

Rafael Cruz Blanco

PROYECTO FINAL DE CARRERA
Gestión técnica de un servicio municipal de aguas
INGENIERO DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS

ANEXO N° 2: PLAN DE CONTROL DE FUGAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLAN DE CONTROL DE FUGAS.....	3
2.1. INTRODUCCIÓN.....	4
2.2. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	6
2.2.1. Concepto y tipo de pérdidas.....	6
2.2.2. Bases para la eliminación de las pérdidas.....	9
2.3. SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS.....	11
2.3.1. Introducción.....	11
2.3.2. El balance volumétrico.....	11
2.3.3. Métodos de detección de fugas.....	14
2.4. CONTROL DE FUGAS.....	28
2.4.1. Sistema de detección adoptado.....	28
2.4.2. Estimación de pérdidas y objetivos.....	28
2.4.3. Objetivos de reducción.....	29
2.4.4. Plan de actuación.....	30

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se presenta el plan de control de fugas previsto de acuerdo con el sistema de detección elegido.

Las fases del sistema de detección, según se detalla en el capítulo siguiente son dos:

En la primera, cuya duración será de tres años, se realizará una campaña de detección, localización y reparación de fugas que consiste básicamente en la medida de caudales nocturnos, previa sectorización de la red, y una compleja campaña de detección y localización de las fugas. Esta campaña se repetirá sucesivamente otros dos años más hasta reducir el nivel de fugas del sistema a un nivel aceptable.

Una vez alcanzado este nivel, se pasará a la segunda fase del plan que consiste en un sistema de vigilancia en continuo que, por medio de la instalación adecuada, detectará cuándo las fugas superan el nivel previamente alcanzado. En este caso se procederá a la realización de nuevas campañas de detección más simples, desde un conocimiento más profundo de las redes.

La puesta en marcha del plan requerirá previamente la realización de determinadas obras y la instalación de equipos de medida que permitan la realización de balances volumétricos con la mayor exactitud posible.

Por otro lado, durante el primer año de gestión se realizarán determinadas mejoras en la E.T.A.P. que aumentarán igualmente el rendimiento del sistema.

A continuación se presenta en forma de tabla la evolución del rendimiento hidráulico del sistema de abastecimiento.

Partimos de la hipótesis de unos consumos municipales del 2 % del correspondiente a los abonados.

En cualquier caso, las cifras de partida relativas a volúmenes suministrados y consumidos podrán sufrir variaciones, si bien las cifras de rendimiento constituyen un compromiso real.

2. PLAN DE CONTROL DE FUGAS.

Año de gestión	1 ^{er} AÑO	2 ^o AÑO	3 ^{er} AÑO	4 ^o AÑO y SGTES
Agua Tratada m ³	12.318.517	9.508.038	8.285.653	-
Rendimiento E.T.A.P.	91.6 %	95 %	95 %	95 %
Salida E.T.A.P. m ³	11.283.762	9.032.636	7.871.370	-
- Suministro m ³	11.175.263	8.923.164	7.760.926	-
- Suministro en Alta m ³	108.499	109.472	110.445	-
Rendimiento Red Distrib	46,99 %	60 %	70 %	80 %
Consumo :				
- Consumo registrado m ³	5.148.290	5.248.920	5.326.125	
- Estimación Cons. Municipal	102.966	104.978	106.523	
Rendimiento del Sistema	43,04 %	57 %	66,5 %	76,0 %
FASES DEL PLAN DE CONTROL DE FUGAS	1^a FASE			2^a FASE
	- Sectorización de la red. Campañas anuales.			- Sistema de vigilancia del nivel de fugas

2.1. INTRODUCCIÓN

A medida que aumenta el desarrollo económico de un país se incrementan los cuidados y controles para la conservación de bienes y recursos. Dichos controles se compensan ampliamente con el incremento de las riquezas obtenidas.

El agua tiene una serie de características que la diferencian de otros bienes, como son su imprescindibilidad para la vida y su escasez. Por ello, la captación, tratamiento, distribución, control y consumo son problemas socioeconómicos que conllevan una gran responsabilidad para políticos, técnicos y consumidores.

Quizás por el aumento del nivel económico o por la mejoría en las etapas de captación, tratamiento y distribución, se ha despertado en nuestro país un gran interés por paliar los efectos negativos de las pérdidas de agua, además de producirse un aumento en la concienciación ciudadana de los problemas económicos, higiénicos, técnicos y sociales que producen.

Normalmente, muy pocos Servicios Municipales o empresas de distribución conocen realmente las pérdidas que tienen en sus redes.

Nosotros, por las razones ya expuestas en capítulos precedentes, consideramos prioritario para poder llevar a cabo un correcto Servicio, conocer qué cantidad de agua estamos suministrando y cual es el volumen de agua no consumida por nuestros abonados, para poder así averiguar las pérdidas de nuestro sistema de distribución y reducirlas, en la medida de lo posible, a un valor aceptable.

Para ello necesitamos:

- Medir de forma precisa el agua aportada a la red de distribución.
- Medir concienzudamente todos los consumos.

Con los datos obtenidos realizaremos, de forma sencilla, el **balance volumétrico** y averiguaremos las pérdidas en la red, según la ecuación:

$$\text{AGUA SUMINISTRADA} = \text{AGUA CONSUMIDA} + \text{PERDIDAS}$$

2.2. PÉRDIDAS EN UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

2.2.1. Concepto y tipo de pérdidas

El concepto de pérdidas se entiende en general referido únicamente al ocasionado por los distintos salideros de las redes de distribución. Sin embargo esta visión es incompleta ya que dicho concepto es más amplio en sí mismo, abarcando los siguientes términos:

- Consumos no controlados.
- Defectos en la medición.
- Defectos de la estación de tratamiento.
- Defectos en la red.

2.2.1.1. *Consumos no controlados*

Son aquellos que engloban el volumen de agua realmente consumida y no contabilizada. La pérdida no viene ocasionada en este caso por defectos en las redes si no por la inexistencia de contadores o adecuados elementos de medida en los puntos de consumo, situación que se elimina con su simple instalación.

Las situaciones posibles son:

- Abonados sin contador
- Consumos municipales
- Acometidas clandestinas
- Otros

El control de los consumos de abonados sin contador se efectuará a partir de la instalación del mismo. En cuanto a los consumos municipales,

independientemente de que éste se facture o no, también deben ser contabilizados, ya sea en edificios o en fuentes, bocas de riego, etc.

El mayor problema lo supone la localización de acometidas clandestinas. Deberá prestarse especial interés en la regularización de las mismas mediante el desarrollo de campañas periódicas. En el capítulo 5 "Organización del Servicio" se aporta el procedimiento general a seguir para la regularización de acometidas.

2.2.1.2. Defectos en la medición

Generalmente existen dos tipos de errores en la medición:

- Errores en la toma de lecturas.
- Errores en la medida del contador.

