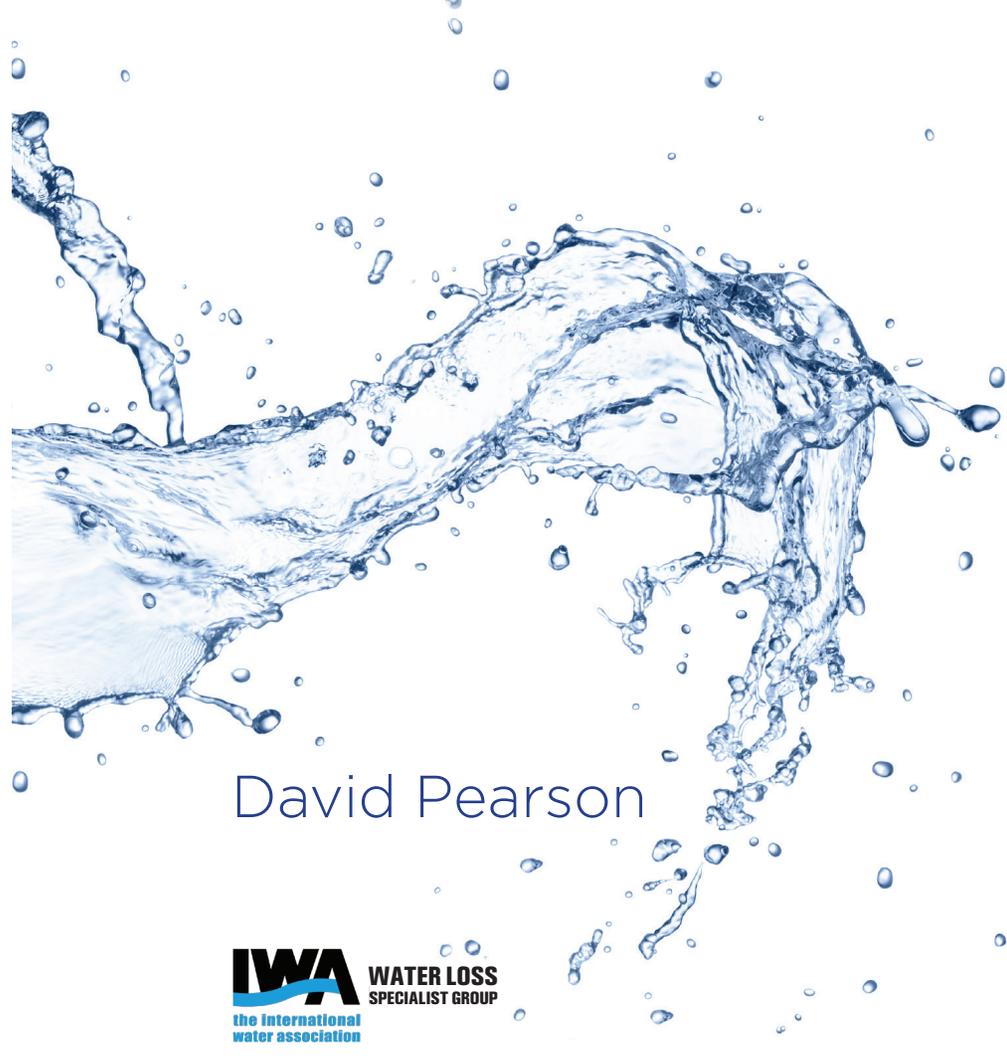




Definiciones Estándar de Pérdidas de Agua

Compendio de términos y acrónimos y su definición asociada de uso común en el campo de la gestión de las pérdidas de agua



David Pearson

IWA WATER LOSS
SPECIALIST GROUP
the International
water association

IWA
PUBLISHING

Definiciones estándar de pérdidas de agua

Definiciones estándar de pérdidas de agua

Author: David Pearson

Editor: Andrew Donnelly

Resumen

Compendio de términos y acrónimos y su definición asociada de uso común en el campo de la gestión de las pérdidas de agua.

