin de compararlo con el estudio de demanda como parte de la evaluación.

Las secuencias de cálculos que se deberá realizar son las siguientes:

- En base a la información relevada determinar la capacidad instalada inicial del sistema.
- Comparar la demanda máxima diaria con la capacidad instalada inicial obteniendo el déficit/superávit del sistema para atender la demanda pico.
- Proyectar un programa para atender el déficit que se detecte previendo etapas de ampliación de producción del sistema de acuerdo al déficit detectado se hace uso de una, dos o tres instancias de ampliación de la etapa de producción.

Se debe analizar las capacidades correspondientes a cada unidad por separado de las plantas de tratamiento, como metodología para determinar cuáles de ellas tienen capacidad remanente o no.

### **8.3. OPTIMIZACIÓN DE PLANTAS POTABILIZADORAS**

Se debe tener en cuenta que las modificaciones necesarias de las plantas existentes de tratamiento de agua tienen como causa cambios en la población, estrechamiento financiero, modificaciones en la calidad del agua cruda, modificación de las regulaciones vigentes.

El proyecto debe prever la optimización del sistema con el objetivo de mejorar la calidad del agua, aumentar la capacidad de la planta, aumentar la confiabilidad en las instalaciones, reducir los costos de mantenimiento y los costos operativos.

Se debe considerar que cualquiera de los componentes de una planta puede ser optimizado, sólo o en combinación con otro de ellos. La **Tabla 6** resume a manera de ejemplo para el caso de plantas de filtración rápida convencionales las causas de deficiencias potenciales para cada elemento integrante del tratamiento, los que pueden orientar al proyectista.

Elemento o proceso unitario de tratamiento	Causas potenciales de los problemas
Dosificación de los productos químicos	Elección de los productos químicos. Selección de la dosificación y del pH. Control de la dosificación, comportamiento del equipamiento de dosificación. Mantenimiento de las líneas de alimentación de productos químicos. Flexibilidad en el sistema para modificar el punto de aplicación de los productos químicos. Secuencia de dosificación de productos químicos. Grado de dilución de los productos químicos antes de su aplicación.
Mezcla rápida	Tipo de mezcla rápida, hidráulica o mecánica. Numero de mezcladores rápidos. Método de dosificación química. Velocidad de mezcla, tiempo de permanencia.
Floculación	Tiempo de detención óptimo. Intensidad de mezcla óptima. Numero de etapas. Pantallas adecuadas para producir condiciones de flujo.
Sedimentación	Carga superficial. Corto circuitos debidos a vientos, diferencias de densidad, diseños de entradas y salidas. Velocidad de producción, cantidad y acumulación de barros. Extracción de barros.
Filtración	Hidráulica del sistema. Control de los filtros y velocidad de filtración. Pretratamiento químico del agua que pasa por los filtros. Retrolavado inadecuado.

Fuente: Technologies for upgrading existing or dessigning new drinking water treatement facilities, EPA.

**Tabla 6.** Resumen de causas de problemas operativos en el tratamiento convencional de filtración rápida

Como se indica en la Tabla en el caso de las plantas convencionales se pueden considerar cinco categorías básicas para las técnicas de optimización de acuerdo a la operación unitaria de que se trate: modificación de la dosificación de productos químicos o del tratamiento químico en sí, modificación o agregado de mezcla rápida, mejoramiento de la floculación, mejoramiento de la sedimentación, modificación del proceso de filtración.

Se debe tener en cuenta que la tecnología de filtración está directamente influenciada por los procesos que la anteceden. Puede ser que alguno de estos procesos requieran optimización para mejorar todo el sistema o ajustar el mismo al crecimiento de la demanda.

La evaluación de instalaciones existentes debe comprender el análisis detallado del funcionamiento de cada una de las partes o sectores de una planta de tratamiento, de su eficiencia y su operación, mantenimiento, control y administración para lo que el proyectista debe tener en cuenta lo especificado en el presente Capítulo de esta Norma así como en los Capítulos 5 “Plantas de Tratamiento”, 6 “Tratamientos Especiales” y 8 “Desinfección”.