

ARTÍCULO TÉCNICO SOBRE GESTIÓN DE LA PRESIÓN

# AHORRE AGUA, ENERGÍA Y DINERO GRACIAS A LA GESTIÓN DE LA PRESIÓN

GRUNDFOS DEMAND DRIVEN DISTRIBUTION REDUCE LAS PÉRDIDAS POR FUGAS, MEJORA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRA COSTES DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO.

CIFRAS MEDIAS BASADAS EN PROYECTOS EJECUTADOS DESDE 2014

**15%**  
MENOS FUGAS

**25%**  
DE AHORRO ENERGÉTICO

**35%**  
MENOS ROTURAS EN TUBERÍAS

## GRUNDFOS ISOLUTIONS



PUMP CLOUD SERVICES

## Índice

Introducción .....	2
Perspectiva histórica reciente .....	3
Aspecto 1: Importancia de las fugas en el agua no contabilizada .....	5
Aspecto 2: Eficiencia energética .....	6
Aspecto 3: Costes de mantenimiento y funcionamiento .....	7
Ventajas para la gestión de recursos, los clientes y las comunidades ..	9
Oportunidades y soluciones.....	10
Resolución de problemas relacionados con la gestión de la presión ..	12
Lista de referencias .....	14

Redactado por Marco Fantozzi  
(Studio Marco Fantozzi, Italia).

Contribuciones:  
Allan Lambert (Water Loss Research & Analysis, Reino Unido),  
Carsten Skovmose Kallesøe, Abdul-Sattar Hassan,  
Danny Stærk, Allan Nielsen,  
Jørgen Bach y Morten Riis (Grundfos Holding A/S, Dinamarca).

## INTRODUCCIÓN

La gestión de la presión ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir las fugas de agua no contabilizada (NRW, por sus siglas en inglés), mejorar la eficiencia energética y reducir los costes de funcionamiento y de mantenimiento. En este artículo se analizan las ventajas de abordar estos tres problemas mediante la gestión de la presión, especialmente ahora que los modelos que predicen la frecuencia de las roturas son más precisos. El mayor beneficio que se espera de la gestión de la presión es una mayor duración de los activos, según los resultados de las investigaciones más recientes.

**Un desafío importante** al que se enfrentan muchos municipios es cómo gestionar los altos niveles de NRW. A pesar de que no todo el NRW se debe a fugas, se sabe que una gestión ineficaz de la presión de los sistemas de distribución provoca que las fugas y roturas aumenten considerablemente, y da lugar a otras consecuencias adversas, como la reducción de la vida útil de la infraestructura.

Mientras tanto, la escasez y la calidad del agua se erigen como problemas clave de interés público y, lo que es más apremiante, como inhibidores del crecimiento de ciudades y países de todo el mundo. Además, la energía representa la mayor parte de los costes de funcionamiento después de la mano de obra para la mayoría de las empresas de suministro de agua.

Como consecuencia, se espera que el sector del agua dedicado al tratamiento y el transporte del agua siga creciendo rápidamente, a medida que los integrantes del sector buscan soluciones, tecnologías y métodos nuevos y eficaces para mejorar la gestión de la distribución y los recursos hídricos.

Sin embargo, muchas empresas de suministro de agua siguen luchando por crear proyectos convincentes para reemplazar y actualizar las antiguas e ineficientes redes de abastecimiento, al tiempo que muchas políticas reguladoras no compensan todavía los costosos esfuerzos que representa la actualización o mejora de las redes.

**La gestión de la presión** tiene un enorme potencial para ayudar a mejorar la eficiencia y aliviar los problemas relacionados con la escasez de agua. De hecho, la gestión de la presión se reconoce hoy en día como la base para una gestión óptima de los sistemas de distribución y suministro de agua.

Actualmente, los beneficios demostrados de la gestión de la presión en los sistemas de abastecimiento incluyen no sólo las ventajas de reducir los caudales de fuga para la conservación del agua, sino también aquellas que se derivan de un menor número de roturas y fugas para los clientes y empresas de suministro de agua. Entre ellas destacan, por ejemplo, menores costes de reparación y reinstalación, reducción de la responsabilidad pública y la publicidad negativa, menores costes de control de fugas activas, aplazamiento de la renovación de infraestructuras y mayor duración de las conexiones de redes y servicios. Además genera menos problemas en las conexiones de servicio de los clientes y sistemas de fontanería, lo que conlleva un menor número de reclamaciones de los clientes.

El **objetivo general de este artículo** es explicar y demostrar las ventajas relacionadas con la implantación de la gestión de la presión usando como base las prácticas recomendadas e investigaciones más recientes, desarrolladas por el Equipo de gestión de la presión del Water Loss Specialist Group de la IWA, así como las herramientas y tecnologías más avanzadas.

Se estudian específicamente tres de las principales ventajas relacionadas con la implantación de la gestión de la presión: **el agua no contabilizada, la eficiencia energética y los costes de funcionamiento y mantenimiento**. Asimismo, se explican los últimos avances en investigación en cuanto a la valoración de las ventajas de la gestión de la presión y cómo pueden beneficiarse las empresas de suministro de agua de la implantación de sistemas de gestión de la presión a gran escala.

### ¿QUÉ QUEREMOS DECIR CON “GESTIÓN DE LA PRESIÓN”?

La gestión de la presión puede definirse como **“la práctica de gestionar las presiones del sistema para que los niveles de servicio sean óptimos y garantizar así un suministro suficiente y eficiente para usos y consumidores legítimos, reduciendo las presiones excesivas o innecesarias y eliminando los transitorios y controles de nivel defectuosos, todo lo cual provoca que el sistema de distribución sufra fugas innecesarias”**.

Definición del Equipo de gestión de la presión de la Water Loss Task Force de la IWA

## PERSPECTIVA HISTÓRICA RECIENTE

En los últimos años se ha prestado más atención a la gestión de la presión en los sistemas de distribución de agua potable, ya que los países y las empresas de suministro de agua comienzan a darse cuenta de las muchas ventajas que aporta. ¿Qué es lo que ha suscitado este repentino interés?