Panel Editorial

Bambos Charalambous	Mohammed Shafei
Stuart Hamilton	Stuart Stapely
Will Jernigan	Richard Taylor
Roland Liemberger	Stuart Trow
Mark Nicol	Alan Wyatt
Jo Parker	Gary Wyeth



Publicado por:

IWA Publishing
Alliance House
12 Caxton Street
London SW1H 0QS, UK
Teléfono: +44 (0)20 7654 5500
Fax: +44 (0)20 7654 5555
Email: publications@iwap.co.uk
Web: www.iwapublishing.com

Primera edición 2019
© 2021 IWA Publishing

Aparte de cualquier trato justo con fines de investigación o estudio privado, o crítica o revisión, según lo permitido por la Ley de Derechos de Autor, Diseños y Patentes del Reino Unido (1998), ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, sin el permiso previo por escrito del editor, o, en el caso de reproducción fotográfica, de acuerdo con los términos de las licencias emitidas por la Agencia de Licencias de Copyright en el Reino Unido, o de acuerdo con los términos de las licencias emitidas por la organización de derechos de reproducción apropiada fuera del Reino Unido. Las consultas relacionadas con la reproducción fuera de los términos establecidos aquí deben enviarse a IWA Publishing a la dirección impresa anteriormente.

El editor no hace ninguna representación, expresa o implícita, con respecto a la exactitud de la información contenida en este libro y no puede aceptar ninguna responsabilidad legal u obligación por errores u omisiones que puedan cometerse.

Descargo de responsabilidad

La información proporcionada y las opiniones dadas en esta publicación no son necesariamente las de IWA y no se debe actuar sin una consideración independiente y asesoramiento profesional. La IWA, los Editores y los Autores no aceptarán responsabilidad por ninguna pérdida o daño sufrido por cualquier persona que actúe o se abstenga de actuar sobre cualquier material contenido en esta publicación.

Datos de catalogación en publicación de la Biblioteca Británica

Un registro del catálogo CIP para este libro está disponible en la Biblioteca Británica

ISBN: 9781789060874 (Pasta blanda)
ISBN: 9781789062533 (Libro electrónico)

DOI: 10.2166/9781789062533

Este e-book se hizo de acceso abierto en noviembre de 2019

© 2019 El Autor(es)

Este es un libro de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons. (CC BY 4.0), que permite la copia, adaptación y redistribución, siempre que la obra original esté debidamente citada (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Traducción al español:

Traducido por Fabio Garzon-Contreras. Publicado originalmente con el título "Standard Definitions for Water Losses", 2019. En caso de que exista alguna discrepancia entre el texto original y la traducción, solo el texto original debe considerarse válido.



Índice

Lista de acrónimos	xi
Símbolos estándar para valores numéricos	xiii
Abreviaturas estándar para unidades	xv
Abreviaturas estándar para materiales de tubería	xvii
Recursos Hídricos - Water Resources	1
Agua Potable - Potable Water	1
Agua no potable - Non-potable Water	1
Agua cruda - Raw Water	1
Producción de los recursos hídricos del sistema de abastecimiento - Yield of Water Resource System	1
Capacidad disponible - Deployable Output	1
Suministro disponible - Available Supply	1
Interrupción del servicio - Outage	1
Demanda - Demand	1
Zona de aprovechamiento de los recursos hídricos - Water Resource Zone	2
Zona de suministro de agua - Water Supply Zone	2
Confiabilidad del suministro - Supply Reliability	2
Superávit de producción - Headroom	2
Cobertura del servicio de agua potable - Water Supply Coverage	2
Red de abastecimiento de agua - Water Supply Network	2
Red de distribución - Water Distribution Network	2
Jerarquía de la red - Network Hierarchy	2
Sequía - Drought	2
Restricciones de sequía - Drought Restrictions	3
Suministro - Supply	3
Suministro por tandeos - Rotational Supply	3
Denominación de suministro por tandeos - Rotational Supply Designation	3
Tiempo de suministro - Supply Time	3
Suministro intermitente de agua - Intermittent Water Supply	3
Elementos de la Red de Distribución - Distribution Network Assets	3
Acueducto - Aqueduct	3
Red de conducción - Transmission Main	4
Tanque de almacenamiento de agua - Service Reservoir	4

