

# DISEÑO E IMPLEMENTACION DE PROGRAMA DE CONTROL DE PERDIDAS DE AGUA EN EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE VILLA HUIDOBRO

**Mauro Raúl Iriart**

Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda  
Chacabuco 10, Villa Huidobro – Córdoba – Argentina, CP 6275; Telefax (02336) 481021  
Sitio Web: [www.coopvillahuidobro.com.ar](http://www.coopvillahuidobro.com.ar) ; e-mail: [coopvh@coopvh.com.ar](mailto:coopvh@coopvh.com.ar)

## Resumen

Es inevitable tener un cierto nivel de pérdidas de agua, incluso en los sistemas de distribución de agua mejor mantenidos y operados. Pero la enorme cantidad de agua perdida por fugas y los volúmenes de agua distribuidos sin facturación pueden ser los elementos que complican la situación de suministro de agua. La reducción de dichas pérdidas debe ser objetivo de cualquier Cooperativa que opere una red ya que lleva a una mayor eficiencia económica y ecológica, así como también a brindar un mejor servicio a los clientes.

La Cooperativa de Villa Huidobro ha decidido reducir las pérdidas de agua y para ello se ha elaborado un plan de acción con el objetivo de hacer un diagnóstico del sistema existente, determinar y analizar indicadores de desempeño relevantes, para finalmente fijar niveles económicos de Pérdidas de Agua a mediano y largo plazo. Para la reducción de las pérdidas por fugas se analizan cuatro métodos: reemplazo de infraestructura, control activo de fugas, gestión de la presión, y finalmente velocidad y calidad de las reparaciones. Por otro lado, para la reducción de volúmenes de agua distribuidos sin facturación se analizan otros cuatro métodos: mejora del manejo de datos, reducción de consumo no autorizado, reducción de inexactitudes en medidores domiciliarios, y mejora en la lectura de medidores y transferencia de datos.

**Palabras Clave:** *Pérdidas de Agua, Perdidas Reales de Agua, Perdidas Aparentes de Agua, Balance Hídrico*



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: [coopvh@coopvh.com.ar](mailto:coopvh@coopvh.com.ar)  
[www.coopvillahuidobro.com.ar](http://www.coopvillahuidobro.com.ar)

## 1 – La Necesidad de Reducir las Pérdidas de Agua

El agua es indispensable para la alimentación humana así como para la producción industrial y agrícola, por lo que la disponibilidad de agua se relaciona con el bienestar y la prosperidad. Sin embargo, este recurso vital es limitado en cualquier parte del mundo, aunque hay zonas que están más expuestas que otras como lo es la zona del sur de la provincia de Córdoba donde se ubica la localidad de Villa Huidobro.

Es por ello que la reducción de las pérdidas de agua debe ser un objetivo de cualquier organismo que opere una red de distribución de agua y que pretenda realizar una gestión equitativa, óptima y sostenible de los recursos de agua satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

El término desarrollo sostenible de una comunidad significa facilitar una mayor prosperidad y oportunidades más equitativas para sus habitantes así como usos de los recursos naturales de una manera que los preserve para las generaciones futuras. La sostenibilidad requiere que se consideren los aspectos económicos, técnicos, sociales y ecológicos y que se relacione varios campos y niveles de la sociedad. Las pérdidas de agua obstaculizan un desarrollo sostenible, como lo muestra la siguiente lista de impactos potenciales:

- **Impactos económicos:** extraer el agua, transportarla, tratarla y demás operaciones generan costos en las cooperativas que prestan el servicio. Además cada fuga debe ser reparada, lo cual demanda costos adicionales.
- **Impactos técnicos:** las fugas en la red pueden generar cortes en el suministro, lo cual deteriora la infraestructura existente.
- **Impactos sociales:** las pérdidas de agua generalmente generan interrupciones del servicio, así como una disminución de la presión de suministro, lo cual encarece el servicio. Además existen riesgos de que aguas residuales y otros contaminantes ingresen en la red de cañerías generando problemas de salud.
- **Impactos ecológicos:** las pérdidas de agua exigen que un mayor volumen de agua ingrese a la red, aumentando así la extracción y generando una presión adicional sobre el recurso de agua.