Las pruebas en sistemas de distribución japoneses y británicos realizadas en la década de 1980 demostraron que la relación media aproximada entre la presión y el caudal de fuga era superior a la raíz cuadrada que relaciona en teoría la presión y la velocidad de descarga a través de un orificio de área fija. Esto sucede porque el área de algunos tipos de fugas también cambia con la presión.

En 2003, el equipo de gestión de la presión de la Water Loss Task Force (en la actualidad el Water Loss Specialist Group, WLSG) de la IWA comenzó a recopilar y publicar sus propias investigaciones y recomendaciones, e invitó a las empresas de suministro de agua a presentar casos prácticos en los simposios internacionales sobre pérdidas de agua. Hoy en día, las descargas de agua variables y fijas (FAVAD, por sus siglas en inglés), recomendadas como el mejor método para predecir la relación entre presión y caudal de fuga, se utilizan comúnmente en el ámbito internacional.

Los casos prácticos que demostraban una reducción de las roturas después de la gestión de la presión no se conocían de forma generalizada, y las empresas de suministro de agua no estaban acostumbradas a relacionar la frecuencia de las roturas con la presión, a pesar de la disponibilidad de estadísticas de roturas a nivel nacional para tuberías de diferentes materiales. En consecuencia, muy pocos profesionales creyeron que la gestión de la presión podría influir en la frecuencia de las roturas, excepto en lo relativo al control de los transitorios de presión. Esta perspectiva empezó a cambiar cuando Thornton y Lambert (2006 y 2007) publicaron 112 conjuntos de datos de 10 países que mostraban reducciones muy significativas en la frecuencia de las roturas tras gestionar la presión, junto con:

- un concepto explicativo general (“la gota que colma el vaso”);
- métodos prácticos rápidos para identificar las zonas con buen potencial para la reducción de roturas en redes de suministro o tuberías de servicio.

**Orificio de área fija: las fugas en tuberías de hierro fundido se comportan como un orificio de área fija. Con fugas así, el caudal de fuga depende de la presión, de acuerdo con la fórmula:  $q = K p^n$ , donde  $n = 0,5$ .**

**Orificio de área dependiente de la presión: con áreas de orificio dependientes de la presión, el orificio de la tubería se abre con la presión, lo que significa que el caudal de fuga aumenta más rápidamente con la presión que en el caso de un orificio de área fija. Con fugas así, el caudal de fuga depende de la presión, de acuerdo con la fórmula:  $q = K p^n$ , donde  $n > 0,5$ . En una red con distintos tipos de tuberías, un valor de  $n$  en torno a 1 normalmente es una buena opción (Lambert, A., 2000).**

La oportunidad de reducir la tasa de reparación de roturas y los costes asociados, mejorando al mismo tiempo la gestión de los activos, ha suscitado un mayor interés internacional sobre la gestión de la presión. Se han implantado cientos de esquemas de gestión de la presión desde 2007, y siempre que se han publicado o presentado casos prácticos en conferencias, las ventajas de la gestión de la presión se han aceptado de forma generalizada con respecto a lo siguiente:

- reducción de los caudales de fuga;
- posible reducción de la frecuencia de las roturas en redes de suministro y servicios;
- aumento de la vida útil de los activos.

***En la actualidad, se reconoce que la gestión de la presión proporciona cada vez más ventajas.***

Las empresas de suministro de agua que desean justificar la inversión en gestión de la presión necesitan poder predecir estas ventajas, que varían de una situación a otra.

Las conclusiones de la última investigación sobre el conocimiento y la predicción de la relación entre la presión y las roturas se resumen en Lambert, Fantozzi y Thornton (2013). Aquí se muestran algunos ejemplos. Puede encontrarse información más detallada en una serie de documentos disponibles en [www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com).

Otras ventajas de la gestión de la presión incluyen un menor coste del control de fugas activas y un mejor servicio a los clientes, cuyo suministro sufre menos interrupciones. La gestión de la presión se utiliza ahora no sólo para el control de fugas, sino también para la gestión de la demanda, la conservación del agua y la gestión de activos.

La figura 1 ilustra la última versión de un formato que se usó por primera vez en un reciente proyecto de investigación australiano (Water Services Association of Australia Asset Management Project PPS-3, 2008-11 2011) y, más recientemente, con un componente de “energía” añadido (Fantozzi et al., 2013), que resume las diversas ventajas de la gestión de la presión.

Las ventajas de la gestión de la presión que se muestran en la tabla pueden agruparse en tres categorías principales: **fugas, eficiencia energética y costes de funcionamiento y mantenimiento**. Estos tres aspectos se tratan a continuación.




<b>GESTIÓN DE LA PRESIÓN: REDUCCIÓN DE LAS PRESIONES EXCESIVAS MEDIA Y MÁXIMA</b>								
VENTAJAS DE CONSERVACIÓN			VENTAJAS PARA LA EMPRESA DE SUMINISTRO DE AGUA			VENTAJAS PARA EL CLIENTE		
MENORES CAUDALES			MENOR FRECUENCIA DE ROTURA Y MENOS FUGAS					
Menor consumo excesivo o no deseado	Fugas y roturas de menor caudal	Consumo energético menor y más eficiente	Menores costes de reparación y restablecimiento (redes de suministro y servicio)	Menores costes por responsabilidad y menos publicidad negativa	Más tiempo entre renovaciones y aumento de la vida útil de los activos	Menores costes asociados al control de fugas activas	Menos reclamaciones de los clientes	Menos problemas en la fontanería y los equipos de los clientes
								

Figura 1: Múltiples ventajas de la gestión de la presión.

## ASPECTO 1: IMPORTANCIA DE LAS FUGAS EN EL AGUA NO CONTABILIZADA

El agua no contabilizada (NRW) es la diferencia entre la cantidad de agua que entra al sistema de distribución y la cantidad de agua que se factura a los abonados. Unos niveles altos de NRW afectan gravemente a la viabilidad financiera de las empresas de suministro de agua debido a la pérdida de ingresos y el aumento de los costes de funcionamiento.