Red - Main	4
Borde de vía - Edge of Street	4
Tubería de servicio - Service Pipe	5
Conexión de servicio - Service Connection	5
Conexión compartida - Shared Connection	7
Conexión corta - Short-side Connection	7
Conexión larga - Long-side Connection	7
Tubería privada de servicio - Private Service Pipe	7
Tubería privada común de servicio - Common Private Service Pipe	7
Conexión - Connection	8
Conexión legal - Legal Connection	8
Conexión ilegal - Illegal Connection	8
Densidad de conexión - Connection Density	8
Relación de conexión - Connection Ratio	8
Propiedad activa - Active Property	8
Propiedad inactiva - Inactive Property	8
Predio - Property	9
Densidad de predios - Property Density	9
Ocupación - Occupancy	9
Válvula de paso - Step Valve	9
Válvula de circulación - Circulating Valve	9
Válvula de frontera - Boundary Valve	9
Caja del medidor de caudal - Meter Box	9
Caja de válvula de corte - Stop Tap Chamber	10
Válvula de corte externa	10
Válvula interna de corte - Internal Stop Tap	10
Válvula de corte - Stop Tap	10
Roscado en caliente - Tapping	10
Punto de derivación - Tapping Point	11
Tee de derivación - Tapping Tee	11
Válvula de incorporación	11
Accesorios - Appurtenances	12
Acoples - Fittings	12
Purga	12
Hidrante - Hydrant	12
Válvula de aire	13
Válvula de compuerta	13
Válvula de mariposa	13
Válvula de control de presión - Pressure Control Valve	14
Válvula de control de altitud - Altitude Control Valve	14
Válvula sostenedora de presión - Pressure Sustaining Valve	14
Válvula reductora de presión - Pressure Reducing Valve	14
Válvula de alivio de presión - Pressure Relief Valve	15
Medición de Caudal - Flow Metering	15
Contador volumétrico - Volumetric Meter	15
Contador de desplazamiento positivo - Positive Displacement Meter	15
Medidor de turbina - Turbine Meter	15
Medidor de caudal electromagnético - Electromagnetic Meter	15
Medidor de caudal por ultrasonido - Ultrasonic Meter	15
Medidor de caudal de paso total - Full-bore Meter	16
Medidor de caudal de inserción - Insertion Meter	16
Calibración del medidor de caudal - Meter Calibration	16
Verificación del medidor - Meter Verification	16
Caudal - Flow	17

Medidor de caudal - Flow Meter	17
Registrador de caudal - Flow Logger	17
Sensor de pulso - Pulse Unit	17
Medidor de captación - Abstraction Meter	17
Medidor de producción - Production Meter	17
Medidor a la entrada de la distribución - Distribution Input Meter	17
Medidor sectorial - DMA Meter	17
Medidor general - Bulk Meter	17
Medidor que no se factura - Non-revenue Meter	17
Medidor para facturación - Revenue Meter	17
Desfase en la lectura de contadores	17
Lectura automática de contadores - Automatic Meter Reading (AMR)	18
Infraestructura de medición avanzada - Advanced Metering Infrastructure (AMI)	18
Medidor inteligente - Smart Meter	18
Balance de Agua Estándar IWA - IWA Standard Water Balance	18
Volumen de entrada al sistema - System Input Volume	19
Consumo autorizado - Authorized Consumption	19
Agua Facturada - Revenue Water	19
Consumo autorizado facturado - Billed Authorized Consumption	19
Consumo medido facturado - Billed Metered Consumption	19
Consumo no medido facturado - Billed Unmetered Consumption	19
Consumo autorizado no facturado - Unbilled Authorized Consumption	19
Consumo medido no facturado - Unbilled Metered Consumption	19
Consumo no medido no facturado - Unbilled Unmetered Consumption	20
Agua No Facturada - Non-Revenue Water	20
Agua No Contabilizada (ANC) - Unaccounted for Water	20
Pérdidas de agua - Water Losses	20
Pérdidas no técnicas - Non-technical Losses	20
Pérdidas aparentes - Apparent Losses	20
Consumo no autorizado - Unauthorized Consumption	20
Errores en el tratamiento de datos y de facturación - Data Handling and Billing Errors	20
Error en la estimación del consumo no medido - Underestimation of Unmeasured Consumption	21
Inexactitudes de la medición - Customer Metering Inaccuracies	21
Pérdidas técnicas - Technical Losses	21
Pérdidas reales - Real Losses	21
Fugas y reboses en los tanques de almacenamiento	21
Fugas en la red de transmisión y distribución - Leakage on Transmission and Distribution Mains	21
Fugas en las conexiones de servicio hasta el punto de medición del cliente - Leakage on Service Connections up to the Point of Customer Metering	21
Punto de suministro - Point of Supply	22
Pérdidas en las instalaciones hidráulicas internas - Plumbing Losses	22
Consumo - Consumption	22
Consumo per cápita (CPC) - Per Capita Consumption	22
Consumo doméstico por vivienda - Per Household Consumption	22
Área pequeña de monitoreo - Small Area Monitor	22
Monitoreo doméstico individual - Individual Household Monitor	23
Patrón diario de demanda - Diurnal Demand Pattern	23
Gestión de las Fugas - Leakage Management	23
Control de fugas - Leakage Control	23
Fugas - Leakage	23
Volumen diario de fugas - Daily Leakage	23
Volumen nocturno de fugas - Night Leakage	24
Zona - Zone	24
Distrito hidrométrico - District Metered Area	24

