

Metas para las Pérdidas Reales en un DMC utilizando los conceptos BABE (Breaks and Background Estimates)

Nombre del autor 1

Gabriel Apolo (*)

Ing. Civil Estructural

Gerente de Reducción de Agua No Contabilizada y Eficiencia Energética
Obras Sanitarias del Estado (OSE)

Nombre del autor 2



TEMA: 2 Agua potable: abastecimiento, gestión, tratamiento y distribución.

CUENCA:

ODS: 6 Agua Limpia y Saneamiento, 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles, 12 Producción y consumo responsable

Dirección del autor principal (*): Calle: Camino Castro 241, Montevideo – Código Postal: 11900 – País: Uruguay, Tel.: (598) 99563474 – e-mail: gapolo@ose.com.uy

RESUMEN

Uno de los más grandes desafíos que enfrentan las empresas prestadoras del servicio de agua es el de gestionar en forma eficiente su infraestructura y en particular reducir, controlar y prevenir las pérdidas de agua. En tal sentido, monitorear los caudales de ingreso en un área discreta del sistema de distribución, denominada Distrito de Medición y Control (DMC), es una de las herramientas más difundidas y de mayor aplicación en el mundo. A los efectos de establecer objetivos de reducción de pérdidas reales en un DMC, en el marco de una gestión basada en resultados, es necesario contar con un parámetro que resulte fácil de obtener, de realizar su seguimiento y que no tenga un desfase temporal importante entre el momento que quiero evaluar y el momento en que finalmente se dispone de los resultados de la medición, como sucede con algunos indicadores. Para ello el seguimiento del Caudal Mínimo Nocturno (CMN) resulta ser el parámetro más indicado. Tanto sea para realizar tareas con personal propio de la empresa como para contratar servicios a un tercero, es necesario determinar la línea base y la meta a alcanzar para cada DMC. Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación práctica basada en los conceptos propuestos por la Water Loss Task Force organizada por la International Water Association (IWA), para la determinación de valores meta a alcanzar en un DMC.

Palabras Clave: distritos, caudal mínimo nocturno, fugas, pérdidas reales, meta

INTRODUCCION

Se considerará como parámetro para determinar la meta de reducción de pérdidas reales a alcanzar en un Distrito de Medición y Control (DMC) el Caudal Mínimo Nocturno (CMN).

En el caso de OSE (Obras Sanitarias del Estado) en los primeros años en que se comenzó a utilizar este parámetro como valor meta, se emplearon para su determinación valores aproximados que se basaban en el valor medio de la pérdida en la localidad, algunas experiencias empíricas en DMC y un valor de ILI de referencia, pero sin tener en cuenta la posible variación de la presión media a la hora del caudal mínimo nocturno.

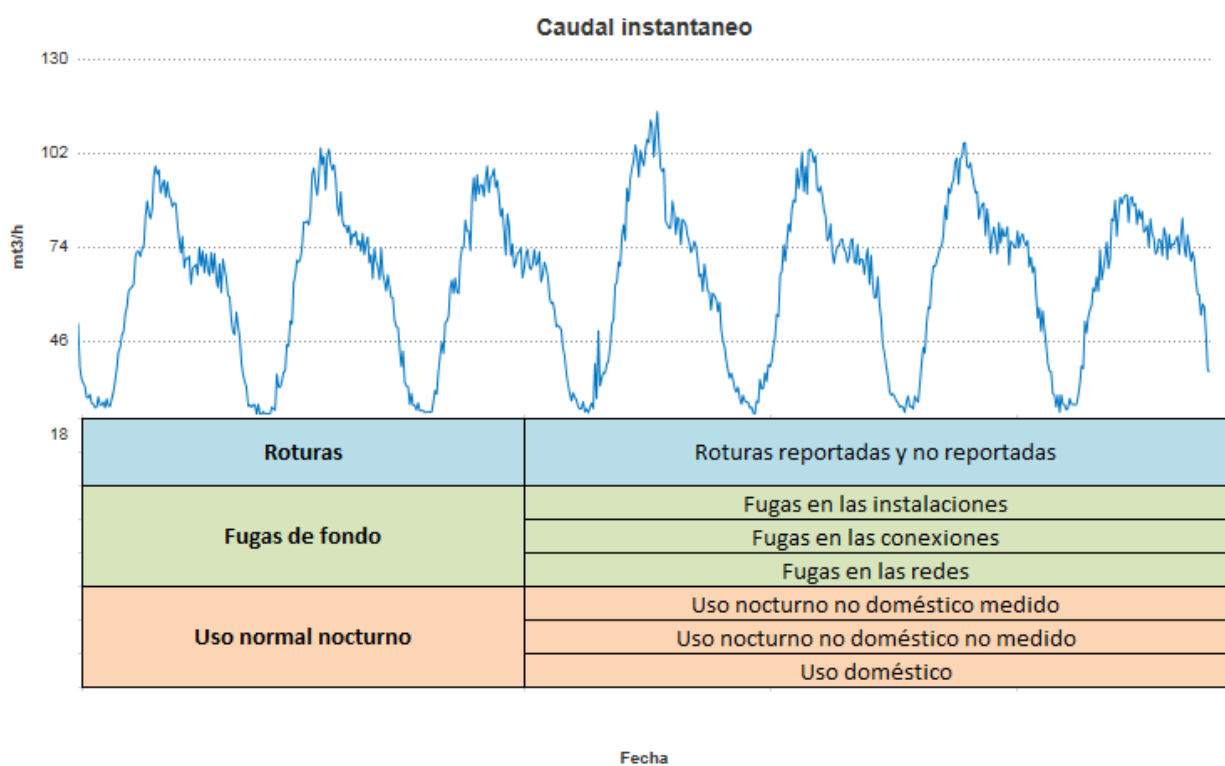
Este último aspecto comenzó a generar un punto de conflicto en cuanto a si se debía alcanzar el valor meta en forma previa a optimizar la gestión de presiones mediante la doble consigna, o si dicho valor meta ya consideraba esta acción.