El coste total para las empresas de suministro de agua causado por el NRW en todo el mundo supone, con cálculos muy conservadores, 14.000 millones de dólares al año; una tercera parte de este fenómeno tiene lugar en el mundo desarrollado, según el Departamento de Agua y Energía (EWD) del World Bank Group (2006).

El NRW incluye el consumo autorizado sin facturar (para incendios, descargas de agua y similares) y las pérdidas aparentes (medida a la baja del registro del cliente y consumo no autorizado); ambos conceptos representan agua consumida pero no abonada y se ven afectados muy ligeramente por la gestión de la presión. El resto del NRW (fugas y desbordamientos en los sistemas de transmisión y distribución de las empresas de suministro de agua) representa un recurso malgastado que, a menudo, puede reducirse notablemente mediante la gestión de la presión.

Las fugas que contribuyen al NRW bajan del 95 % al 50 %, dependiendo del nivel de pérdidas aparentes por robo y medidas a la baja del registro del cliente, que es mayor en aquellos sistemas en los que el cliente dispone de depósitos de almacenamiento.

De media, los caudales de fuga individuales varían linealmente con la presión media de la zona. Mediante la reducción tanto de la frecuencia como de los caudales de fuga, la gestión de la presión puede reducir no sólo la cantidad de dinero que se gasta en producir o adquirir agua, sino también el consumo de energía necesario para bombear y tratar el agua para su distribución. Las soluciones de bombeo inteligentes y el uso de válvulas reductoras de presión avanzadas pueden marcar una gran diferencia, pero se requiere atención para identificar las partes de un sistema de distribución que más se beneficiarán de la gestión de la presión, así como la forma de gestión de la presión más adecuada.

***La mejor solución a largo plazo es diseñar sistemas que funcionen constantemente a presiones moderadas (Pearson y Lambert, 2013).***

## ASPECTO 2: EFICIENCIA ENERGÉTICA

Los sistemas de suministro de agua consumen gran cantidad de energía a lo largo de las distintas fases de la cadena de producción y suministro de agua: captación de agua, procesos de tratamiento y estaciones de bombeo dentro del sistema de suministro.

En casi todas las empresas de suministro de agua, la energía representa la mayor parte de los costes de funcionamiento, después de la mano de obra. Según la Agencia de Protección Medioambiental (EPA, por sus siglas en inglés), los sistemas de suministro de agua y de transporte y tratamiento de aguas residuales gastan alrededor de 4.000 millones de dólares al año para bombear, distribuir, recoger, tratar y limpiar el agua. Tanto la EPA como otros expertos también predicen que el consumo de energía en las empresas de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales crecerá más de un 20 % en los próximos 15 años. Además, alrededor de un 90 % de la energía utilizada en la distribución de agua la consumen los sistemas de bombeo.

En sistemas de agua de grandes dimensiones, los costes energéticos pueden suponer entre el 80 % y el 90 % de los costes totales del ciclo de vida de las estaciones de bombeo (DOE et al., 2001; Abelin et al., 2006; HI&PSM, 2008; Veness, 2007). La eficiencia energética brinda una buena oportunidad de lograr

una reducción importante de los costes de explotación de los sistemas de bombeo de agua, especialmente en lo que respecta al aumento previsto del precio de la energía (EUROSTAT, 2009).

En vista de lo anterior, resulta evidente que el desarrollo y la implantación de soluciones que puedan reducir notablemente tanto el uso como el coste de la energía empleada es el planteamiento adecuado para la gestión eficiente de los sistemas de distribución de agua. Históricamente, e incluso ahora, las funciones de control empleadas en la mayoría de los sistemas de gestión de agua tienen como objetivo afrontar con éxito las limitaciones y exigencias operativas sin tener en cuenta las desventajas de unos ajustes de presión demasiado altos en la red. Sin embargo, esto se debe principalmente, no sólo a la falta de tecnologías apropiadas para abordar los costes, sino también a la falta de conocimientos adecuados acerca de las consecuencias y los costes asociados a una presión excesiva e innecesaria en el sistema.

***La gestión de la presión da lugar a nuevas alternativas para reducir el elevado consumo energético, siempre que se integre correctamente y de lugar a una programación y un funcionamiento óptimos de las bombas.***

### LA GESTIÓN DE LA PRESIÓN HA GENERADO BENEFICIOS CUANTIFICABLES

Grundfos ha acumulado una experiencia considerable en el campo de la gestión de la presión mediante la solución Demand Driven Distribution. En los tres casos siguientes, el ahorro energético que puede obtenerse a través de la gestión de la presión se demuestra con el uso de la solución Demand Driven Distribution, que pone de manifiesto las ventajas de este método de control. Además, la experiencia ha demostrado que se puede lograr un ahorro adicional de hasta un 50 % sustituyendo las bombas existentes por soluciones de bombeo de última generación.

#### **Caso 1: Bucarest (Rumanía)**

APA-NOVA Bucharest ha implantado recientemente una nueva solución Grundfos para la gestión de la presión en una estación de bombeo de Bucarest. El principal objetivo del controlador es optimizar la presión de suministro de las bombas para reducir las fugas y el consumo energético sin que el buen servicio al cliente se vea afectado. El cambio de régimen de funcionamiento de presión constante a presión proporcional gracias a la tecnología Demand Driven

Distribution de Grundfos ha tenido el siguiente efecto:

- El consumo energético se ha reducido en torno a un 15 %

#### **Caso 2: Talca (Chile)**

En Chile, Essbio se enfrentaba al desafío de ofrecer un buen servicio al cliente y mejorar la eficiencia de la planta de Tejas Verdes. Grundfos implantó un controlador Demand Driven Distribution para la gestión de la presión a principios de 2013 y logró lo siguiente:

- El consumo energético se redujo en torno a un 28 %

#### **Caso 3: Skagen (Dinamarca)**

Frederikshavn Forsyning, la empresa de suministro de agua que sirve al municipio de Frederikshavn (Dinamarca), posee una reconocida trayectoria de implantación correcta de sistemas de gestión de la presión. Un ejemplo es el distrito de Skagen, donde la instalación del controlador Demand Driven Distribution permitió una mejor protección del sistema, con lo que se logró lo siguiente:

- El consumo energético se redujo en torno a un 17 %

### ASPECTO 3: COSTES DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO

Sólo en Europa, las redes de distribución de agua poseen una longitud de 3,5 millones de kilómetros (EUREAU, 2009). Las empresas de suministro de agua se enfrentan a numerosos problemas relacionados con estas redes de distribución. En los próximos 10 a 30 años, será preciso reparar o sustituir gran parte de dichas redes. Según la experiencia de las principales empresas de suministro de agua europeas, y teniendo en cuenta el estado y el rendimiento de las redes de distribución, es posible calcular que en Europa se necesitarán 20.000 millones de dólares al año para actualizarlas.