El primer tipo de error es de carácter humano y, generalmente, no supone pérdidas elevadas, aunque ha de procurarse una toma correcta de lecturas y de realizar tal operación en los períodos establecidos, a fin de evitar estimaciones.

El segundo tipo es el más importante, pues es el que genera un porcentaje mayor de pérdidas. Los contadores, como cualquier máquina, tienen un período limitado de vida útil. Por tanto se llevará a cabo la verificación y sustitución del 7% de los contadores anualmente, evitando la existencia de un parque de contadores defectuoso y sin ningún tipo de control.

2.2.1.3. Defectos en la estación de tratamiento (E.T.A.P.)

Generalmente, las pérdidas en las instalaciones de tratamiento son de tipo estructural; es decir: debidas a que la instalación fue concebida de forma que se aceptaban dichas pérdidas.

La eliminación de las mismas no puede ser absoluta, puesto que parte de los procesos conllevan la pérdida de agua, como la purga de fango y en algunos casos el lavado de filtros.

2.2.1.4. Defectos en la red

Las pérdidas por defectos en la red las subdividiremos, a su vez, en pérdidas latentes y en fugas.

2.2.1.4.1. Pérdidas latentes

Las pérdidas latentes son aquellas cuya eliminación resulta prácticamente imposible y que requieren una actuación de vigilancia, realizando un mantenimiento preventivo de la red e instalaciones, para reducir goteos, pérdidas durante la reparación de averías, permeabilidad de las conducciones, salideros en válvulas, bocas de riego, etc.

2.2.1.4.2. Fugas

Entendemos por fugas aquellas pérdidas subsanables, debidas a defectos en la red. Su corrección requiere un tratamiento muy especial. En función de lo perentorio de su reparación se distinguirán asimismo entre fugas de intervención programada y fugas de intervención inmediata.

Las aparición de las fugas y su grado de importancia está afectado de distintos factores, como son las siguientes:

Presión. Tiene una gran repercusión. Disminuir la presión en los sistemas de distribución hasta unos valores óptimos disminuye el porcentaje de pérdidas por fugas y viceversa.

Movimientos del suelo, ocasionados tanto por causas internas (sobrepresiones en la red), como por externas, (movimientos sísmicos, obras en las cercanías, etc) propician la formación de esfuerzos que finalizan con la formación de grietas y salideros.

Deterioro de las tuberías. Uno de los principales es la corrosión de las tuberías, que va haciéndolas cada vez más delgadas, terminando con la formación de microgrietas que, con el tiempo, se convierten en roturas serias.

Características del suelo. Este factor, además de influir en la posible corrosión de las tuberías, afecta a la hora de la localización de las fugas. Los suelos permeables o semipermeables permiten localizar mejor las fugas.

Tráfico rodado, que produce esfuerzos y flexiones que ocasionan roturas.

Edad de la red. Factor muy importante, ya que afecta a todos los demás, incrementándolos en gran medida.

Excepto la presión, ninguno de los factores indicados anteriormente puede ser alterado por las empresas suministradoras. Por ello, es extremadamente conveniente, teniendo en cuenta los factores anteriormente citados, realizar desde el principio una buena instalación y diseño.

2.2.2. Bases para la eliminación de las pérdidas

La lucha contra las pérdidas debe ser una filosofía que compartan tanto los políticos, como los técnicos y usuarios y, de forma más enérgica, los Servicios de Abastecimiento de Agua.

Las bases que proponemos para la eliminación de las pérdidas son:

- Control de todos los consumos y aportaciones, independientemente de que se facturen o no.

- Cartografía adecuada, actualizada periódicamente.
- Conocimiento hidráulico de la red, de forma que adecuados controles de presión y caudal nos detecten alteraciones en el funcionamiento.
- Valvulería adecuada y suficiente
- Verificación y mantenimiento de contadores
- Periodificación de lecturas, para evitar estimaciones durante las campañas de detección.
- Campañas de detección de fugas, desarrollando tanto actuaciones de choque a nivel general como intervenciones controladas en zonas problemáticas.
- Control permanente. Una vez que se tenga un conocimiento apropiado de la red, será llevado a cabo un estudio concreto para cada uno de los sectores de población que permita establecer un control permanente sobre los mismos y sobre el global de la población.

La valoración de los resultados obtenidos tras la detección de fugas en cada zona determinará el adecuado plan general de control, donde se acordarán los objetivos a conseguir, los sectores problemáticos y el desarrollo de dicho programa.

A lo largo del siguiente apartado se desarrollan los distintos métodos existentes para llevar a cabo un plan de detección de fugas.

2.3. SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS

2.3.1. Introducción

Como ya hemos comentado, el control de fugas en un sistema de abastecimiento implica, en líneas generales la realización de tres actividades con una continuidad en el tiempo: **detección, localización y reparación.**

De las tres actividades, la principal es la de detección de fugas, al ser la que posibilita en primer lugar la realización del balance volumétrico del sistema y posteriormente la localización y reparación de las fugas.

En el siguiente apartado se explica en detalle el significado y la importancia del balance volumétrico, así como los métodos de detección.

2.3.2. El balance volumétrico

Al principio de este capítulo se definió el balance volumétrico como la ecuación que dice que el volumen de agua consumido en las redes debe ser igual al aportado salvo las pérdidas. Para conocer el nivel de pérdidas y plantear su reducción es preciso conocer mediante diversos sistemas los otros dos datos con la mayor precisión posible; es decir: el volumen suministrado y el consumido.

En apartados precedentes se ha destacado que el término pérdidas engloba varios conceptos, destacándose entre ellas las fugas, los consumos incontrolados y las debidas a defectos de medición. Aunque, a priori, no conozcamos el porcentaje de consumos incontrolados y el de pérdidas debidas a defectos de medición, el valor de pérdidas obtenido según el balance

volumétrico inicial nos servirá para estimar el nivel de fugas y establecer el programa de control, el cual se establecerá en dos **fases de actuación**.

La primera de ellas desarrollará unas actuaciones en donde las pautas a seguir serán, desde el principio, la detección, localización y reparación de las fugas con el objetivo de reducirlas hasta un nivel prefijado (lo cual debe comprobarse volviendo a realizar el balance volumétrico).

Una vez conseguida una reducción de fugas aceptable se procederá a la segunda fase del programa o fase de vigilancia, mediante la cual se conseguirá conocer en continuo el nivel de fugas existentes en la red.

Solo en caso de superarse los niveles considerados como aceptables se procederá a realizar una nueva campaña de detección, localización y reparación.

Por medio de un balance volumétrico inicial conseguiremos estimar el nivel de pérdidas existente. Existen dos métodos capaces de dar una estimación del nivel de pérdidas en una red de abastecimiento, válidos para su ejecución en toda la red o en los sectores en los que lo dividimos la población: la medida del caudal total integrado y la medida del caudal nocturno, siendo este segundo método el más empleado y el más preciso.