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

Es inevitable tener un cierto nivel de pérdidas, incluso en los sistemas de distribución de agua mejor mantenidos y operados; pero el control de las Pérdidas de Agua es un deber de cualquier organismo que opere un sistema de distribución de agua. Así la *Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.* quien está a cargo del servicio de la red de distribución de agua de la localidad de Villa Huidobro ha decidido implementar un programa de reducción de Pérdidas de Agua. Para ello se ha realizado un plan de acción que permitirá conocer la situación actual de pérdidas de agua y determinar un nivel económico predeterminado de pérdidas de agua.

## 2 - Entender las Pérdidas de Agua

Cuando se intenta implementar un programa de reducción de pérdidas de agua, el primer paso es entender y clasificar los diferentes tipos de pérdidas que pueden ocurrir en un sistema de distribución de agua. Existen distintas clasificaciones, aunque la más reconocida y aplicada mundialmente es la recomendada por la Asociación Internacional del Agua (IWA por sus siglas en inglés). Esta clasificación define dos tipos de pérdidas: **Perdidas Reales y Perdidas Aparentes**.

Las **Pérdidas Reales (PRA)** de agua son volúmenes de agua perdidos en el proceso de distribución del agua hacia los usuarios. Estas pérdidas incluyen fugas en la red (cañerías, juntas, válvulas, etc.), fugas en las conexiones de servicio (siempre y cuando se ubiquen antes del medidor del cliente), y finalmente fugas y reboses de tanques de almacenamiento. El rango de caudales debido a fugas puede variar desde 10 l/h en una válvula deficiente de la red, hasta caudales mayores a 10.000 l/h debido a una rotura en una cañería principal.

Las de mayor caudal generalmente son las **fugas visibles** (>500 l/h), las cuales afloran a la superficie y pueden ser detectadas visiblemente (ver Figura 1). También existen las **fugas no visibles** las cuales suelen tener un caudal menor a las visibles (entre 250 y 500 l/h), y por no ser visibles requieren de técnicas especiales para su detección. De esta manera las fugas no visibles no son reportadas, por lo que pueden perdurar por largo tiempo en la red. Finalmente tenemos las **fugas de fondo** que están compuestas por fugas muy pequeñas (<250l/h). Este tipo de fuga no es visible, por lo que no es reportada, siendo incluso muy difícil de detectar usando métodos acústicos. Los volúmenes de agua perdidos en cada fuga son proporcionales a la



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

presión de la red, por lo que una correcta gestión de presión conlleva a reducir los volúmenes perdidos a través de las fugas no visibles y las fugas de fondo.