Caudal neto - Net Flow	24
Microsector - Sub-DMA	25
Atributos - Attributes	25
Caudal mínimo nocturno - Minimum Night Flow	25
Caudal mínimo - Minimum Flow	26
Método de caudal integrado total - Total Integrated Flow Method	26
Método de caudal mínimo nocturno - Minimum Night Flow Method	26
Consumo nocturno legítimo - Legitimate Night Consumption	27
Consumo nocturno doméstico legítimo - Legitimate Domestic Night Consumption	27
Consumo nocturno legítimo no doméstico - Legitimate Non-household Night Consumption	27
Usuario con registro continuo - Continuous Logged User	27
Prueba de operabilidad - Operability Test	27
Evaluación de fugas de arriba hacia abajo - Top-Down Leakage Assessment	28
Evaluación de fugas de abajo hacia arriba - Bottom-Up Leakage Assessment	28
Fugas aguas abajo - Downstream Leakage	28
Fugas aguas arriba - Upstream Leakage	28
Caudal mínimo nocturno alcanzado - Minimum Achieved Night Flow	28
Caudal mínimo nocturno alcanzable - Minimum Achievable Night Flow	28
Pérdidas reales anuales inevitables - Unavoidable Annual Real Losses	28
Fugas de fondo - Background Leakage	29
Fugas de fondo inevitables - Unavoidable Background Leakage	29
Factor de condición de infraestructura - Infrastructure Condition Factor	29
Frecuencia de rotura - Burst Frequency	29
Frecuencia de rotura de las redes - Mains Burst Frequency	30
Frecuencia de rotura de la tubería de servicio - Service Pipe Burst Frequency	30
Frecuencia de rotura de las conexiones de servicio - Service Connection Burst Frequency	30
Frecuencia de rotura de la tubería privada de servicio - Private Service Pipe Burst Frequency	30
Tasa natural de crecimiento de las fugas - Natural Rate of Rise of Leakage	30
Red inteligente - Smart Network	30
Fugas - Leaks	30
Rotura circunferencial - Circumferential Break	30
Rotura longitudinal - Longitudinal Break	31
Rotura longitudinal - Split	31
Otros modos de falla - Other Failure Modes	31
Fuga - Leak	31
Fuga en red - Leak on Main	31
Fuga en conexión de servicio - Leak on Service Connection	31
Fuga en tubería privada de servicio - Leak on Private Service Pipe	31
Fuga en accesorios - Leak on Appurtenances	31
Fuga reportada - Reported Leak	31
Fuga no reportada - Unreported Leak	32
Duración de la fuga - Leak Duration	33
Tiempo de detección - Awareness Time	33
Tiempo de localización - Location Time	33
Tiempo de reparación - Repair Time	33
Detección De Fugas - Leakage Detection	34
Control activo de fugas - Active Leakage Control	34
Inspección de búsqueda de fugas - Leakage Detection Survey	34
Inspección regular - Regular Sounding	34
Control pasivo de fugas - Passive Leakage Control	34
Inspección reactiva - Reactive Survey	34
Buscar, localizar, descubrir - Locate, Localize, Pinpoint	34
Área de interés - Area of Interest	34
Rotura equivalente de una tubería de servicio - Equivalent Service Pipe Burst	34