Ambos estiman las pérdidas de forma similar, sustrayendo de todo el agua aportada a la red, los consumos de los abonados más una pequeña estimación por los incontabilizados.

2.3.2.1. Medida del caudal total integrado

La fórmula usada es la siguiente:

$$U = S - (M + AP)$$

donde:

- U= Pérdidas
- S = Suma de todo el agua aportada al sistema.
- M = Suma de todo el agua contabilizada.
- A = Consumo medio teórico per capita de incontrolados.
- P = Población suministrada.

Estos términos están sujetos a variaciones estacionales, por ello habrá que aplicarlos en períodos afines. El valor medio per capita será un valor propio de cada población, teniendo en cuenta los usos municipales, riegos, clandestinos, etc.

2.3.2.2. Medida del caudal nocturno

La estimación de caudales nocturnos es un sistema que requiere más esfuerzos, pero sus resultados son más fiables. La fórmula es similar a la anterior, pero tiene la gran ventaja de que las medidas pueden ser realizadas en horas de consumo mínimo, en donde los volúmenes registrados son, prácticamente, las fugas.

$$U' = S' - (M' + A'P')$$

donde:

- U'= Pérdidas en la red
- S'= Suma de todos los caudales aportados al sistema.
- M'= Caudales importantes consumidos por grandes instalaciones, como las fábricas.
- A'= Promedio de consumo nocturno por abonado.
- P'= Número de abonados suministrados.

2.3.3. Métodos de detección de fugas

Existen varios métodos de detección de fugas. Los tradicionales detectan las fugas que son evidentes por simple inspección de las redes. Los más avanzados estriban en la división de las redes en sectores y en el análisis en profundidad de cada uno de ellos mediante medidas de caudal y de presión.

Cada uno de estos métodos requiere un personal y un equipamiento diferente, por lo que producen distintos costos y efectos sobre las fugas, destacando los sistemas avanzados como los que mayores y mejores resultados obtienen.

2.3.3.1. *Detección de fugas en redes de aducción*

Las redes de aducción comprenden todas aquellas que realizan funciones de captación, conducción por arterias principales hasta la estación de tratamiento o el depósito general, el cual será tratado aparte.

Siempre que las condiciones lo permitan, especialmente que no haya derivaciones, los métodos aplicados en este caso podrán ser utilizados igualmente en arterias principales dentro de los sistemas de distribución.

Las investigaciones realizadas revelan que alrededor del 80% de las arterias tienen fugas inferiores a 1 m³ por Km. y hora, el 16% inferiores a 3 m³/Km.h y el resto superior a 3 m³/Km.h.

En este tipo de redes las fugas se pueden detectar de varias formas, ya sea mediante medidas de caudal, de presión o por inspección de la red.

Medida de caudal

Mediante la colocación de contadores fijos, por ejemplo, a la salida de la captación, en estaciones de bombeo y a la entrada del depósito. De esta forma,

simplemente por comparación de valores cada cierto tiempo, se pueden averiguar las posibles fugas.

También pueden medirse por tramos mediante caudalímetros portátiles de turbina, que tienen la ventaja de que no es necesario interrumpir el abastecimiento, o caudalímetros de inserción térmicos.

Otra posibilidad es la medida de caudal mediante contadores instalados en by-pass. Aislado una tubería por ambos lados y realizando un pequeño by-pass (de 25 mm. de ϕ) entre los extremos de la válvula situada aguas arriba y utilizando un pequeño contador, podremos registrar cambios de caudal que delatarán una posibilidad de fugas. Este método requiere cortes temporales en la red.

Medidas de presión

Este método puede ser aplicado únicamente en tuberías colocadas sobre terrenos inclinados. Se fundamenta en la pérdida de presión estática que producen las fugas. Dicha presión se detecta comparando los valores de las zonas altas de la conducción con las bajas, una vez que se ha aislado el tramo de estudio.

Inspección de la red

Otra forma de detectar las posibles fugas, consiste en el recorrido a pie de toda la conducción, observando las señales de agua, cambios en la vegetación, conexiones ilegales y otros detalles, siendo de poca aplicación en el campo abierto. Simultáneamente se pueden observar los pozos de saneamiento para averiguar posibles caudales anormales.

2.3.3.2. Detección de fugas en depósitos

Generalmente las fugas en los depósitos son pequeñas, por lo que, en principio, puede que no esté justificado desde el punto de vista económico el empleo de técnicas de monitorización utilizando displays y registradores para averiguar las pérdidas; pero desde el punto de vista higiénico-sanitario puede que sí sea más conveniente, ya que algunas fugas pueden retornar al depósito introduciendo contaminantes, especialmente en los depósitos semienterrados.

Es importante que cada Servicio realice algún tipo de inspección periódica a las instalaciones, tanto a las estructuras como a cada uno de los equipos que contiene, aprovechando los días de lavado y vaciado.

El método más eficaz para detectar las fugas consiste en aislar el depósito de su suministro y medir el cambio de nivel durante un periodo de tiempo determinado. Las pérdidas pueden ser expresadas en m^3/h o l/h . A mayor tiempo de aislamiento del depósito, mayores resultados obtendremos.

Los resultados de las investigaciones demuestran que la mayoría de los depósitos tienen niveles de fugas menores del 0.5 % de su capacidad por día y el resto por debajo del 4 %. Como es natural depósitos antiguos presentan mayor cantidad de fugas que los de construcción más reciente. Por ello, es recomendable realizar chequeos de los depósitos cada 5 años.

Entre los equipos que se utilizan están :

Aforador visible, consistente en un pequeño tubo con una escala graduada colocada en el exterior del depósito.

Sensores de nivel, dispositivos que tienen gran precisión, alta sensibilidad a pequeños cambios de nivel y facilidad de instalación. La principal desventaja es que tampoco permite un registro de los niveles.

Equipos de flotación y registro, consistentes en flotadores que mediante un sistema de poleas transmiten una señal proporcional de nivel hacia un registrador.

Transductores de presión. Estos transductores se sumergen en los depósitos y miden la profundidad respecto de la superficie del agua. Estos equipos pueden disponer de display digital y unidades de registro.

2.3.3.3. Detección de fugas en redes de distribución

Si el nivel de pérdidas es elevado después de las primeras estimaciones, concentraremos nuestras investigaciones en las fugas existentes en las redes de distribución, ya que son estas redes las que concentran más del 80 % del total de fugas.

Distinguiremos entre los métodos tradicionales y los métodos avanzados.