Datos iniciales

A los efectos de poder definir la meta de Caudal Mínimo Nocturno a alcanzar en un DMC deberemos contar con un conjunto de datos de base, la cantidad de km de red que componen el sector y que materiales la componen, la cantidad de conexiones, la cantidad de habitantes y la posible existencia de grandes consumidores.

Componentes del Caudal Mínimo Nocturno

El caudal de ingreso a un DMC tendrá básicamente dos componentes, las Pérdidas Reales y los consumos. En primer lugar, las Pérdidas Reales se analizarán en base al modelo de análisis de componentes BABE (Breaks and Background Estimates). Mientras que los consumos se compondrán de los consumos nocturnos de los usuarios y de las pérdidas nocturnas interiores. Veremos cómo cuantificar ambas componentes, considerando los aspectos que más influyen en las mismas, presión, cantidad de conexiones, km de red, cantidad de habitantes, a los efectos de determinar un valor meta esperado.



El modelo para realizar el análisis de componentes de las Pérdidas Reales fue desarrollado en los años 90 por Allan Lambert.

Lambert clasificó los eventos de fuga en tres categorías, reconociendo que el volumen anual de pérdidas reales es el resultado de numerosos eventos de fuga, para los cuales el volumen individual de pérdida es influenciado por el caudal de fuga y la duración. (Thornton, 2008).

Los valores definidos en la Tabla 1 son datos empíricos obtenidos del estudio del comportamiento de redes de distribución en distintas partes del mundo, y los propios autores recomiendan que para realizar un análisis de componentes se verifiquen y adapten los mismos a las condiciones locales.

Tabla 1: Componentes de las pérdidas reales

	Fugas indetectables	Fugas reportadas	Fugas no reportadas
Redes	0,020 m3/km/hr	0,12 roturas/km/año a 11,36 m3/hr por 3 días de duración	0,01 roturas/km/año a 5,4 m3/hr por 50 días de duración
Conexiones desde el ferrul hasta LP	0,0012 m3/conex/hr	2,25 roturas/ 1000 conex por año a 1,44 m3/hr por 8 días de duración	0,75 roturas/ 1000 conex por año a 1,44 m3/hr por 100 días de duración
Conexiones desde LP al medidor (15 m long. Promedio)	0,0005 m3/long en prop conex/hr	1,50 roturas/ 1000 conex por año a 1,44 m3/h por 9 días de duración	0,50 roturas/ 1000 conex por año a 1,44 m3/h por 101 días de duración

Se utilizará esta clasificación como la base para determinar los caudales de fuga en un instante dado en el DMC. Se tendrá en cuenta que la tabla hace referencia a los caudales de fuga de un año, por lo que será necesario transformarlos en valores para el momento de caudal mínimo nocturno, mediante el uso del valor de presión media a dicha hora, siendo este aspecto clave en el desarrollo de la propuesta. Las Pérdidas Reales Anuales Inabordables (UARL) es un nivel de referencia mínimo de fugas. Representa el límite inferior teórico de fugas que puede ser alcanzado en un sistema si se utilizan todos los mejores métodos actuales de gestión de fugas. (American Water Works Association, 2009) Presión media de referencia adoptada por IWA = 50 mca