Se requiere urgentemente una priorización y optimización de estas inversiones:

#### Priorización y asignación estratégica de los gastos de capital

El empleo de herramientas dinámicas de gestión de la presión puede lograr un ahorro de entre el 10 % y el 15 % en gastos de capital al dirigir estratégicamente la inversión. Tomando como base el cálculo de las inversiones necesarias en Europa, dichas herramientas pueden ahorrar anualmente hasta 2.000 millones de dólares al año.

#### Relación entre la presión y la frecuencia de las roturas

Hasta hace poco, los cálculos económicos asociados a la gestión de la presión se basaban sólo en el ahorro previsto a raíz de la reducción de los caudales de fuga existentes.

Thornton y Lambert (2006 y 2007) demostraron que la reducción de los excesos de presión en zonas con roturas muy frecuentes podría influir considerablemente en el descenso de las roturas y que eran necesarias predicciones independientes para las redes de suministro y servicios. 112 casos prácticos en 11 países mostraron un porcentaje medio de reducción en la frecuencia de las roturas de 1,4 veces la reducción porcentual de la presión media en la red de suministro.

Mediante el uso de las frecuencias de rotura actuales y más recientes en las redes de suministro (por 100 km/año) y en las conexiones de servicio (por 1.000 servicios/año) fue posible predecir rápidamente si la gestión de la presión reduciría las roturas tanto en la red de suministro como en los servicios, en cualquiera de ellos, o en ninguno. Estas simples predicciones cualitativas y cuantitativas demostraron ser eficaces para determinar qué zonas amortizarían más rápidamente la gestión de la presión.

Una reciente investigación ha proporcionado mejores predicciones para una gama completa de frecuencias de rotura y sobre la forma en que la gestión de la presión ofrece ventajas (Lambert, Thornton y Fantozzi 2013). Cabe destacar que en muchos casos puede lograrse un gran ahorro con una reducción de la presión bastante pequeña, tal como se muestra en la figura 2.

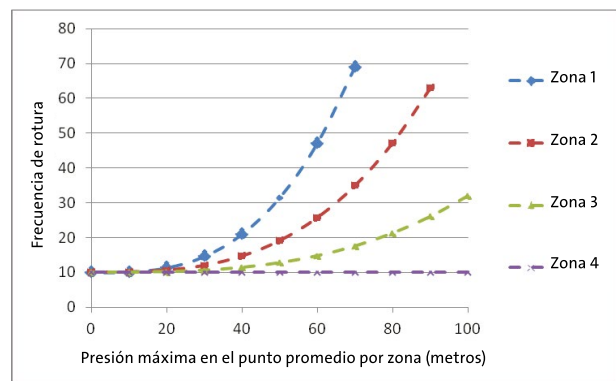


Figura 2: Relación característica entre  $AZP_{m\acute{a}x}$  y la frecuencia de rotura en zonas individuales (reproducción con permiso de WLRand Ltd.)

La figura 3 muestra los cambios reales y pronosticados de la frecuencia de las reparaciones en la red de suministro del distrito empresarial central de Durban (Sudáfrica) mediante ambos métodos de predicción, para materiales de red combinados (AC, plástico, acero y hierro fundido). Las variaciones estacionales en la frecuencia de rotura se redujeron mucho tanto en la red de suministro como en los servicios, con las correspondientes reducciones significativas en los costes totales de reparación.

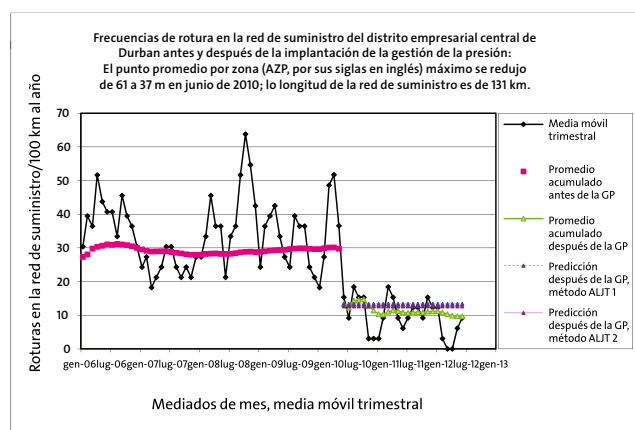


Figura 3: Frecuencia de las reparaciones en la red de suministro antes y después de la gestión de la presión. El distrito empresarial central de Durban mostró una caída de más del 50 % en la frecuencia de rotura y, por lo tanto, gozó de un ahorro similar en los costes de mantenimiento (reproducción con permiso del municipio de Ethekwini).

Las últimas relaciones establecidas entre la presión y la frecuencia de rotura (mostradas en las figuras 2 y 3) se usan para realizar predicciones prácticas de los cambios en la frecuencia de rotura en un abanico de países y situaciones cada vez más amplio. Sin embargo, es probable que las mayores ventajas económicas sean que se puede postergar la renovación de las tuberías y que los activos tendrán una vida útil más prolongada, como se explica a continuación.