Técnicas De Detección De Fugas – Leakage Detection Techniques	35
Correlador - Leak Noise Correlator	35
Búsqueda de fugas por medio de correladores - Correlator Survey	36
Investigación sistemática - Stop Tap Sounding Survey	36
Investigación de los accesorios solo de la red - Mains Appurtenances Only Sounding Survey	36
Búsqueda de superficie - Surface Sounding	36
Caña de escucha - Manual Listening Stick	37
Varilla de escucha electrónica - Electronic Listening Stick	37
Geófono electrónico - Ground Microphone	38
Prueba de presión cero - Pressure Zero Test	38
Registradores acústicos de ruido - Acoustic Noise Loggers	39
Registradores acústicos de ruido con correlación - Correlating Acoustic Loggers	39
Sensores remotos - Remote Sensing	39
Detección de fugas no intrusiva - Non-Intrusive Leak Detection	39
Detección intrusiva de fugas - Intrusive Leak Detection	40
Radar de penetración terrestre - Ground Penetrating Radar	40
Gas trazador - Gas Injection	40
Prueba por pasos - Step Test	41
Prueba de rezonificación temporal de un DH - Temporary DMA Rezoning Test	41
Reparación De Fugas - Leak Repairs	41
Abrazadera de reparación - Repair Clamp	42
Reparación con corte de tubería - Piece Through Repair	42
Gestión De Presiones - Pressure Management	43
Manómetro - Pressure Gauge	43
Registrador de presión - Pressure Logger	43
Presión - Pressure	43
Transitorios hidráulicos - Transients	43
Reducción de la presión - Pressure Reduction	44
Gestión de presión por salida fija - Fixed Outlet Pressure Management	44
Gestión de presión modulada por tiempo - Time Modulated Pressure Management	44
Gestión de presiones modulada por caudal - Flow Modulated Pressure Management	44
Gestión de presiones por punto crítico - Critical Pressure Control Pressure Management	45
Área de presión - Discrete Pressure Area	45
Zona de presión controlada - Pressure Managed Area	45
Punto crítico - Critical Point	46
Punto medio de la zona - Average Zone Point	46
Presión promedio de la zona - Average Zone Pressure	46
Presión nocturna promedio de la zona - Average Zone Night Pressure	46
Presión promedio de operación - Average Operating Pressure	46
Factor hora-día - Hour to Day Factor	46
Descarga de área fija y variable - Fixed and Variable Area Discharge (FAVAD)	47
Factor N1 - N1 Factor	47
Prueba del factor N1 - N1 Step Test	47
Factor N2 - N2 Factor	47
Factor N3 - N3 Factor	47
Rehabilitación De Redes Y Tuberías De Servicio - Mains And Service Pipe Rehabilitation	48
Revestimiento de tuberías por proyección - Mains Relining	48
Reemplazo por zanja - Open Cut Replacement	48
Fragmentación de tuberías - Pipe Bursting	48
Sistema de entubado continuo simple no ajustado - Slip Lining	48
Sistema de entubado ajustado con reducción simétrica por rodillo - Roll Down	48
Sistema de entubado ajustado con reducción simétrica por troquel - Die Drawing	48
Rehabilitación de tuberías de servicio - Service Pipe Rehabilitation	49
Inspección de la condición de la tubería - Pipe Condition Surveying	49

Cámara de limpieza - Pigging Chamber	49
Lavado de la red - Mains Flushing	50
Modelación De Las Fugas - Leakage Modelling	50
Calibración de la demanda - Demand Calibration	50
Modelo de componentes de pérdida reales - Component Loss Model	50
Modelación hidráulica - Hydraulic Modelling	50
Nivel económico de fugas - Economic Level of Leakage	50
Gestión De Pérdidas Comerciales - Apparent Loss Management	51
Error de indicación de un contador - Meter Under-Registration	52
Nivel económico de pérdidas aparentes - Economic Level of Apparent Losses	52
Indicadores De Desempeño - Performance Indicators	53
Indicadores de desempeño del Agua No Facturada - Performance Indicators for Non-Revenue Water	53
Indicador de desempeño para pérdidas aparentes - Performance Indicator for Apparent Losses	53
Indicadores de desempeño para pérdidas reales - Performance Indicators for Real Losses	54
Pérdidas reales anuales actuales - Current Annual Real Losses	54
Índice de fugas estructural - Infrastructure Leakage Index	54
Pérdidas por conexión (cuando el sistema está presurizado) - Losses per Connection (when system pressurized)	54
Pérdidas por unidad de longitud de la tubería principal (cuando el sistema está presurizado) - Losses per Unit Length of Main (when system pressurized)	55
Índice de gestión de las presiones - Pressure Management Index	55
Frecuencia normalizada de roturas en redes - Normalized Mains Burst Frequency	55
Frecuencia normalizada de roturas de las tuberías de servicio - Normalized Service Pipe Burst Frequency	55
Frecuencia normalizada de roturas de la conexión de servicio - Normalized Service Connection Burst Frequency	55
Frecuencia normalizada de rotura de las tuberías privadas de servicio - Normalized Private Service Pipe Burst Frequency	55
Finanzas - Financial	56
Costo marginal del agua - Marginal Cost of Water	56
Valor marginal del agua - Marginal Value of Water	56
Ingreso marginal - Marginal Cost of Revenue	56
Gastos en capital - Capital Expenditure	56
Gastos operativos - Operational Expenditure	56
Flujo de caja descontado - Discounted Cash Flow	57
Tecnologías De La Información - Information Technology	57
Sistema de Información Geográfica - Geographical Information System	57
Sistema de gestión del trabajo - Work Management System	57
Sistema de gestión de fugas - Leakage Management System	57
Sistema de atención al cliente - Customer Contact System	57
Sistema de información de los clientes y facturación - Customer Billing System	57
Sistema de notificación de fugas internas - Waste Notice System	57
Index	59