2.3.3.3.1. Métodos tradicionales

Pasivo, consistente en la localización de aquellas fugas que son autoevidentes, como salideros en la superficie, vegetaciones, humedades, etc., por parte del personal de la empresa en el ejercicio normal de su trabajo diario, sin realizar expresamente un recorrido por la red con la finalidad de detectarlas. Otras fuentes importantes de información son los propios consumidores, policía local, constructoras, etc.

Escucha programada de la red. Con este sistema, las fugas son localizadas por equipos de inspectores que recorren la red. Utilizan sistemas de escucha, válvulas, llaves de corte, hidrantes y todos aquellos elementos que consideren importantes.

Una alternativa al proceso consiste en realizar previamente una sectorización de la red, midiendo caudales nocturnos en cada una de ellas para averiguar qué zonas son las que tienen mayor porcentaje de fugas y, seguidamente, realizar una localización en aquellas que sean problemáticas. Los resultados de localización son superiores al caso anterior, aunque hay que afrontar unos gastos superiores.

La escucha programada puede ser efectiva en poblaciones donde el ahorro del agua es ligeramente bajo y el terreno es propicio para la localización de las fugas.

2.3.3.3.2. Método avanzado

Las fases del sistema avanzado son:

- Balance Volumétrico de la red.
- Sectorización de la red.
- Verificación de las válvulas.
- Estudio de los puntos de control.
- Medida de caudales mínimos nocturnos.
- Evaluación de resultados.
- Si es necesario, implementación del sistema de localización más adecuado.
- Reparación de las fugas localizadas.
- Análisis de los resultados obtenidos.
- Implantación de un sistema de control en continuo.

Balance volumétrico de la red.

La primera fase del proceso consiste en estimar las pérdidas existentes en la red previamente. Para ello instalaremos, si fuese necesario, un caudalímetro a la salida de cada uno de los depósitos que abastecen a la población.

Comparando los datos obtenidos de dichos contadores con los valores de los consumos de los abonados, realizaremos el balance volumétrico, obteniendo así las pérdidas.

Previamente emprenderemos los métodos generales de disminución de pérdidas anteriormente señalados, como la colocación de contadores en edificios públicos, en conexiones a bocas de riego, regularización de clandestinos, etc.

Una vez obtenidos todos los datos, los analizaremos y sacaremos las primeras conclusiones en cuanto a las actuaciones a realizar.

Si el porcentaje global de pérdidas es superior a un 15 %, una vez sectorizada de la red, lo que se ejecutará independientemente del resultado obtenido, mediremos caudales nocturnos por sectores. Una vez localizados los sectores problemáticos llevaremos a cabo unas actuaciones de localización exhaustiva, ya sea por inspección y escucha de la red o por la delimitación de tramos, y de reparación de las fugas para reducir dicho porcentaje, lo que se comprobará volviendo a realizar las mediciones.

Si el resultado de las fugas obtenido es similar a un 15 %, consideramos que dicho porcentaje es asumible, nos limitaremos a realizar un sistema de vigilancia.

Dicho sistema consiste en la realización de mediciones de caudales nocturnos generales de la población uno de ellos. Si las medidas nocturnas superan el consumo previsto para los abonados, procederemos de nuevo al control de consumos nocturnos por sectores.

Siempre que actuemos sobre la red para la disminución del nivel de fugas y después de las reparaciones, volveremos a medir caudales en el sector para averiguar la disminución de pérdidas obtenida.

Sectorización.

La sectorización consiste en la división de las redes de distribución en varias zonas que llamamos "sectores". Los sectores se aíslan cerrando un número de válvulas determinado y sirven para efectuar en ellos mediciones de caudal. Dichos sectores se diseñan de modo que haya una uniformidad en el número de suministros, en extensión etc., aunque en realidad son los factores locales son los que nos van a determinar ésta división de la red.

Es necesario conocer los grandes consumidores, como fábricas, pabellones de deportes, etc..., además de los grupos de presión de las barriadas y depósitos, para poder tenerlos en cuenta en las estimaciones de fugas y en el trabajo nocturno de medición.

A la hora de sectorizar hay que delimitar muy bien las zonas para averiguar, por medio de los padrones municipales, el número de abonados existentes en cada sector, ya que, posteriormente, las fugas se relacionarán con el número de abonados. Por el mismo motivo es importante averiguar el número de Km. de redes que comprende el sector.

Para diseñar un sector aplicando los criterios de uniformidad, se representará un ramal o un anillo que pueda ser aislado del resto de la red mediante el corte de un número no elevado de válvulas, 5 ó 6 aproximadamente. El número de abonados que puede incluir deberá rondar entre los 1.000 y 4.000, si son sectores válidos para medir únicamente por la noche, o entre 2.000 y 5.000 si son válidos para poder medir durante 24 horas.

El proceso de sectorización comprende:

- Preparación de los planos borrador.
- Anotación de las válvulas que lo aíslan.
- Estudio de ubicación del medidor de caudal.

- Trabajo de campo para averiguar la funcionalidad de las válvulas.

Verificación de las válvulas.

El primer paso, una vez que tengamos diseñado el sector y anotadas las válvulas que lo aíslan, es comprobar el estado de las mismas, ya que dependiendo de ello, se continuará con la línea de actuaciones establecida o se modificarán los límites del sector, en caso de que el número de válvulas en mal estado sea elevado y no interese repararlas.

Las etapas son las siguientes:

- Inspección y escucha del elemento, antes y después de su maniobra.
- Maniobra de apertura o cierre y anotación del estado inicial.
- Si es posible, comprobación del corte de cada válvula mediante la utilización de bocas de riego o domicilios particulares.

Elección de los puntos de control.

La sectorización se emplea para obtener medidas de caudales nocturnos en distintas zonas de la red de distribución. Para ello, dejaremos abierta una de las válvulas que lo aíslan propiciando la entrada de caudal al sector por una única vía, y colocaremos en dicha conducción el medidor de caudal de forma fija, o en by-pass (cerrando la válvula intermedia).

Para la elección de los puntos de control tendremos en cuenta el estado de la válvula de cierre del by-pass, la posibilidad de que dicho contador sirva para varios sectores etc.

Los caudalímetros utilizados deben tener salida de impulsos para poder registrar los datos en un "logger" y el calibre del contador debe ser tal que pueda medir con exactitud los caudales mínimos nocturnos en dicho sector.

La precisión del contador es muy importante para las medidas nocturnas, ya que se trabaja con valores que pueden ser cercanos a los caudales mínimos calibrados en el contador (éstos tienen bajas precisiones, $\pm 5\%$). También tendremos en cuenta la posibilidad de aislar ese sector durante 24 horas y aprovechar el calibre del contador.

Los sectores que puedan ser aislados durante 24 horas, y abastecidos por una o varias entradas son otra alternativa al método anterior. Colocando los caudalímetros oportunos podremos obtener, mediante registradores, valores de caudal a lo largo del día, contabilizando también los valores nocturnos y obteniendo así una buena información con menos esfuerzos.