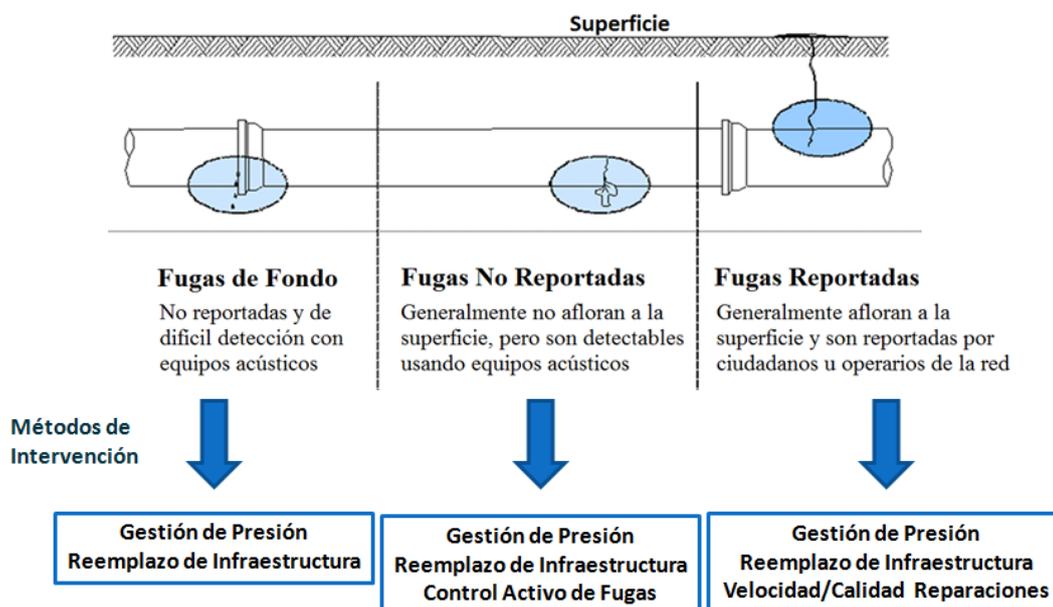


Figura 1 – Clasificación de fugas y métodos de intervención

Las **Perdidas Apparentes (PAA)** no se deben a volúmenes de agua perdidos a través de fugas en la red, sino que es agua que ha sido consumida por usuarios de la red pero que por alguna razón no son parte del Consumo Autorizado (CA) por parte del ente prestador del servicio. Estas pérdidas son causadas por inexactitudes asociadas a medidores, errores en el manejo de datos o por consumo no autorizado.

Las **inexactitudes de los medidores** están generadas por razones mecánicas y de aplicación. Todos los medidores tienen un margen de error en sus mediciones y tal información es proporcionada por el fabricante de cada medidor. Sin embargo dicho margen de error puede ser incrementado cuando no se seleccionan los medidores apropiados, por instalaciones inadecuadas, por la no calibración de medidores, o por el mismo deterioro de los medidores a través del tiempo.

Los **errores en el manejo** de datos se generan por errores del personal en distintas etapas del proceso de manejo de datos. Así se pueden tener errores en la lectura de medidores, errores en el procesamiento de los datos o inclusive en los procedimientos de facturación. Cuando se tiene consumidores a los que se les cobra una tarifa plana se puede generar un error entre el volumen consumido por el usuario y por el



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

facturado. Otra causa es subestimar el agua que se proporciona a distintos usuarios a los que no se les factura el agua.

Por propia naturaleza humana siempre existirán usuarios que intentarán obtener agua sin pagarla. Las razones principales del **consumo no autorizado** son: conexiones ilegales, medidores manipulados o dañados, extracción ilegal, o fraude organizado entre el cliente y personal responsable del manejo de datos.

### 3 – Balance Hídrico

La confección de un Balance Hídrico a intervalos regulares de tiempo es la herramienta fundamental de todo programa que se implemente con la intención de reducir las pérdidas de agua. El más utilizado mundialmente y reconocido por los especialistas es el recomendado por la IWA, y será el utilizado en este programa. En la Tabla 1 se puede ver una simplificación de dicho balance en el cual figuran los distintos componentes que se detallan a continuación:

|                                     |                         |  |                         |
|-------------------------------------|-------------------------|--|-------------------------|
| Volumen de Ingreso al Sistema (VIS) | Consumo Autorizado (CA) | Consumo Autorizado Facturado (CAF)     | Agua Facturada (AF)     |
|                                     |                         | Consumo Autorizado No Facturado (CANF) | Agua No Facturada (ANF) |
|                                     | Pérdidas de Agua (PA)   | Pérdidas Aparentes (PAA)               |                         |
|                                     |                         | Pérdidas Reales (PRA)                  |                         |

**Tabla 1** – Simplificación del Balance Hídrico recomendado por la Asociación Internacional del Agua (IWA por sus siglas en inglés)

**Volumen de Ingreso al Sistema (VIS):** es el volumen total de agua que ingresa en el sistema menos las exportaciones en caso que existan.

**Consumo Autorizado (CA):** es el volumen de agua (medido o no medido) que la Cooperativa autoriza a los usuarios a consumir. Este componente se divide en el Consumo Autorizado Facturado (CAF) y el No Facturado (CANF) según corresponda.

**Agua Facturada (AF):** es igual al Consumo Autorizado Facturado (CAF).

**Agua No Facturada (ANF):** es todo el agua que ingresa en el sistema pero no genera ningún ingreso para la Cooperativa. Se calcula como la diferencia entre VIS y AF.

**Perdidas de Agua (PA):** es la diferencia entre VIS y CA. El volumen total de PA se compone de: a) Pérdidas Reales (PRA) que se generan en el proceso de distribución del agua; y b) Pérdidas Aparentes (PAA) que son volúmenes de agua que son consumidos por los usuarios pero que por alguna razón no figuran dentro de CA.