Lista de acrónimos

Inglés	Español	Descripción
AL	PA	Pérdidas aparentes
ALC	CAF	Control activo de fugas
AMI	AMI	Infraestructura de medición avanzada
AMR	AMR	Lectura automática de contadores
AOI	-	Área de interés
AOP	PPO	Presión promedio de operación
AV	VA	Válvula de aire
AZNP	PPNZ	Presión promedio nocturna de la zona
AZP	PPZ	Punto promedio de la zona
BABE	BABE	Estimación de roturas y fugas de fondo
BU	-	Cuantificación de las pérdidas de abajo hacia arriba
CAL	-	Registadores acústicos de ruido
CAPEX	CAPEX	Inversiones de capital
CARL	PRAA	Pérdidas reales anuales actuales
CLM	-	Modelo de componentes de pérdidas
CLU	-	Usuario con registro continuo
CP	PC	Punto crítico
DCF	-	Flujo de fondos descontados
DMA	DH	Distrito hidrométrico
DPA	-	Área discreta de presión
ELAL	NEPA	Nivel económico de pérdidas aparentes
ELL	NEF	Nivel económico de fugas
EM	EM	Caudalímetro/contador electromagnético
EoS	-	Límite de la vía
ESPB	RETS	Roturas equivalentes de tuberías de servicio
FAVAD	FAVAD	Descarga de área fija y variable
FH	-	Hidrante contra incendio
GIS	SIG	Sistema de información geográfica
GPR	GPR	Radar de penetración del suelo
HDF	FHD	Factor Hora-Día
ICF	FCI	Factor de condición de la infraestructura

IHM	-	Monitoreo individual de consumo en viviendas
ILI	IFE	Índice de fugas estructurales
IWS	-	Suministro intermitente de agua
LCA	-	Área de control de fugas
LDNC	CNDL	Consumo nocturno domestico legitimo
LMS	-	Sistema de gestión de fugas
LNC	-	Correlador
LNC	CNL	Consumo nocturno legitimo
LNHHNC	CNNDL	Consumo nocturno no doméstico legitimo
Mabl	-	Caudal mínimo nocturno alcanzable
MCR	-	Costo marginal de los ingresos
MCW	-	Costo marginal del agua
MF	Qmin	Caudal mínimo
MinHist	-	Caudal histórico mínimo nocturno
MNF	QMN	Caudal mínimo nocturno
MNF Method	-	Método del caudal mínimo nocturno
MUR	ϵ	Error de indicación de un contador
MVW	-	Valor marginal del agua
NDF	FDN	Factor Día-Noche
NPV	VPN	Valor presente neto
NRR	TNCF	Tasa natural de crecimiento de las fugas
NRW	ANF	Agua No Facturada
OPEX	OPEX	Costos de operación
PCC	CPC	Consumo per cápita
PHC	CPV	Consumo por vivienda
PIM	-	Método de inserción de la tubería
PLC	PLC	Controlador lógico programable
PIs	ID	Indicadores de desempeño
PM	-	Gestión de presiones
PMA	-	Área de presión controlada
PMI	IGP	Índice de gestión de presiones
PRV	VRP	Válvula reductora de presiones
PSV	VSP	Válvula sostenedora de presión
PZT	-	Prueba de presión cero
RL	PR	Pérdidas reales
SAM	-	Área pequeña de monitorización
SR	-	Reservorio de servicio
ST	-	Tiempo de suministro
SV	-	Válvula de compuerta
TD	-	Cuantificación de las pérdidas de arriba hacia abajo
TIF Method	-	Método del caudal total integrado
UARL	UMF	Umbral mínimo de fugas
UBL	UMFF	Umbral mínimo de fugas de fondo
UFW	ANC	Agua no contabilizada
WMS	-	Sistema de gestión del mantenimiento
WO	-	Purga
WRZ	-	Zona de recursos hídricos
WSZ	-	Zona de suministro

Símbolos estándar para valores numéricos

Símbolo	Prefijo	Nombre	Valor	Científica
k	Kilo	Miles	1,000	10^3
M	Mega	Millones	1,000,000	10^6
m	Mili	Milésima	0.001	10^{-3}

Abreviaturas estándar para unidades

Abreviatura	Unidad
Longitud	
m	metro
km	kilometro (1000 m)
mi	milla
ft	pie
inch	pulgada
Volumen	
l	litro
m ³	metro cubico (=1000l)
MI	Mega litro (=1,000,000l, 1000m ³)
g	galones (Imperial o US)
ft ³	pies cúbicos
CCF	100 pies cúbicos
AF	acre-pie
Time	
s	segundos
h	hora
d	día
sem.	semana
año	año
Presión	
m	metroH2O
bar	bar
kPa	kilo pascal
p	libras
psi	libras/pulgadas ²
Otros	
c	cápita (persona)
con.	conexión
prop.	propiedad
viv.	vivienda

Notas: No debe haber espacio entre el número y la unidad, p.ej., 7h, 6m, 2sem. No debe haber "s" después de la abreviatura cuando es mayor que 1, p. ej., 7h, 6m, 2sem. Use "/" para "por", p. ej., MI/d, l/c/d, h/d.