Fugas indetectables (FI)

Los caudales de esta componente varían en función de un valor $N_1 = 1,5$ y su expresión será:

$$FI \text{ (m}^3\text{/día)} = (0,48 \cdot L_m + 0,03 \cdot N_c) \cdot (P_m/50)^{1.5} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

L_m = Longitud total de tuberías de distribución (km)

N_c = número de conexiones domiciliarias

P_m = Presión media del sistema (valor medio en 24 hrs. de la presión en el punto medio)

Factor de Condición de la Infraestructura (FCI)

No todas las infraestructuras alcanzan los criterios asumidos para la Ecuación 1 de las FI. Los diferentes sistemas tienen características que varían incluyendo la edad, tipo, mantenimiento de las tuberías y fittings, y variabilidad de la presión. Un multiplicador llamado Factor de Condición de la Infraestructura (FCI) es usado para expresar la relación entre las FI previamente calculadas y las Fugas indetectables de un sistema en particular.

$$FI_{DMC} = FCI \cdot FI \quad \text{Ecuación 2}$$

Criterios adoptados

A los efectos de determinar cuál será el caudal mínimo nocturno que consideraremos como aceptable en un DMC dado, es necesario adoptar un conjunto de criterios que nos permitirán valores alcanzables.

1. Al momento de evaluar el Caudal Mínimo Nocturno meta en el DMC no se tendrán Fugas reportadas, o sea que no tendremos pendientes de ejecución fugas que han sido ubicadas.

2. Es necesario contar el valor de N1 de nuestro DMC. Para las redes de OSE y en caso de que este dato no esté disponible utilizaremos como Valor adoptado de N1 = 1,4 a 1,6, dependiendo de las características de la red.
3. Debemos definir a vez cual será el valor a adoptar para el coeficiente FCI. Se considera que de acuerdo las características de nuestras redes es un posible valor de referencia un FCI = 3.
4. Se supondrá la existencia de un caudal de fugas no detectadas y no reparadas (m³/h) o ineficiencia admitida del control activo, compuesto por pérdidas en la red y pérdidas en las conexiones. A partir de los valores de caudal de fuga medios que fueran adoptados para el análisis de componentes y que hemos definido previamente, es posible obtener nuestros caudales de fuga medios si ajustamos la Presión media de Referencia al valor de Presión media en el horario de caudal mínimo nocturno.

Presión Media de Referencia IWA	50	mca
Caudal de Referencia IWA - Redes	5,4	m³/h
Caudal de Referencia IWA - Conexiones	1,44	m³/h

Tasas de roturas a considerar

Debemos definir cuál será la tasa de roturas que consideraremos como aceptable, tanto para el caso de roturas en redes como el de roturas en conexiones. Estas tasas también pueden tener un cierto rango de variación que tomará en cuenta cuan complejo pueda resultar en cada caso lograr la reducción de fugas. Para las redes se considera una tasa de rotura que puede variar entre 0,5 y 1,5 del Caudal de Referencia IWA en Redes a la presión media nocturna cada 10 km de red.

Para las conexiones se considera una tasa de rotura que puede variar entre 2,5 y 5 roturas en conexiones a la presión media nocturna cada 1.000 conexiones.

Presión media nocturna

La presión que va a gobernar el comportamiento de nuestros caudales de fuga al momento de medir el valor meta de Caudal Mínimo Nocturno, será el valor de la Presión media nocturna

Se debe obtener el valor de la presión media a adoptar para el horario de mínimo caudal en el DMC, o estimar el mismo. Dicho valor se designará como P_{mednoc} .

Es en esta instancia donde definiremos a que valor de P_{mednoc} será evaluado el valor meta.

El criterio que hemos utilizado es el de definir la presión del punto crítico del DMC al momento en que se produce el caudal mínimo nocturno, dependiendo de las características que se tengan en campo, por ejemplo la existencia de edificaciones elevada. La presión en el punto crítico en dicho momento se fija en valores de 10 a 15 mca, lo cual a su vez determinará el valor de presión que tendremos en el punto medio.

$$F_{red} = \text{Caudal Final de Fugas de Redes} = \text{Tasa de roturas en red} * L_m * Q_{ref} * (P_{mednoc} / 50)^{N1} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$F_{conex} = \text{Caudal Final de Fugas de Conexiones} = \text{Tasa de roturas conex} * N_c * Q_{ref} * (P_{mednoc} / 50)^{N1} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$F_{tot} = \text{Caudal Final de Fugas} = F_{DMC} + F_{red} + F_{conex} \quad \text{Ecuación 5}$$

Estimación de Consumo Mínimo Nocturno

En la actualidad, las empresas de distribución de agua tienen dos formas «estándar» de calcular los consumos mínimos nocturnos. El primero de ellos sería mediante la medición en campo, la cual tradicionalmente, consiste en hacer una medición del caudal consumido en las residencias u otro uso específico que tuviera una probabilidad de uso nocturno (centros de ocio), durante varias noches. Esto normalmente se hace con data-loggers programables y contadores de pulso clase C o D.