Realmente, lo idóneo consiste en poder realizar medidas diarias en los sectores mediante registradores y, de esta forma, actuar en aquellos sectores que delaten unos consumos elevados. Los mayores resultados obtenidos en la reducción de las fugas se lograrían mediante la combinación de medidas diarias y puntuales nocturnas en aquellos sectores que se presenten como más problemáticos.

Medición de caudales mínimos nocturnos.

Una vez realizada la sectorización se procederá a la medición de los caudales mínimos nocturnos en cada uno de los sectores.

El método que emplearemos de medición nocturna de los caudales de los sectores es consecuencia de las propias redes de distribución, pues,

generalmente, no nos permiten diseñar dichos sectores para que puedan ser aislados durante todo el día y abastecidos por una única vía, sin causar anomalías tanto en el suministro de los usuarios como en las propias redes.

Los caudalímetros se instalarán mediante un by-pass, utilizando una válvula preseleccionada de las limítrofes que aíslan el sector, como válvula intermedia de cierre. El by-pass está formado por el contador, tuberías, válvulas de esfera y los correspondientes accesorios para conectar todos los elementos citados a la conducción que sirva de único abastecimiento al sector.

Pueden ser colocados de una forma fija, mediante una arqueta cercana al pozo que contiene la válvula intermedia, o de forma móvil, utilizando un by-pass instalado en un vehículo y con conducciones flexibles, capaz de conectarlos en ciertos puntos preparados de la red mediante roscas tipo Barcelona que afloran a la superficie.

Se registran los datos y los valores mínimos contabilizados durante las horas de consumo mínimo serán los que utilicemos para estimar las fugas que hay en el sector.

Para realizar la medida del sector y poder cuantificar las fugas es necesario conocer el número de abonados del sector, el número de viviendas y la longitud del mismo, así como los grandes consumidores nocturnos, depósitos, grupos de presión y edificios que carezcan de contador.

La medición requiere los siguientes pasos:

- Instalación del equipo de control en by-pass.
- Medida de presión en un punto preparado del sector si es posible.
- Cierre escalonado de las válvulas y escucha de los mismos.
- Revisión de la presión para comprobar la estanqueidad del sector.
- Análisis de los datos obtenidos.

- Restablecimiento del abastecimiento.

Evaluación de los resultados y acciones correctoras.

La medición de caudales mínimos nocturnos resulta siempre válida para comparar la evolución de las fugas en distintas fechas, en un mismo sector siempre que las condiciones de presión en la red no hayan sufrido modificaciones.

Al ser la medida de caudales mínimos nocturnos representativa de la media horaria, comprobaremos si dichas medidas, referidas al consumo por hora, son superiores o inferiores al suministro medio horario que sería necesario para conseguir unas fugas no superiores al 15 %, tal y como es nuestro propósito.

El suministro medio es determinado con los datos de los consumos de los abonados de cada sector, utilizando, para ello, los padrones municipales.

Para obtener una buena precisión es necesario contar con el volumen diario consumido por abonado y tener en cuenta el periodo de facturación. Si hubiera la posibilidad de sectorizar durante 24 horas y realizar mediciones, tendríamos ya la ventaja de unos datos más fiables y medidos en el mismo periodo de los análisis.

Una vez que tengamos los resultados si el nivel de fugas en el sector es superior al 15 % emprenderemos un sistema de localización precisa.

Localización de fugas.

Hay dos métodos:

- A) Recorrido de la totalidad de las redes del sector

Consiste en revisar uno por uno todos los elementos singulares de las redes y aplicar sistemas de escucha y correlación.

B) Step- testing.

Consiste en cerrar válvulas en el interior de los sectores para reducir sucesivamente el tamaño de los mismos, con la finalidad de delimitar lo más posible los tramos de redes que presumiblemente contengan fugas y cuantificarlas.

La reducción de caudal que causa el cierre de ciertas válvulas nos indicará el índice de fugas en los tramos en que son divididos los sectores. Una vez que hemos delimitado pequeños tramos problemáticos se localizarán exhaustivamente las fugas.

Este método no siempre es aplicable, ya que es importantísimo que las válvulas cierren correctamente. En otros casos, si los sectores son pequeños, puede que resulte rentable realizar un seguimiento e inspección de la red.

Como conclusión podemos decir que cada caso será analizado específicamente, siendo los factores locales y los económicos los que más nos van a influir a la hora de decantarnos por un procedimiento u otro.

Reparación de las fugas

Conforme se vayan localizando las fugas se clasificarán por su importancia y irán reparando aquellas que sean más urgentes.

Análisis de los resultados obtenidos.

Una vez que las fugas importantes de los sectores sean reparadas se volverán a realizar medidas para averiguar el grado de reducción conseguido.

Implantación de un sistema de control en continuo.

Una vez que las fugas en los sectores se han reducido a un porcentaje asumible, se incluirán los sectores en un programa de control continuado a modo de "vigilancia", realizando medidas nocturnas cada cierto tiempo y actuando en aquellos que presenten anomalías.

Este sistema de vigilancia continua puede alcanzar, aparte de las medidas en sectores a la medida en continuo de caudal nocturno para la totalidad de la población.

2.3.3.4. Elección del sistema de detección

La elección de un método apropiado de control de fugas en un sistema de distribución debe tener en cuenta factores técnicos y económicos, entre los que destacamos el porcentaje de fugas existente en el sistema, los beneficios obtenidos con su reducción y los costes propios de cada sistema.

La elección del método es una decisión que debe ser tomada con el tiempo preciso y con todos los datos necesarios, ya que cambiar el método cada pocos años no es conveniente tanto por las inversiones realizadas como por el entrenamiento del personal.

A continuación presentamos una lista de métodos de detección y localización en orden creciente de efectividad.

- Detección

- Control pasivo.
- Escucha regular de la red.
- Sectorización y medida diaria.
- Sectorización y medida nocturna.
- Sistemas de sectorización mixtos.
- Localización
 - Escucha de válvulas, hidrantes, etc.
 - Escucha de todos los elementos incluyendo las acometidas hasta la llave de corte.
 - Step-test junto sistemas de correlación y escucha.

En base a lo expuesto en los párrafos anteriores, consideramos y recomendamos el siguiente proceso general para elegir adecuadamente el sistema de detección, teniendo en cuenta los beneficios que obtendremos y el coste de dicho control.

- Dicho proceso consistirá en los pasos siguientes:
 - Medidas iniciales de la magnitud de fugas del sistema.
 - Determinación de la unidad de coste de fugas.
 - Estimación de los costos y ahorros potenciales de una disminución controlada de la presión.
 - Cálculo de los costos de fugas apropiados a cada método de control, y los costos de explotación de cada método de control.
 - Comparación de los costos de explotación para cada método y elección del más económico.
 - Consideración de factores locales, beneficios y obras.
 - Decisión de aplicar el método requerido.
 - Determinación de los recursos necesarios .