#### **Aplazamiento de las renovaciones, priorización y asignación estratégica de los gastos de capital**

Las notables reducciones en la frecuencia de rotura tanto en la red de suministro como en los servicios tras una gestión de la presión a gran escala están comenzando a influir en el número y los tipos de tuberías que se renuevan cada año. Las empresas de suministro de agua que tienen políticas para sustituir sus redes de suministro y servicios basadas en criterios de servicio al cliente definidos, como “X roturas en Y km en Z años”, están conservando algunas de sus redes y servicios que antes se deberían haber sustituido. Las primeras indicaciones desde Australia apuntan a que el ahorro económico derivado de ello puede representar varias veces el ahorro anual en costes de reparación de roturas.

Se requiere un análisis exhaustivo para identificar las partes de un sistema de distribución que más se beneficiarán de la gestión de la presión y evaluar las ventajas concretas.

***El empleo de herramientas dinámicas de gestión de la presión puede lograr un importante ahorro en gastos de capital al dirigir estratégicamente la inversión.***

#### **Cómo puede afectar la gestión de la presión al consumo**

A algunas empresas de suministro de agua les preocupan las posibles pérdidas de ingresos que provocaría la reducción de la presión. Cuando la presión del sistema cambia, algunos de los componentes de medida del consumo pueden verse afectados y la gestión de la presión puede provocar cambios en los ingresos que la empresa de suministro de agua recibe de los clientes a los que se les ha hecho la medida.

Según modelos de predicción desarrollados recientemente en Australia, se pueden predecir los posibles cambios en el consumo en función del cambio asumido en la presión media del sistema, el porcentaje estimado de consumo residencial anual fuera de la propiedad y la presencia de depósitos de almacenamiento privados y/o bombas de aumento de presión privadas.

Sin embargo, en cuanto a si las reducciones en el consumo derivadas de la gestión de la presión deben considerarse un beneficio o un coste, por lo general los volúmenes parecen ser relativamente pequeños en comparación con la reducción de los caudales de fuga y la frecuencia de rotura, y el aumento de la duración de la vida útil de las infraestructuras. Dado que el consumo se cobra a precio minorista, las implicaciones económicas deberían calcularse de forma que pudieran predecirse e identificarse las implicaciones para los ingresos de la empresa de suministro de agua.



## **VENTAJAS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS, LOS CLIENTES Y LAS COMUNIDADES**

Entre las ventajas adicionales derivadas de la gestión de la presión se incluyen:

### **Gestión de los recursos hídricos**

La gestión de la presión permite a las empresas de suministro de agua variar la presión en ciclos de demanda estacionales y diarios, lo que proporciona el estándar de servicio de presión mínimo necesario en las instalaciones de los clientes.

En los períodos de sequía, en los que se aplican restricciones al suministro de agua, las presiones pueden reducirse aún más. La alternativa, es decir, imponer un suministro intermitente, probablemente dé lugar a un aumento de la frecuencia de rotura y dañe el sistema de distribución de forma permanente.

En la actualidad, algunos países (como Italia) exigen a las empresas de suministro de agua que informen de su presión media, así como de los cálculos de equilibrado de agua y los indicadores de rendimiento de NRW; una práctica que deberían implantar también otros países.

### **Prestar un mejor servicio al cliente**

Los principales reguladores se centran cada vez más en los problemas de atención al cliente, por lo que han introducido indicadores de rendimiento clave vinculados a las interrupciones, la continuidad del suministro, la presión mínima, etc. Normalmente, los esquemas de gestión de la presión están diseñados para cumplir dichos criterios de forma rentable.

### **Reducir al mínimo las interrupciones de las comunidades**

Las roturas de la red de suministro de agua y otros fallos importantes del sistema provocan interrupciones en la vida diaria (las miles de horas de productividad perdidas se encuentran a la cabeza de los costes de reparación). Una supervisión continua tanto de la presión como del caudal, algo habitual en la gestión de la presión, reduce el número de interrupciones de este tipo, así como su gravedad y duración.

### **Reducir al mínimo los daños en las tuberías de los clientes**

Cada vez es más frecuente que las normas nacionales en materia de fontanería especifiquen y reduzcan la presión máxima que pueden recibir los clientes para prolongar la vida útil de sus equipos (grifos y accesorios) y limitar el exceso de ruido.

### **Menos costes por responsabilidad**

Muchas empresas de suministro de agua sufren averías catastróficas en su red de tuberías cada año. Dichas averías, además de hacer que se pierda un agua preciosa y costar muchísimo dinero en reparaciones, provocan la interrupción de la vida diaria del cliente y daños a la empresa de suministro de agua. Como estas averías son muy visibles, la prensa las utiliza con demasiada frecuencia para poner a la empresa de suministro de agua en la picota, lo que provoca un deterioro en la satisfacción del cliente. Existen muchas variables que pueden contribuir a una avería catastrófica; sin embargo, a menudo “la gota que colma el vaso” es un exceso de presión por la noche o un transitorio de presión. La supervisión y gestión de la presión puede contribuir a reducir la frecuencia y el efecto de estas averías, lo que ahorra dinero a la empresa de suministro de agua y mejora la satisfacción del cliente.

## OPORTUNIDADES Y SOLUCIONES

En consonancia con los resultados de las últimas investigaciones y los logros obtenidos por las empresas de suministro de agua más modernas, la gestión de la presión representa una gran

oportunidad para mejorar en el campo del rendimiento. La figura 4 resume las distintas ventajas de una mejor gestión de la presión en relación con los problemas a los que se enfrentan las empresas de suministro de agua.