El segundo método consiste en realizar una estimación de consumos. En términos generales es la forma más común de calcular los consumos nocturnos, debido a su facilidad y bajo costo.

Si bien existen varias propuestas para estimar los consumos nocturnos a partir de datos estadísticos en diversos sistemas (Reino Unido, Sud África), se optó por tomar el criterio propuesto por SABESP, en el entendido que los sistemas de OSE son similares a los de BRASIL.

$$C_{noct} = \text{Consumo nocturno (Criterio SABESP)} = (0,34 \cdot N_{hab} + 0,5 \cdot N_c) / 1000 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad \text{Ecuación 6}$$

Debemos considerar además la posible existencia de consumos nocturno no domésticos, por ejemplo industrias, hospitales u otros grandes consumidores, cuyos caudales nocturnos deberán ser sumados al consumo doméstico calculado.

Un caso particular a analizar en detalle es el de la posible existencia de grandes tanques de reserva correspondientes a complejos habitacionales cuyo llenado se pudiera estar realizando en horas nocturnas.

Expresión final de la meta en términos de los km de red del DMC.

En caso de que la meta se utilice para establecer una relación contractual con un tercero, es conveniente expresar la misma en función de alguno de los parámetros del DMC, por ejemplo km de red o número de conexiones, teniendo en cuenta que pueden existir ciertas indeterminaciones iniciales al momento de hacer los cálculos o que el sector puede sufrir cambios posteriores.

El caudal de la meta se expresa en términos de km de red del DMC y resulta de la siguiente expresión:

$$\text{Caudal meta/km de red} = (C_{noct} + F_{tot}) / L_m \quad \text{Ecuación 7}$$

Actualmente se están generando estudios de perfiles de consumo que permitirán ajustar los coeficientes de la fórmula de acuerdo a casos reales de OSE.

El caudal de fuga F_{tot} es el valor que se tiene al momento de caudal mínimo nocturno, por lo que para obtener el valor de m^3 fugados en un día será necesario multiplicar este valor por el factor noche-día.

Otros indicadores de control

Una vez establecida la meta es importante determinar cuál será el impacto de la misma en términos de otros indicadores relevantes de los DMC. A modo de ejemplo se cita que con los rangos de valores presentados en el documento se obtienen relaciones de Agua Facturada / Agua Elevada de 65 a 70 %, el rango del indicador ILI se encuentra en valores cercanos a 5.

Ejemplos de valores en DMC

En la siguiente tabla se pueden observar distintos ejemplos de valores meta, donde se han mantenido constantes algunas de las variables que intervienen, como ser el factor de condición de la infraestructura (FCI), el valor de N_1 , y las tasas de roturas en redes y conexiones.

Long. de red (Km)	Hab.	Conex.	FCI	N_1	Presión media (hora de caudal mínimo nocturno)	Caudal de fugas no detectadas y no reparadas (m^3/h)	Caudal de Fugas Inherentes del DMC (m^3/h)	Caudal Autorizado Nocturno	Caudal Mínimo Meta (m^3/h)	CM Meta por longitud tubería ($m^3/h/km$)
25	5.960	1.951	4	1,6	23,0	8,7	3,7	3,0	15,4	0,60
33	8.164	2.386	4	1,6	18,0	7,4	3,1	4,0	14,5	0,44
12	4.329	1.237	4	1,6	25,5	5,7	2,6	2,1	10,4	0,86

En los ejemplos presentados se puede observar que juegan un rol fundamental en el valor que adopta finalmente la meta, tanto la densidad de conexiones como la presión en el punto medio a la hora del caudal mínimo nocturno.

Agradecimientos. – *Se agradece la colaboración del Ing. Airton Sampaio Gomez Consultor Banco Mundial, en el diseño de la aplicación de los conceptos de IWA.*

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

American Water Works Association. (2009). Water Audits and Loss Control Programs - Manual of Water Supply Practices M36.

Thornton, J. (2008). Water Loss Control - second Edition. McGraw-Hill.