Abreviaturas estándar para materiales de tubería

Genérico	Abreviatura	Específico	Abreviatura	Aplicación usual
Hierro fundido	HF	Fundición vertical		Redes
Fundición gris		Revestida con mortero de cemento	HFMC	Redes
Hierro dúctil	HD			Redes
		Revestida con mortero de cemento	HDMC	Redes
Acero	AC			Redes
Asbesto cemento	A-Cem			Redes
Policloruro de vinilo	PVC	No plastificado	uPVC	Redes
		Modificado	mPVC	Redes
		Orientado molecularmente	moPVC	Redes
Polietileno	PE	Media densidad	PEMD	Redes y conexiones
		Alta densidad	PEAD	Redes y conexiones
		Politereftalato de etileno	PET	Revestimiento conexiones
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	GRP	Centrifugación		Redes
		Arrollamiento continuo		Redes
Plomo	Pb			Conexiones de servicio
Cobre	Cu			Conexiones de servicio
Hierro galvanizado	HG			Conexiones de servicio

RECURSOS HÍDRICOS - WATER RESOURCES

Agua Potable - Potable Water

El agua potable es aquella que es «segura» para el consumo humano, generalmente después de su tratamiento y desinfección. Diferentes países tendrán diversos estándares para el agua de consumo humano, tales como, los estándares de la Organización Mundial de la Salud y los de la Unión Europea.

Agua no potable - Non-potable Water

El agua no potable es aquella que no ha sido tratada o desinfectada con el fin de hacerla «segura» para el consumo humano.

Agua cruda - Raw Water

El agua cruda es agua captada en fuentes superficiales o subterráneas que está destinada para el consumo humano, pero que aún no ha recibido ningún tipo de tratamiento para su potabilización.

Producción de los recursos hídricos del sistema de abastecimiento - Yield of Water Resource System

La producción de los recursos hídricos de un sistema de abastecimiento de agua es la cantidad mínima que una fuente o un conjunto de fuentes hídricas puede suministrar de manera garantizada a lo largo de su vida útil, aun en época de estiaje. El diseño para esta situación crítica puede corresponder a un período de 100 años, 50 años, el peor valor histórico, o el determinado por la normativa vigente.

Capacidad disponible - Deployable Output

La capacidad disponible de un sistema de abastecimiento de agua es la cantidad de agua que este puede suministrar teniendo en cuenta cualquier restricción que se presente en el proceso de producción debido a limitaciones en la calidad del agua cruda; la capacidad de captación, aducción o conducción; o la capacidad de tratamiento, almacenamiento o distribución.

Suministro disponible - Available Supply

El suministro disponible es el total de la producción de agua potable de todas las fuentes superficiales y subterráneas, dentro de una zona de abastecimiento, teniendo en cuenta las interrupciones del servicio que se pudiesen presentar.

Interrupción del servicio - Outage

La interrupción del servicio es la falta de suministro de agua causado por el fallo de un elemento crítico de la infraestructura, como, por ejemplo, una bomba dosificadora, el sistema de aireación de un filtro, la salida de operación de un tanque de almacenamiento, una bomba en una estación de rebombeo. La interrupción del servicio puede deberse tanto a factores externos como internos de la empresa operadora. Dentro de los factores externos se encuentran las interrupciones del suministro de energía, la variación de la calidad del agua cruda, los problemas de fabricación de productos químicos para el tratamiento del agua, la suspensión de pagos de los subsidios gubernamentales, daños de la infraestructura por terceros, entre otros. Mientras que los factores internos obedecen a las políticas de gestión del operador como la falta de mantenimiento planificado que conducen a la salida de operación de la planta, la suspensión de los contratos de reparación sin que se cuente con los recursos internos para continuar con esta actividad, por solo mencionar algunos. Las interrupciones del servicio pueden tener un impacto importante en el suministro disponible y, por lo tanto, en la confiabilidad del suministro.

Demanda - Demand

La demanda es la suma de todos los consumos realizados por los usuarios del sistema, más las pérdidas de agua.

Zona de aprovechamiento de los recursos hídricos - Water Resource Zone

Es una zona donde se pueden encontrar varias fuentes hídricas que la alimentan, y cuya interconexión asegura a todos los clientes la misma confiabilidad del servicio.