#### 4 - Diagnóstico del Sistema Existente

Una vez que se conoce y entiende acerca de las pérdidas de agua, es necesario realizar un diagnóstico de la red. Un correcto diagnóstico es la clave para la determinación de medidas apropiadas que conlleven al éxito de la aplicación del programa de reducción de pérdidas de agua. El plan de acción que se implementará en la red de Villa Huidobro para esta etapa se detalla en la Tabla 2.

| Etapa                          | Objetivo  | Medidas / Herramientas  |
|--------------------------------|---|---|
| <b>Diagnóstico del sistema</b> | Recopilación de información del sistema de suministro de agua | Registro de redes, planos con curvas de nivel, medición de flujos y presiones                               |
|                                | Entender el actual funcionamiento hidráulico de la red        | Modelación de la red hidráulica   |
|                                | Evaluar el nivel actual de las pérdidas reales y aparentes    | Balance hídrico desde arriba hacia abajo, análisis de componentes, balance hídrico desde abajo hacia arriba |
|                                | Verificar la confiabilidad de los cálculos de balance hídrico | Bandas de exactitud, límites de confianza del 95%   |
|                                | Analizar ahorros potenciales                                  |   |

**Tabla 2** – Plan de Acción para realizar el diagnóstico del sistema de suministro de agua

Para comenzar se recolectará información sobre la red y se entenderá cómo funciona la misma. Saber cómo funciona la red implica revisar la infraestructura de la red en campo así como también crear un modelo hidráulico donde se puedan observar las presiones y flujos en la red de acuerdo a las demandas generadas en el sistema.

Luego se evaluará el nivel actual de las *Pérdidas de Agua Aparentes y Reales*. Para ello se calculará el balance hídrico de las dos maneras recomendadas por la IWA: arriba-abajo y abajo-arriba. La primera consiste en determinar PRA como la diferencia de VIS y AC, mientras que en la segunda se estima PRA con data de campo. Además



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

se estimará PRA por un método denominado “Análisis de Componentes” por el cual se calcula cada componente de PRA mediante fórmulas que consideran diversos parámetros de la red tales como longitud de cañerías, conexiones de servicio, presión operativa promedio, etc.

Cada componente del balance hídrico calculada será más confiable cuanto más confiable y precisa sea la información recibida. Un balance hídrico mal calculado puede llevar a tomar medidas inapropiadas para la reducción de las pérdidas de agua. Por ello es necesario tratar de acercarse cuanto más sea posible a los valores reales reduciendo al mínimo posible los márgenes de error.

#### 4.1 – Ahorros Potenciales

El término **Ahorros Potenciales** se refiere a los volúmenes de agua que se pueden recuperar desde un punto de vista técnico, aunque obviamente recuperar todo el agua perdida es antieconómico y por lo tanto inviable. Así que se debe encontrar un punto intermedio que se denomina el *Nivel Económico de Pérdidas de Agua* que se detalla en las próximas paginas. Cuando se definen los ahorros potenciales se debe distinguir entre aquellos que se pueden lograr reduciendo las *Pérdidas Reales* y aquellos que se pueden generar reduciendo las *Pérdidas Aparentes*.

Las *Pérdidas Aparentes* son volúmenes de agua que son consumidos por usuarios por lo que es agua que ha llegado a destino y su precio corresponde al *Precio de Venta*  $C_{PV}$  del agua. Por otro lado las *Pérdidas Reales* están constituidas por volúmenes de agua perdidos en el proceso de distribución por lo que su valor es igual al *Costo de Producción*  $C_P$  del agua. Es importante notar que parte de las *Pérdidas Reales* es imposible de recuperar aún usando toda la tecnología disponible, este volumen se denomina *Pérdidas Reales Anuales Inevitables PRAI* y debe ser considerado cuando se estiman los *Ahorros Potenciales*.