- Otras acciones necesarias.
- Monitorización a intervalos regulares.

NOTA: Dado que cada método de control de fugas logrará unos índices de reducción diferentes, es conveniente expresar esos costes de reducción como una relación por unidad de volumen ahorrado, por ejemplo pesetas por m³.

2.4. CONTROL DE FUGAS

2.4.1. Sistema de detección adoptado

Teniendo en cuenta los datos que es posible obtener sin estar en contacto real con el sistema de abastecimiento, consideramos que el sistema de detección más apropiado será de tipo avanzado e incluirá los siguientes pasos:

- Establecimiento de las medidas generales de disminución de pérdidas.
- Realización del balance volumétrico.
- Sectorización de la red.
- Medida de caudales nocturnos.
- Localización de fugas en sectores conflictivos.
- Reparación de fugas localizadas.
- Análisis de resultados.
- Establecimiento de un sistema de vigilancia en continuo.

2.4.2. Estimación de pérdidas y objetivos

En una primera estimación realizada a partir de datos proporcionados por el Excmo. Ayuntamiento de Talavera de la Reina, las pérdidas producidas en el sistema de abastecimiento pueden situarse en un 51 % de los volúmenes que

entran en la E.T.A.P., valor que contrastado con los resultados de otras poblaciones de carácter similar, en torno al 15-20 %, revela un altísimo nivel de pérdidas en la red.

Previsiblemente, las redes en alta contribuyen de forma poco significativa a este nivel de fugas, aunque es difícilmente cuantificable. La cuantificación de las pérdidas y rendimientos ha sido realizada a partir de volúmenes registrados en los contadores domiciliarios y de salida de la E.T.A.P., estimándose un consumo municipal del 2 %.

2.4.3. Objetivos de reducción

Diagnosticar qué nivel de rendimiento del sistemas de abastecimiento es el óptimo es difícil, ya que cada uno tiene una problemática concreta, pero de forma general unas pérdidas del 20 % en la red de distribución en baja, pueden considerarse aceptables. Los objetivos de reducción propuestos y su escalonamiento por años se detalla a continuación, así como al principio del documento.

Año	1º año	2º año	3º año	4º año y sgtes
Rendimiento	48.68 %	60 %	70 %	80 %

Adicionalmente, nos proponemos aumentar el rendimiento de la E.T.A.P. al 95 % a partir del 2º año, desde el valor actual del 91,60 %.

Para alcanzar y mantener como máximo este nivel de pérdidas en el sistema, proponemos un plan de detección que conllevará las actuaciones que se contienen en los siguientes apartados.

2.4.4. Plan de actuación

2.4.4.1. *Balance volumétrico*

Para realizar correctamente el balance volumétrico del sistema necesitaremos registrar tanto los volúmenes de agua aportados como los volúmenes consumidos en el mismo.

Para ello tomaremos las siguientes medidas de carácter general.

Red de abastecimiento.

Mantendremos una sistemática de lecturas en el contador de entrada a la E.T.A.P. que sirva para comparar los caudales facturados por la C.H.G., la cual realiza periódicamente lecturas en el contador situado a cabecera de la red. En función del balance realizado de esta forma se determinarán las medidas a realizar.

E.T.A.P.

El balance volumétrico se realizará durante un periodo de tiempo prolongado, de forma que quede absorbido el tiempo de retención del agua tanto en la E.T.A.P. como en los depósitos de regulación, mediante la lectura de los contadores situados a entrada y salida de este conjunto.

Particularmente, de forma periódica se aislarán los depósitos mediante las llaves de maniobra para comprobar el descenso de nivel que se produce durante un determinado periodo de tiempo, lo cual nos dará una estimación del nivel de pérdidas en cada uno de ellos.

El contador de salida de los depósitos existente será sustituido por uno nuevo, dotado con emisor de impulsos, lo cual permitirá el control del consumo en continuo y su registro y análisis por ordenador.

Red de distribución

El caudal aportado a la red será el que indique de forma continua el contador de salida de los depósitos de regulación, lo que tiene gran importancia dada la relación existente entre consumos nocturnos y nivel de fugas en las redes.

Por otro lado, para poder registrar el máximo de los consumos tomaremos varias medidas:

Instalación de contadores en instalaciones y dependencias de carácter municipal y utilización de dispositivos portátiles para la lectura de consumos en bocas de riego y otros puntos de consumo discontinuo.

Control del parque de contadores domiciliarios de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento del Suministro Domiciliario.

Realización de campañas de búsqueda de conexiones clandestinas en las redes.

Independientemente del balance volumétrico general, realizaremos balances parciales mediante la sectorización de las redes.

2.4.4.2. Detección y reducción de fugas en la red de abastecimiento

Una vez que se realice periódicamente el balance volumétrico en la red en alta y éste indique un nivel de fugas superior al aceptable procederemos a la inspección visual de la red en todo su recorrido.

Mediante la inspección visual la existencia de fugas en la conducción puede venir indicada por un exceso de vegetación en puntos concretos de la misma.

Si la reparación de las fugas encontradas por este sistema no hace descender el nivel de fugas en la red hasta un nivel aceptable procederemos a aplicar técnicas de escucha mediante geófono y a la inspección de todos los elementos de maniobra y protección instalados en la conducción.

Asimismo, un buen mantenimiento preventivo de los elementos singulares de la red, redundará a corto plazo en un riesgo menor de que aparezcan fugas.

2.4.4.3. Reducción de fugas en la E.T.A.P. y depósitos

La actuación prevista para realizar el balance volumétrico en la E.T.A.P. y depósitos de regulación nos indicará el nivel de pérdidas existentes y, en función de éste, las medidas correctoras que se han de tomar.

Asimismo, la realización sistemática de tareas de conservación en la E.T.A.P. y depósitos mantendrá las fugas en un nivel aceptable.

2.4.4.4. Reducción de fugas en la red de distribución

Las redes de distribución, en este y otros sistemas de abastecimiento son las que introducen un mayor volumen de pérdidas y particularmente de fugas, por lo que reclaman el máximo esfuerzo a realizar.

Tradicionalmente las empresas suministradoras han desarrollado métodos de detección pobres en planteamientos, como son los sistemas pasivos o, en el mejor de los casos, inspecciones regularizadas de la red, los cuales obtienen resultados muy bajos en cuanto a la reducción de las fugas. Los motivos de su

empleo pueden ser la falta de medios económicos, falta de personal cualificado, equipos etc.

Debido a la importancia que desde siempre ha tenido para nosotros la distribución del agua y la necesidad de eliminar las fugas, proponemos un sistema avanzado en donde el nivel de reducción es superior.