	<b>PROBLEMAS A LOS QUE SE ENFRENTAN LAS EMPRESAS DE SUMINISTRO DE AGUA Y VENTAJAS DE LOS DISTINTOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO</b>		
	<b>SUMINISTRO INTERMITENTE (NO DURAN 24 HORAS A LA SEMANA):</b>	<b>SUMINISTRO CONTINUO (EXCESO DE PRESIÓN):</b>	<b>GESTIÓN ÓPTIMA DE LA PRESIÓN (DEMAND DRIVEN DISTRIBUTION):</b>
<b>NRW: COMPONENTE DE FUGAS ELEVADO</b>	Reducción de los caudales de fuga debido a un tiempo de presurización limitado. Frecuencia de rotura muy alta en redes de suministro y servicio. Alto riesgo de contaminación cuando las tuberías no están presurizadas.	Alta frecuencia de rotura a causa de presiones máximas mayores de lo necesario durante demasiado tiempo. Altos caudales de fuga debidos a presiones medias mayores de lo necesario.	Una reducción de un 10 % en la presión media reduce las fugas entre un 10 % y un 20 % al año (dependiendo de los materiales de las tuberías y del tipo de fugas). La información que desprenden los proyectos con DDD ejecutados desde 2014 demuestra que las fugas se reducen en una media del 15 %, mientras que la frecuencia de las roturas en tuberías lo hace en un 35 %.
<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	Alto consumo energético de las bombas, ya que se imponen caudales más elevados para desplazar el mismo volumen.	Consumo energético excesivo debido a una excesiva presurización durante el bombeo.	Una reducción de un 10 % en la presión media excesiva genera una reducción en el consumo energético de alrededor de un 10 % durante el bombeo. La información que desprenden instalaciones reales con DDD ejecutadas desde 2014 pone de manifiesto un ahorro energético medio del 25 %.
<b>FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO</b>	Elevados costes de mano de obra para el control de las válvulas. Elevados costes de reparación.	Elevados costes de reparación. Elevados costes por responsabilidad.	Una reducción de un 10 % en la presión media disminuye los costes del control de fugas activas en un 10 %.
	El control de las fugas activas resulta complicado, ya que la presión es insuficiente.	Control de las fugas activas más costoso debido a un aumento del índice de fugas no notificadas.	Una reducción de un 10 % en la presión media disminuye los costes del control de fugas activas en un 10 %.
	Menor vida útil de los activos debido a un mal funcionamiento y a transitorios de presión.	Menor vida útil de los activos a causa del exceso de presión.	Mayor aumento entre renovaciones y aumento de la vida útil de los activos. Esta ventaja puede ser muy importante; se está desarrollando una metodología que permita predecir la reducción de la presión.

**Figura 4:** Tres métodos de control diferentes evaluados según su efecto sobre las fugas de agua, la eficiencia energética y los costes de mantenimiento y funcionamiento.

Al tener en cuenta la gestión de la presión, el primer objetivo es identificar la existencia de transitorios de presión y reducir al mínimo sus efectos adversos. El segundo objetivo es pasar de un suministro intermitente a un suministro continuo (también conocido como suministro 24/7), a menor presión si es necesario. La reducción de las roturas a través del control de los transitorios de presión y del llenado lento de los sistemas es un aspecto clave de esta política. El otro aspecto clave es que una menor presión continua reduce los caudales de fuga cuando se presuriza el sistema.

Al reducir los excesos de presión medio y máximo sólo en un 10 %, se consigue una reducción de las fugas y roturas de las tuberías, un aplazamiento de las renovaciones, la ampliación de la vida de los activos y un notable ahorro energético. Esto puede ahorrar a las empresas de suministro de agua una parte importante de su presupuesto y crear un ciclo ejemplar que derive en inversiones más efectivas y un mejor servicio. Mediante la reducción de la cantidad de agua que se pierde por las fugas, la gestión de la presión puede reducir no sólo el dinero que se invierte en producir o adquirir agua, sino también el consumo de energía necesario para bombear el agua y el tratamiento del agua para su distribución.

En la actualidad, existen metodologías y conceptos que permiten calcular los períodos de amortización de la inversión y las ventajas financieras de las diferentes opciones de gestión de la presión en distintas partes del sistema de distribución de la empresa de suministro de agua (Lambert, A., Thornton, J. y Fantozzi, M., 2013).

***En la práctica, las ventajas de la gestión de la presión deben evaluarse caso por caso teniendo en cuenta el coste real de implantación del programa de gestión de la presión.***

#### **El momento de adoptar la gestión de la presión es ahora**

La gestión de la presión mediante tecnologías de bombeo inteligentes y válvulas reductoras de presión (PRV, por sus siglas en inglés) puede aprovecharse para afrontar los problemas que se acaban de mencionar. El conocimiento de las ventajas de la gestión de la presión en los sistemas de distribución, en combinación con los métodos prácticos que permiten preverlas (que pueden variar de una situación a otra), así como la capacidad de crear un caso financiero sólido para la inversión, hacen que hoy en día todo esto sea posible. Además, los avances tecnológicos, que proporcionan datos mejorados, permiten el ajuste, control y supervisión de la presión para, a continuación, cuantificar y certificar los resultados logrados.

Es importante conocer la propuesta de proyecto para utilizar las tecnologías de gestión de la presión adecuadas como alternativa a inversiones de gran envergadura, así como valorar el potencial ahorro anual derivado de la implantación de la gestión de la presión.

#### **El futuro**

La gestión de la presión comenzará a afianzarse cuando su valor potencial para las empresas de suministro de agua esté lo suficientemente claro y se facilite la posibilidad de alcanzar dicho valor. Este artículo tiene como objetivo aportar luz sobre las distintas barreras y oportunidades que existen, con el fin de ayudar a las empresas de suministro de agua de todo el mundo a tomar decisiones sobre la gestión de la presión basadas en un método riguroso y analíticamente fundamentado.

Este conocimiento compartido, aunque necesario, no es suficiente para impulsar una adopción generalizada de la gestión de la presión. Sólo un esfuerzo conjunto de las principales partes implicadas puede redefinir el sector del agua tal como se conoce hoy en día y superar los complicados retos que plantean la escasez y la calidad del agua. A continuación se exponen algunas reflexiones iniciales sobre las distintas formas en que las partes implicadas del sector pueden ayudar a catalizar la adopción de la gestión de la presión.

#### **Las principales entidades del sector del agua deben pasar a la acción**

Siempre que las principales entidades del sector del agua aúnen sus fuerzas, los siguientes desafíos clave para la implantación de la gestión de la presión no serán insuperables.

- **Falta de conocimiento de las ventajas que pueden lograrse**

La mayoría de las empresas de suministro de agua no son plenamente conscientes de las ventajas que pueden lograrse con la implantación de la gestión de la presión. El diseño de sistemas nuevos o ampliados para que funcionen a bajas presiones estáticas (consulte la cita de la página 6, Pearson y Lambert) resultaría muy beneficioso.