$$AP_{PAA} = AP_{PAA} + AP_{PRA}$$

$AP_{PA}$  [\$/año]: Ahorro Potencial de Pérdidas de Agua

$AP_{PAA}$  [\$/año]: Ahorro Potencial de Pérdidas Aparentes de Agua

$AP_{PRA}$  [\$/año]: Ahorro Potencial de Pérdidas Reales de Agua

$$AP_{PAA} = PAA \cdot C_{PV}$$

$PAA$  [ $m^3/año$ ] = Pérdidas Aparentes de Agua

$C_{PV}$  [\$/ $m^3$ ]: Precio de Venta



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito “Villa Huidobro” Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

$$AP_{PRA} = (PRA - PRAI) \cdot C_P$$

$PRA [m/año^3] = \text{Pérdidas Reales de Agua}$

$PRAI [m/año^3] = \text{Pérdidas Reales Anuales Inevitables}$

$C_P [$/m^3]: \text{Costo de Producción}$

## 5 – Selección de Métodos de Intervención

Aplicar un Programa de Control de Pérdidas de Agua es un tema económico. Las Cooperativas deben tratar de controlar las pérdidas con el fin de minimizar los costos de operación de la red. A mayor volumen de pérdidas de agua reducido, mayor será el costo para la cooperativa. Esta es la razón por la cual es antieconómico eliminar por completo las pérdidas de agua (además que técnicamente sea imposible). El óptimo nivel económico es aquel punto en el que el valor del agua perdida mas el valor del programa de reducción de pérdidas de agua sea el mínimo. El Plan de Acción para esta etapa de selección de métodos de intervención se detalla en la Tabla 3.

| Etapa             | Objetivo                                       | Medidas / Herramientas  |
|-------------------|--|---|
| Fijación de metas | Calcular indicadores de desempeño relevantes   | PRAA, PRAI, IFE, IGP  |
|                   | Definir el nivel económico de pérdidas de agua | NEPA  |
|                   | Seleccionar métodos de intervención apropiados | Control activo de fugas (CAF), DHM, gestión de la presión, rehabilitación y reemplazo de tubos, etc |
|                   | Determinar metas de corto y largo plazo        | MPRA  |
|                   | Elaborar un plan de inversión                  |   |

**Tabla 3** – Plan de Acción para la selección de métodos de intervención del sistema de suministro de agua de Villa Huidobro. PRAA: *Perdidas Reales Anuales Actuales de agua*; PRAI: *Perdidas Reales Anuales Inevitables de agua*; IFE: *Índice de Fugas Estructurales*; IGP: *Índice de Gestión de Presión*; NEPA: *Nivel Económico de Pérdidas de Agua*; DHM: *Distritos Hidrométricos*; MPRA: *Meta de las Pérdidas Reales Anuales de agua*.

Como se explicó anteriormente, existen dos tipos de *Pérdidas de Agua (Reales y Aparentes)* las cuales requieren distintas intervenciones para su reducción. En lo siguiente se presentan las herramientas que existen para la reducción de dichas pérdidas. La selección de las herramientas dependerá del diagnóstico realizado y del óptimo nivel económico que se haya determinado y se desee alcanzar.



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

## 5.1 – Métodos de Intervención para Reducir las Pérdidas Reales

La elección de las herramientas para reducir las *Pérdidas Reales* dependerá de las causas que las generen. En la Figura 2 se muestran las cuatro métodos posibles: a) gestión de la infraestructura, b) gestión de la presión, c) control activo de fugas, y d) velocidad y calidad de reparaciones. En el armado del programa de intervenciones se seleccionará una o varias herramientas dependiendo de las condiciones de la red.



**Figura 2** – Métodos de intervención para la reducción de Pérdidas Reales de Agua

Es importante destacar que generalmente la herramienta más efectiva es la gestión de presión, ya que la reducción y regulación de presión reduce los volúmenes perdidos a través de todos los tipos de fugas: fugas de fondo, fugas reportadas y no reportadas (ver Figura 1). Además disminuye la reducción de frecuencia de nuevas fugas que beneficia tanto a la cooperativa prestadora del servicio como a los clientes (ver Tabla 4). En el **Anexo A** se presentan ejemplos de Programas de Gestión de Presión realizados exitosamente en Sudáfrica.

|  |                                  |                                    |
|--|----------------------------------|------------------------------------|
| Beneficios para la Conservación                  | Reducción de Caudales            | ↓ Pérdidas Reales                  |
|  |                                  | ↓ Consumo                          |
| Beneficios de la Empresa Prestadora del Servicio | Reducción de Frecuencia de Fugas | ↓ Costo de Reparaciones            |
|  |                                  | ↑ Vida Útil del Sistema            |
|  |                                  | ↓ Costo de Control Activo de Fugas |
| Beneficios para los Consumidores                 |                                  | ↓ Quejas de Usuarios               |
|  |                                  | ↓ Problemas de Plomería            |