A pesar de que los costes de inversión que requieren son elevados respecto a otros sistemas, consideramos necesaria su aplicación para llevar un buen servicio, contribuyendo al ahorro tan necesario del agua.

Señalaremos que cualquier método de detección requiere, en su último paso, la localización precisa de la fuga. La gran diferencia entre los métodos está en la disminución de los esfuerzos para su localización, consiguiendo los más avanzados una delimitación superior de los tramos defectuosos, redes problemáticas a inspeccionar y, consecuentemente, una fácil localización y un ahorro del tiempo a emplear.

A continuación detallamos las actuaciones que componen el proceso de detección de fugas adoptado, desglosado en varios epígrafes, dado lo prolijo del mismo.

Registro de consumos no controlados

Como ya se ha mencionado, el primer paso a dar consiste en realizar una serie de actuaciones de carácter general, tendentes a conocer con la mayor exactitud los consumos incontrolados y reducirlos al máximo cuando esto sea posible.

Consumos en dependencias públicas

Basándonos en lo enunciado en apartados anteriores, instalaremos contadores en todos los edificios e instalaciones municipales o dependientes de éste que

carezcan de él, procediendo a la lectura regular de los mismos, pese a que el consumo no sea facturable.

La instalación completa constará de:

- Contador divisionario tipo AURUS o similar, mod. UM de chorro único (D.N. 15 a 20 mm) o MM de chorro múltiple (D.N. 25 y 30 mm).
- Obra de alojamiento, practicada sobre la fachada o en su defecto en otro lugar de fácil acceso.
- Armario de alojamiento, de poliéster reforzado con fibra de vidrio, moldeado en caliente y con medidas de 25 x 35 cm.
- Llave de paso para entrada de contador, con función antirretorno.
- Llave de paso para salida de contador, con función antirretorno.

Fuentes públicas

Haremos distinción entre las fuentes de agua potable para uso público y las fuentes decorativas.

En las primeras se colocará un dispositivo de apertura y cierre para evitar que el agua fluya constantemente causando las consecuentes pérdidas cuando no se utilice. El dispositivo puede ser una sencilla llave de paso o, si las condiciones técnicas lo permiten, un fluxor.

Respecto a las fuentes decorativas se estudiará la posibilidad de instalar un circuito cerrado para propiciar una recirculación.

Riego de parques y jardines. Extinción de incendios

Es importante controlar también los consumos derivados del riego en general, pues pueden llegar a ser, dependiendo de las poblaciones, unos volúmenes considerables.

Por ello, dotaremos a los servicios municipales del Ayuntamiento de dispositivos de medida portátiles que deberán acoplarse a la boca de riego para enchufar la manguera, cada vez que el operario municipal la utilice, formados por:

- Codo rígido con racores de conexión rápida, manguera-boca de riego.
- Contador divisionario tipo AURUS o similar, mod. UM de chorro único (D.N. 15 a 20 mm) o MM de chorro múltiple (D.N. 25 y 30 mm).

Donde los consumos sean elevados debido a la existencia de zonas con arboledas y arriates, se estudiará la posibilidad de instalar contadores de forma fija siempre que las bocas de riego estén bien localizadas.

Respecto al riego por cisternas, colaboraremos con el Ayuntamiento para contabilizar -conocer los volúmenes consumidos a efectos de balance volumétrico.

Respecto al uso para la extinción de incendios, se tendrán en buen estado los hidrantes existentes, colaborando con el Parque de Bomberos en todo lo necesario y propiciando, de mutuo acuerdo, un sistema para contabilizar el agua que puedan utilizar, ya sea mediante un contador en las cisternas cuando vayan a almacenar el agua o mediante dispositivos de medida conectados a los hidrantes, con el objetivo de contabilizarlos.

Deficiencia en los aparatos de medida

Como se ha comentado, los contadores domiciliarios tienen errores intrínsecos de medida. El error máximo tolerado en la zona inferior, comprendida entre el caudal mínimo (Q_{\min}) y el caudal de transición (Q_t), será de $\pm 5\%$. Por otro

lado, el error máximo tolerado en la zona superior comprendida entre el caudal de transición y el caudal máximo ($Q_{\text{máx}}$) será de $\pm 2 \%$.

Estos porcentajes de error aumentan con la edad media del parque de contadores, por lo que es absolutamente necesario llevar un control exhaustivo del mismo, de acuerdo con el reglamento.

De acuerdo con esto, proponemos la **sustitución** de los contadores de pequeño calibre por otro nuevo o verificado, pudiendo realizarse esta verificación en caso de reclamación del abonado, cambio de titularidad y averías.

Por otro lado, para minimizar los errores introducidos durante la lectura de los consumos, además de las actuaciones referidas al control del parque de contadores, contaremos con el software de gestión de abonados adecuado, tal y como se describe en el capítulo 4, "Medios Materiales" del presente estudio.

En una primera fase, el programa instalado en los ordenadores de la oficina del Servicio, utilizando una base de datos de los abonados, trazará el recorrido la ruta de lectura en un pequeño microordenador que llevará consigo el lector durante la toma de medidas.

En una segunda fase se procederá a la toma de lecturas con el microordenador en el orden predefinido. Destacamos que el equipo dispone de un dispositivo que envía un mensaje al lector si el valor anotado es anómalo, haciendo que el lector extreme sus cuidados en la lectura y su correspondiente anotación en el microordenador.

En una tercera fase, toda la información recogida es transmitida al ordenador principal, que mediante tabulaciones nos permitirá estudiar el comportamiento de los consumos.

Acometidas clandestinas

Realizaremos campañas de detección de acometidas clandestinas y otro tipo de fraudes al servicio.

A título informativo, los fraudes más comunes son:

- Inexistencia del contrato en el suministro del agua.
- Manipulación del registro del contador.
- Realización de derivaciones de caudal anteriores al contador.
- Utilización del agua para usos distintos a los contratados.

De todos ellos, el caso más corriente es el de la derivación de la tubería de alimentación antes del contador, de forma que sólo una parte del consumo es contabilizado, no delatándose de una forma rápida la anomalía. El Reglamento Domiciliario del agua permite en estos casos el corte inmediato del suministro, realizando la correspondiente notificación a la Delegación Provincial en materia de Industria.

Sin embargo, son las acometidas clandestinas las que, por su propia naturaleza, son más difíciles de localizar.

Para reducir al máximo las conexiones clandestinas operaremos como se describe en el capítulo 5 "Organización del Servicio".

Sectorización de la red de distribución

Realizaremos la sectorización de la red de distribución en los términos descritos en apartados anteriores, instalando by-pass fijos.

Estos sectores estarán delimitados por la válvula escogida como punto de control, alrededor de la cual se instalará el by-pass, de forma que colocando un contador con un rango de medición adecuado para realizar mediciones de consumo nocturno con la máxima precisión.