- **Falta de financiación**

Entre las posibles soluciones para derribar la barrera de acceso se incluyen contratos de riesgo compartido para reducir la inversión inicial necesaria y terceros proveedores que implanten soluciones técnicas y analicen los datos.

- **Falta de respaldo político y administrativo**

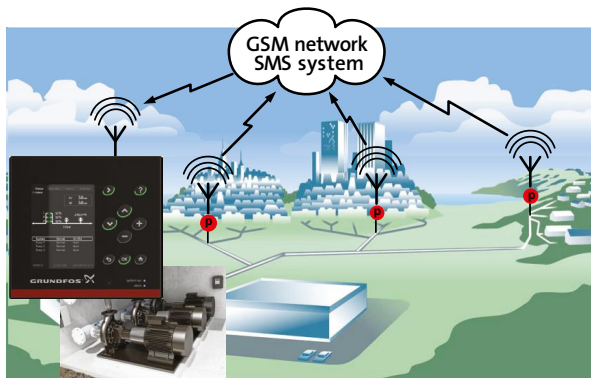
El respaldo administrativo, así como los incentivos, serían críticos para poner en marcha la gestión de la presión, comenzando por zonas con escasez de agua en las que hay una mayor necesidad de eficiencia y conservación de esta sustancia.

## RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE LA PRESIÓN

Como ya se ha indicado, la gestión de la presión es una de las tecnologías clave para mejorar el funcionamiento de las redes de distribución de agua.

Para obtener la mejor gestión de la presión posible, es preciso medir las presiones de la red y controlar la estación de bombeo de acuerdo con las medidas. Sin embargo, la comunicación en línea entre los sensores de presión de la red y la estación de bombeo resulta cara y difícil de poner en práctica. Esto se puede resolver con la solución Demand Driven Distribution de Grundfos, que se muestra en la figura 5.

La tecnología Demand Driven Distribution mide la presión en la red mediante varios dispositivos de registro de datos con batería que transmiten los valores registrados y medidos al controlador Demand Driven Distribution a través de la red GSM, para lo que se usa un único mensaje de texto SMS por sensor al día. Posteriormente, las medidas se utilizan como parte de un sistema de control inteligente que controla la estación de bombeo, manteniendo la presión de la red al valor deseado, sin análisis complicados ni reconfiguraciones del sistema para obtener un funcionamiento correcto.



**Figura 5:** El controlador Demand Driven Distribution conectado a los sensores de presión de la red a través de la red GSM permite controlar las bombas de acuerdo con los datos de los dispositivos de registro mediante un algoritmo de control inteligente.

Los transitorios de presión son una de las razones principales de la aparición de grietas en las tuberías. Para evitar que la estación de bombeo cree dichos transitorios, el ajuste escalonado de la presión es estándar en el controlador Demand Driven Distribution, para lo que se usa la función de acumulación de presión suave.

Con la tecnología Demand Driven Distribution es posible controlar la presión de acuerdo con unas condiciones de funcionamiento determinadas. Por ejemplo:

- En una situación de **suministro continuo**, la tecnología Demand Driven Distribution mantiene un nivel óptimo de servicio al tiempo que genera un ahorro derivado de la reducción del NRW, una mayor eficiencia energética y menores costes de mantenimiento y funcionamiento.
- En zonas afectadas por **períodos de sequía**, pueden reducirse tanto las fugas como el consumo de agua mediante la reducción de la presión de la red sin riesgo de contaminación.
- Cuando la escasez de agua se gestiona mediante un **suministro intermitente**, la gestión avanzada de la presión limita el consumo de agua sin riesgo de contaminación y reduce la frecuencia de las roturas que suelen ir asociadas al suministro intermitente.

### Nuevas ideas técnicas y progresos en la gestión de la presión

La gestión de la presión continúa desarrollándose e incluye tanto la investigación de las ventajas que se desprenden de ella como nuevas tecnologías y modalidades de implantación. Estas son algunas de las áreas que están siendo examinadas:

- Tecnologías inteligentes para optimizar la distribución, la presión de las bombas y la presión en las PRV.
- Relación entre presión y roturas, e influencia de los materiales de las tuberías.
- Validación de los resultados obtenidos y las implicaciones de un aumento de la vida útil de los activos.
- Directrices para el análisis de transitorios en sistemas de suministro y distribución de agua.
- Gestión de la presión en zonas con muy baja presión.

### **Conclusión**

La gestión de la presión representa una gran oportunidad de obtener un importante ahorro económico para las empresas de suministro de agua. Es el momento de aprovechar esta oportunidad, ya que ahora se conoce en profundidad la relación entre la gestión de la presión y sus beneficios, y hay suficientes empresas de suministro de agua con historias de éxito demostrables.

Dado que los ayuntamientos se van a enfrentar a importantes retos en la gestión de los recursos hídricos en un futuro cercano, la gestión de la presión representa un modo eficaz de reducir el agua no contabilizada, mejorar la eficiencia energética y reducir los costes de mantenimiento y funcionamiento.

La tecnología Demand Driven Distribution de Grundfos representa una forma eficaz de aplicar la gestión de la presión a sistemas de bombeo, lo que soluciona los problemas descritos en este artículo y ofrece importantes ventajas para la gestión de los recursos, así como para clientes y comunidades:

- **Gestión de los recursos hídricos**  
Se varía la presión en los ciclos de demanda estacionales y diarios, con el fin de satisfacer el estándar mínimo de presión para el cliente.
- **Mejor servicio al cliente**  
Se cumplen los requisitos de interrupción, continuidad del suministro y presión mínima de forma rentable.
- **Reducción al mínimo de las interrupciones a la comunidad**  
Se reducen la gravedad y duración de las roturas en las redes de agua y otras averías importantes del sistema.
- **Reducción al mínimo de los daños en la fontanería de los clientes**  
Se cumplen las normas nacionales en materia de fontanería que limitan la presión máxima que admiten las tuberías.
- **Reducción de costes por responsabilidad**  
Se reducen la frecuencia y los efectos de las averías en las tuberías de agua, lo que ahorra dinero a la empresa de suministro de agua y mejora la satisfacción del cliente.