**Tabla 4** – Beneficios de la Gestión de Presión

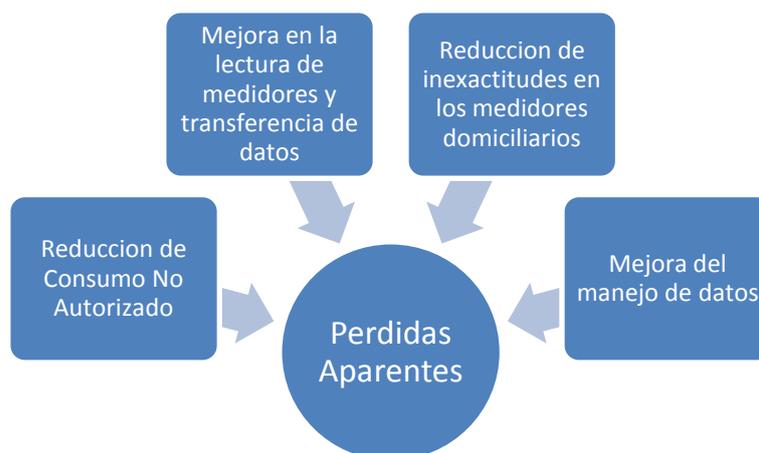


**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

## 5.2 – Métodos de Intervención para Reducir las Pérdidas Aparentes

La reducción de *Pérdidas Aparentes* de agua requiere de intervenciones diferentes a las que se aplican a las *Pérdidas Reales*. En la Figura 3 se observan los cuatro métodos de intervención posibles. La selección de un método o una combinación de ellos dependerá en las condiciones de la red y optimo nivel económico de pérdidas aparentes que se determine cuando se analice la red.



**Figura 3** – Métodos de intervención para la reducción de Pérdidas Aparentes de Agua

## 6 – Recomendaciones

La combinación correcta de métodos de intervención dependerá de las características específicas del sistema así como también de la relación costo beneficio de cada método. Es objetivo de este programa es decidir si un método único o una combinación de ellos serán aplicados para reducir las Pérdidas de Agua de la red. Una vez que se programe el plan de intervenciones será tiempo de implementarlas y para ello se trabajara con personal propio de la Cooperativa, formando personal capacitado dentro de la estructura de la Cooperativa.

Una vez que se comience con el *Programa de Reducción de Pérdidas de Agua*, será de primordial importancia realizar un monitoreo del sistema. Para ello, además de balances hídricos mensuales se calcularán índices de performance que indicarán el desempeño del programa de acciones llevado a cabo en la red. También se crearán distritos hidrométricos que permitirán sectorizar la red de manera que sea más sencilla la evaluación de la performance del sistema.



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

## Anexo A – Sectores de Gestión de Presión implementados en Sudáfrica

Sudáfrica es uno de los países líderes en la reducción de Perdidas Agua y uno de los métodos que más resultados le ha brindado es la Gestión de Presión a través de la implementación de Sectores de Gestión de Presión (SGP). Un SGP es una porción del sistema en el cual la presión es controlada generalmente por una Válvula Reductora de Presión (VRP). La presión se reduce y regula para abastecer a todos los consumidores asegurándoles la presión y caudales mínimos de acuerdo a los estándares establecidos por el ente prestador del servicio. La reducción de la presión, especialmente en horarios nocturnos cuando el consumo disminuye, logra reducir los volúmenes de Pérdidas Reales, por ser estos proporcionales a la presión de la red. En las Figuras 4-5-6 se puede ver la instalación así como los resultados obtenidos en uno de los SGP implementados.

En la Figura 4 se muestran los valores de las Perdidas Reales antes y después de la regulación de la presión de 32 SGP implementados en la Provincia de KwaZulu Natal en Sudáfrica. Las Pérdidas Reales están expresadas en litros diarios por conexión de manera que puedan ser comparados con otras redes. En total se redujo la presión operativa promedio un 35%, lo que generó una reducción de Pérdidas Reales de agua de 2700 m<sup>3</sup>/día lo cual equivale a un ahorro de cerca de 4 millones de Rands por año o de 435.000 Dólares Americanos por año (Costo de Producción = 4,105 Rands/m<sup>3</sup>).