Con los datos proporcionados por el Ayuntamiento resulta imposible definir con exactitud los puntos de control definitivos, lo cual se hará una vez iniciada la gestión del servicio.

El contador a instalar en el by-pass estará dotado de un emisor de impulsos tipo Reed mod MEN 4.071 o similar, el cual enviará la señal a un "data logger" o registrador tipo UNIMOS 900 o similar, programable para análisis de caudales.

A su vez, los datos registrados serán volcados mediante un simple cable de conexión al ordenador en el que se instale la aplicación de software adecuada para su análisis posterior.

La medición de caudales nocturnos se realizará tal como se ha descrito, incluyendo las operaciones previas de obtención de la cartografía, verificación de válvulas, cálculo de abonados afectados, listado de grandes consumidores nocturnos, etc.

Análisis de resultados

Una vez realizadas las mediciones y analizados los datos, se decidirá si el nivel de consumo nocturno, medido en $\text{m}^3/\text{km.hab}$, indica la posible existencia de fugas en el sector. En caso de existencia de fugas se procederá a su localización y reparación.

Localización de fugas

La localización de fugas en cada sector se realizará en principio mediante la técnica del "step testing", si bien, dependiendo del tamaño del sector a considerar podrá realizarse un recorrido total del sector, el cual podrá aprovecharse para la toma de datos de los elementos instalados en las redes, localización de conexiones clandestinas, etc.

Para ello usaremos el equipamiento definido en el capítulo 4 "Medios materiales".

En cualquier caso, las distintas técnicas de localización se fundamentan en el ruido que produce la fuga. No existen métodos infalibles, aunque sí unas técnicas más sofisticados que otras y que permiten una mayor precisión en la localización.

Independientemente del equipamiento usado, la experiencia del personal es un factor importante a la hora de afinar y delimitar el punto de fuga.

Nuestro método actuación consistirá en la escucha directa recorriendo el tramo de red donde se detectó la fuga, es decir: escuchar los elementos principales y anotar las posibles anomalías en ruidos.

Posteriormente se realizará una segunda escucha a esos elementos anotados y nos cercioraremos de la continuidad del sonido. En aquellos en que aún subsista el sonido se procederá a la escucha de los elementos cercanos y si el problema está en una llave de corte, se realizará el cierre oportuno para comprobarlo.

En caso de que el ruido persista y en los elementos singulares cercanos no sea así, se investigará en el tubo de alimentación. Por último, para la localización exacta se emplearán técnicas superficiales o de escucha indirecta.

La escucha sobre la superficie del terreno, se suele emplear en aquellos casos que exista una amplia superficie sobre el terreno.

En último caso, siempre que los equipos estén disponibles, se usarán sistemas de correlación. Estas técnicas no se basan en la búsqueda del sonido que tenga una mayor intensidad sino en la determinación de sonidos en los que se encuentran las fugas y en la distinción entre los mismos. Tienen la ventaja de estar prácticamente inafectados por los ruidos parásitos y de poderse aplicar durante el día.

Su utilización depende de la existencia de puntos accesibles, válvulas, hidrantes, de un buen conocimiento de la red y de la preparación precisa de los operarios, aunque esta técnica con buen aprendizaje elimina los factores subjetivos de los operarios.

Reparación de fugas

Una vez localizadas las fugas se procederá a su reparación en orden de prioridad.

Dado que la reparación conllevará en la mayoría de los casos trabajos de ejecución de zanjas y calicatas, a continuación exponemos algunas de las consideraciones a tener en cuenta al respecto:

- Cumplimiento de los requisitos legales de calidad.
- Hacer uso de los vínculos establecidos con otros servicios públicos si fuera necesario.
- Información a la policía de tráfico para efectuar el ordenamiento del tránsito y coordinar el momento más adecuado para desarrollar los trabajos.

- Señalización de los trabajos realizados en la vía para seguridad de los peatones y empleados del servicio.
- Adopción de prácticas seguras de excavación.
- Entibación de las zanjas profundas y/o inseguras utilizando los materiales adecuados según las condiciones del suelo, profundidad de la excavación, etc.
- En los casos necesarios, realizar el achique de las zanjas.
- Reparación del tramo defectuoso con materiales adecuados y previamente lavados con solución clorada.
- Efectuar el relleno de la zanja de forma lenta y verificar que la reparación no tenga pérdidas, en caso contrario repararlas.
- Relleno de la superficie de la zanja con material adecuado y efectuar la debida compactación.
- Reposición del pavimento.
- Retirada del material excedente, equipo y señales utilizados.

Todos los procesos gozarán de plena garantía, ya que empleamos procedimientos de control de calidad para la supervisión de los mismos.

Por otro lado, la reparación de las conducciones se llevarán a cabo siguiendo las siguientes indicaciones:

La rotura en una tubería de fibrocemento la repararemos cortando el tramo de la tubería afectada y colocando un trozo de tubo del mismo diámetro y timbraje con dos uniones giboult o colocando manguitos de tres sectores.

La rotura en la tubería de hierro fundido la repararemos normalmente mediante la colocación de un manguito o cuerpo de tres sectores.

El salidero en las acometidas de plomo lo repararemos mediante la sustitución del trozo deteriorado mediante soldadura o mediante la soldadura del poro originario de la fuga.

La corrección del salidero en las tuberías de polietileno se efectuará sustituyendo el tramo deteriorado y colocando dos enlaces rectos. Si el salidero está en un enlace se procederá a la sustitución del mismo.

También pueden darse averías en elementos singulares, para lo cual tendremos en cuenta lo siguiente:

- Averías en **válvulas**: Según la pieza averiada, se sustituirá por otra igual si es posible o se sustituirá la válvula completa.
- En las **llaves de registro**, el problema suele estar en el prensa o en el medio cuerpo alto, los cuales se pueden arreglar fácilmente sin necesidad de sustituir la llave.
- Averías en **bocas de riego, hidrantes**: El problema puede surgir en cualquiera de los elementos, pero el desgaste del husillo y el salidero por la zapatilla suelen ser los más corrientes. El arreglo consistirá en la sustitución de la pieza deteriorada.

Vigilancia del nivel de fugas en continuo

Como ya se ha comentado, una vez realizada la campaña de detección, localización y reparación de fugas hasta conseguir reducirlas a un nivel aceptable, llevaremos un control de las mismas en continuo.

Este sistema se llevará a cabo mediante la medida de consumo nocturno en la población mediante el contador de salida de los depósitos, el cual será equipado con un emisor de pulsos y conectado a un ordenador, de forma que cuando el consumo nocturno supere el nivel previamente definido y se desechen otras causas, se atribuirá a la existencia de fugas.

En este caso volverá a repetirse el proceso de medidas de consumo nocturno en los by-pass para localizar los sectores problemáticos y proceder a su localización.