### **AGRADECIMIENTOS**

Este artículo ha sido redactado por Marco Fantozzi (Studio Marco Fantozzi, Italia) con contribuciones de Allan Lambert (Water Loss Research & Analysis, Reino Unido), Carsten Skovmose Kallesøe, Abdul-Sattar Hassan, Danny Stærk, Allan Nielsen, Jørgen Bach y Morten Riis (Grundfos Holding A/S, Dinamarca). Los autores desean reconocer la ayuda prestada por la Water Services Association of Australia, el municipio de EtheKwini (Sudáfrica), APA-Nova Bucarest (Rumanía), Essbio (Chile), Frederikshavn Forsyning (Dinamarca) y otras empresas de suministro de agua que permitieron el uso de sus datos y experiencias en este artículo. También se agradece a los miembros del Water Loss Specialist Group su importante contribución a la investigación en curso sobre las ventajas de la gestión de la presión.

## LISTA DE REFERENCIAS

### **Water Loss Specialist Group de la IWA:**

(<http://www.iwahq.org/r8/networks/specialist-groups/list-of-groups/water-loss.html>)

### **Lambert, A., (2000):**

What do we know about pressure: Leakage relationships in distribution systems? IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management, Brno (República Checa), 2000

### **Lambert, A., (2002):**

International Report on Water Losses Management and Techniques. Water Science and Technology. Water Supply, vol. 2, n.º 4, agosto de 2002

### **Thornton, J. y Lambert, A. (2006):**

Managing Pressure to reduce new breaks. Water 21, diciembre de 2006, 24-26

### **Thornton, J. y Lambert, A. (2007):**

Pressure management extends infrastructure life and reduces unnecessary energy costs, Water Loss 2007: actas del congreso, Bucarest (Rumanía), 23-26 de septiembre de 2007  
([http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2007\\_ThorntonLambert-IWA-Bucharest-2007P.pdf](http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2007_ThorntonLambert-IWA-Bucharest-2007P.pdf))

### **Lambert, A., Thornton, J. y Fantozzi, M. (2013):**

Practical approaches to modeling leakage and pressure management in distribution systems – progress since 2005. 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, Perugia; Leakssuite, septiembre de 2013  
([http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2012/11/CCWI\\_Sep2013paper\\_Pressure-burstsALMFJT-1-2003-2013K1.pdf](http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2012/11/CCWI_Sep2013paper_Pressure-burstsALMFJT-1-2003-2013K1.pdf))

### **Pearson, D. y Lambert, A. (2013):**

Accounting for Water Leakage and Managing Performance, “Sustainable Cities, building for the future”; Climate Action, United Nations Environment Programme (UNEP), junio de 2013  
ISBN: 978-0-9570432-8-2

### **DOE, HI, Europump (2001):**

Pump Life-Cycle costs: A Guide to LCC analysis for pumping systems, Oficina de Tecnologías Industriales del Departamento de Energía de EE. UU. (OIT-DOE), Instituto Hidráulico, Europump

### **Abelin, S., Pritchard, M., Sanks, R. (2006):**

Capítulo 29: Costs, en Jones, G., Bosserman, B., Sanks, R., Tchobanoglous, G. (eds.), Pumping Station Design. Tercera edición, Elsevier, EUA, 2006, ISBN 978-0-7506-7544-4

### **Veness, J. (2007):**

Pump Energy Reduction - A Systems Approach, artículo presentado en el Instituto de Ingenieros Mecánicos (Reino Unido) en 2007

### **SENSUS (2012):**

Water 20/20 Bringing Smart Water Networks into focus, 2012

### **EUROSTAT (2009):**

Panorama of Energy - Energy statistics to support EU policies and solutions, libros estadísticos de EUROSTAT, Comisión Europea, ISBN 978-92-79-11151-8

### **Departamento de Agua y Energía (EWD) del World Bank Group (2006):**

Kingdom, B., Liemberger, R., Marin, P., The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries. How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting

### **Lambert, A. y Fantozzi, M. (2010):**

Recent Developments in Pressure Management. IWA Special Conference “Water Loss 2010”: actas del congreso, Sao Paulo (Brasil), junio de 2010  
([http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2010\\_LambertFantozziSaoPaoloIWA-2010H.pdf](http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2010_LambertFantozziSaoPaoloIWA-2010H.pdf))

### **WSAA (2011):**

Framework for Targeting Leakage and Pressure Management. Report for Water Services Association of Australia, por Wide Bay Water Corporation y Water Loss Research & Analysis Ltd., mayo de 2011; parte de WSAA Awsset Management Project PPS-3, Review of Leakage Reporting and Management Practices, Stage 3

**Pearson, D., Fantozzi, M., Soares, D. y Waldron, T. (2005):**

Searching for N2: How does pressure reduction reduce burst frequency? Leakage 2005: actas del congreso, Halifax (Canadá), septiembre de 2005

**Lambert, A. y Thornton, J. (2011):**

The relationships between pressure and bursts – a “state-of-the-art update”. Water 21, abril de 2011, 37-38

**LAPMET software (2011):**

Leakage and Pressure Management Evaluation and Targeting software. Versión 1b para Australia, mayo de 2011 ILMSS Ltd. Leakssuite ([www.leakssuite.com](http://www.leakssuite.com))

**Lambert, A. y Fantozzi, M. (2008):**

Recent developments in predicting the benefits and payback periods of introducing different pressure management options into a zone or small distribution system, Second International Conference on Water Loss Management, Telemetry and SCADA in Water Distribution Systems, Ohrid (Macedonia), junio de 2008 ([http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2008\\_FantozziLambertMacedonialWA-2008L.pdf](http://173.254.28.127/~leakssui/wp-content/uploads/2012/11/2008_FantozziLambertMacedonialWA-2008L.pdf))  
Studio Marco Fantozzi - Innovative Solutions to Leverage Performance in Water Industry: [www.studiomarcofantozzi.it](http://www.studiomarcofantozzi.it)