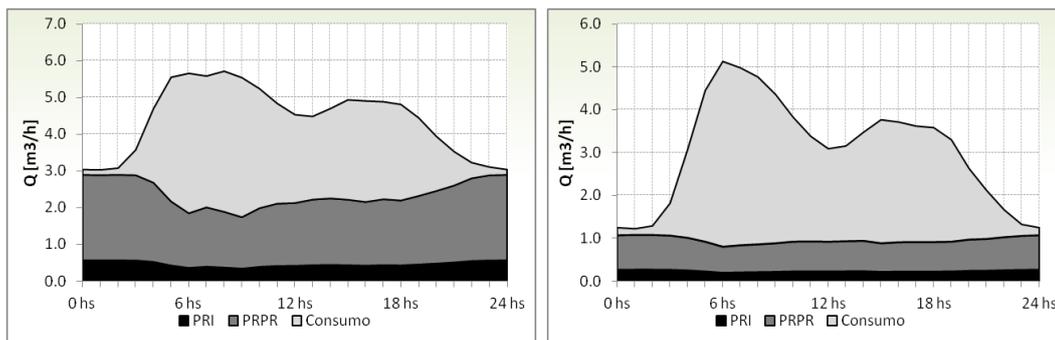


**Figura 4.-** Izquierda: Válvula Reductora de Presión (VRP). Derecha: Piloto de la VRP.

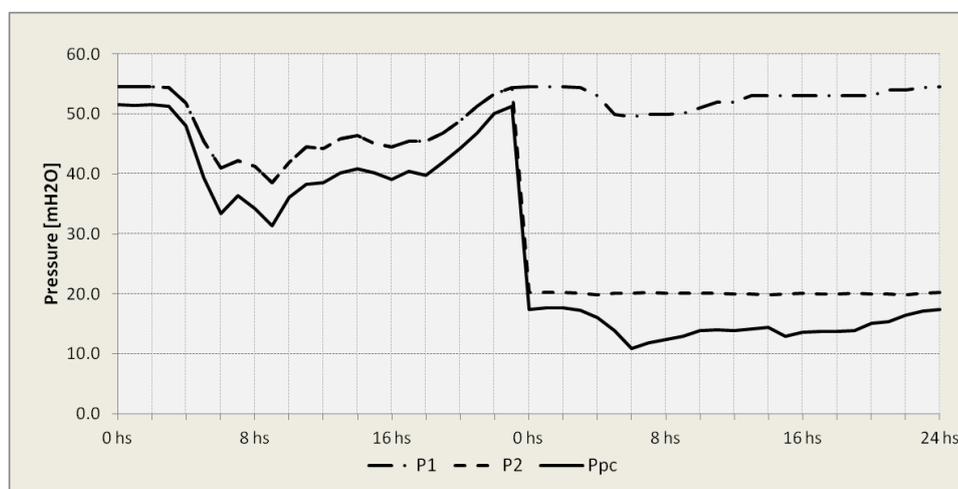


**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

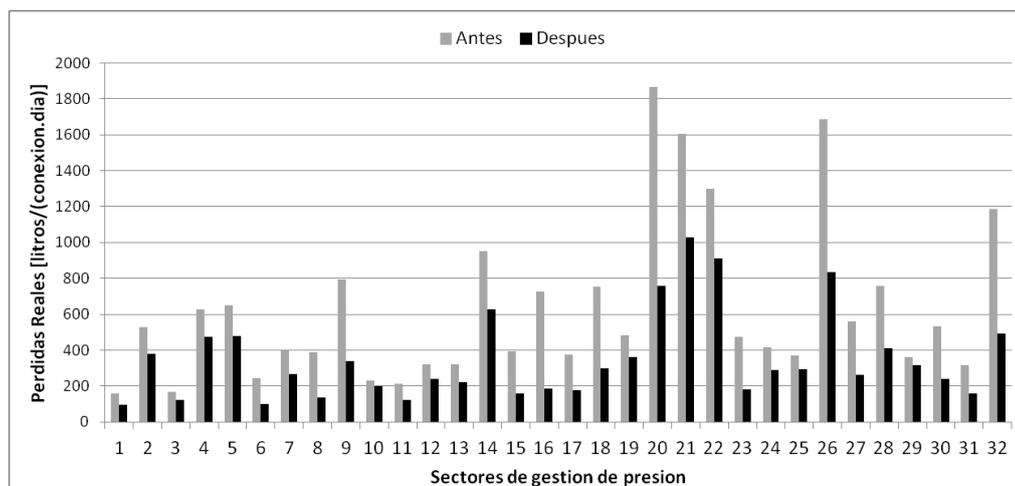
Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar



**Figura 5.** Caudal de ingreso promedio al SGP “KWD3-3” separado en sus tres componentes: consumo, pérdidas reales potencialmente recuperables (PRRR) y pérdidas reales inevitables (PRI). En el grafico de la izquierda se presenta la situación antes de la gestión de presión, mientras que el grafico de la derecha presenta la situación luego de puesta en marcha la VRP.



**Figura 6.** Valores de presión antes y después de la reducción de presión en el SGP “KWD3-3”. La línea solida representa la presión en el punto crítico (Pcp), la línea de guiones la presión aguas abajo de la VRP (P2) y la línea de guiones largos y punto la presión aguas arriba de la VRP (P1).



**Figura 7.** Pérdidas reales antes y después de la gestión de presión



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito “Villa Huidobro” Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar

## Referencias

**Fantozzi, M; Calza, F and Lambert, A** (2009). "Experience and results achieved in introducing District Metered Areas (DMA) and Pressure Management Areas (PMA) at Enia utility (Italy)". IWA Specialist Conference 'Waterloss 2009', Cape Town, South Africa.

**Fantozzi, M and Lambert, A** (2012). "Residential Night Consumption – Assessment, Choice of Scaling Units and Calculation of Variability". WA Specialised Conference 'Water Loss 2012', Manila, Philippines.

**Farley, M and Trow, S** (2003). "*Losses in Water Distribution Networks: A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*". IWA.

**Lambert, A and Mice** (1994). "Accounting for Losses: the Bursts and Background Estimates Concept". Journal I.W.E.M, 8.

**Lambert, A and Morrison** (1996). "Recent developments in 'Bursts and Background Estimates' Concepts for Leakage Management". Journal C.I.W.E.M, 10.

**Lambert, A; Brown, T; Takizawa, M and Weimer, D** (2000). "A review of performance indicators for real losses from water supply systems". IWA/AQUA.

**Lambert, A** (2003). "What do we know about pressure:leakage relationships in distribution systems?". IWA Conference 'System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management', Brno, Czech Republic.

**Lambert, A** (2009). "Ten Years Experience in using the UARL Formula to calculate Infrastructure Leakage Index". IWA Specialist Conference 'Waterloss 2009', Cape Town, South Africa.

**Lambert, A; Hicks, J; Kay, S; May, J and Waldron, T** (2010). "Managing excess pressures to improve water systems asset management". 5th World Congress on Engineering Asset Management, Brisbane, Australia.

**Lambert, A** (2013). "International Water Losses – Lost in Translation". Water and Wastewater Treatment Magazine.

**Thornton, J and Lambert, A** (2005). "Progress in practical prediction of pressure:leakage, pressure:burst frequency and pressure:consumption relationships". Proceedings of IWA Special Conference 'Leakage 2005', Halifax, Canada.

**Thornton, J; Sturm, R and Kunkel, G** (2008). "*Water Loss Control / Second Edition*". Mc Graw Hill.

**Ziegler, D; Fallis, P; Hubschen, K; Oertle, E; Klingel, P; Knobloch, A; Baader, J; Trujillo, R and Laures, C** (2011). "*Guía para la reducción de las pérdidas de agua / Un enfoque en la gestión de presión*". Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Eschborn, Alemania.



**Cooperativa de Electricidad y Servicios Públicos  
y de Crédito "Villa Huidobro" Ltda.**

Telefax (02336) 481021  
CP X6275BVA - Villa Huidobro - Córdoba  
e-mail: coopvh@coopvh.com.ar  
www.coopvillahuidobro.com.ar