Zona de suministro de agua - Water Supply Zone

Una zona de suministro de agua es el área donde todos los clientes conectados a ella reciben agua proveniente de una sola fuente o una combinación de ellas. Por lo general, esta se define con fines de monitoreo de la calidad del agua. El nivel económico de pérdidas debe evaluarse a nivel de zona de suministro.

Confiabilidad del suministro - Supply Reliability

La confiabilidad del suministro se define como la capacidad de una empresa operadora para proporcionar un suministro continuo y adecuado en cantidad y calidad del agua en cualquier momento. El nivel de fiabilidad del suministro se puede evaluar utilizando el superávit de producción.

Superávit de producción - Headroom

El superávit de producción dentro de una zona de aprovechamiento de recursos hídricos es la diferencia entre la capacidad disponible de suministro y la demanda de agua. Existe un superávit de diseño que considera un probable aumento a corto plazo de la demanda durante una sequía, las posibles restricciones a la demanda para limitar o mitigar la escasez del agua producto de esta, el tipo de sistema de suministro de agua, y, las acciones que podrían tomarse durante una sequía con el fin de mejorar o mantener el suministro. El balance entre el superávit real y el de diseño define la confiabilidad del suministro.

Cobertura del servicio de agua potable - Water Supply Coverage

La cobertura del servicio define el área en la que la empresa operadora provee el servicio a los predios que están conectados a un sistema de abastecimiento de agua cualquiera. El área abastecida se conoce como área de operación. En un área de operación en donde solo se atiende a una parte de la población, la cobertura del servicio es la relación entre la población abastecida y la población total allí asentada.

Red de abastecimiento de agua - Water Supply Network

Una red de abastecimiento de agua está compuesta por un conjunto de elementos, tales como: embalses, pozos profundos, aducciones, acueductos, estaciones de bombeo y sus equipos auxiliares, que entregan agua cruda a estructuras de tratamiento para su potabilización. Así como los elementos que transportan el agua tratada hasta los tanques de almacenamiento o hasta la entrada a la red de distribución de agua por medio de estaciones de bombeo y redes troncales. Aun cuando la demarcación entre la red troncal y la red de distribución, en ocasiones, no es tan clara, esta se emplea a menudo con fines operativos. Sin embargo, la red de abastecimiento considera no solo la red troncal, sino también la red de distribución de agua ya que esta es la que finalmente entrega agua a los usuarios.

Red de distribución - Water Distribution Network

Una red de distribución de agua es un conjunto de elementos, principalmente tuberías y conexiones de servicio, pero puede incluir también estaciones de rebombeo, que suministran agua desde una red de abastecimiento a las instalaciones del cliente.

Jerarquía de la red - Network Hierarchy

La jerarquía de una red define los diferentes niveles de relación desde los microsectores hidráulicos, pasando a los sectores en donde estos se encuentran, y luego, a las zonas que componen un sistema de abastecimiento de agua, hasta llegar al nivel de empresa. Su identificación es esencial para la notificación de parámetros clave, como las fugas, en los diferentes niveles de la empresa. Esto es un componente fundamental de un sistema de gestión de pérdidas.

Sequía - Drought

Una sequía es un período prolongado de escasas precipitaciones que pone en riesgo la fiabilidad del suministro.

Restricciones de sequía - Drought Restrictions

Las restricciones por sequía son las medidas que puede implementar un operador, luego de su aprobación por los organismos de Estado competentes, para restringir a los usuarios el uso normal y legítimo del consumo de agua durante este periodo de tiempo. Un ejemplo de restricción por sequía es la prohibición del riego de jardines.

Suministro - Supply

El suministro es la cantidad de agua potable disponible en la red de distribución destinada a atender los consumo de todos los usuarios conectados a ella.

Suministro por tandeos - Rotational Supply

Es cuando en un sistema intermitente los horarios de suministro tienen un patrón relativamente constante. (*Ver denominación de suministro por tandeos*).

Denominación de suministro por tandeos - Rotational Supply Designation

En sistemas con suministro por tandeos, es decir, con un patrón consistente de entrega del servicio, a menudo es útil describir el patrón de disponibilidad del servicio en forma de horas por día y días por semana [h / d + d / semana]. Así, por ejemplo, un patrón de suministro de 8 horas al día todos los días tendría la designación de 8×7 y un sistema con suministro de 24 horas durante 2 días a la semana tendría la designación de 24×2. Por lo tanto, esta designación está alineada con el uso común de 24×7 asociada con un servicio continuo.

Tiempo de suministro - Supply Time

Es el período promedio por día que el sistema está presurizado en situaciones de suministro intermitente. Un sistema se define como presurizado cuando la presión es suficiente para que el agua llegue a los usuarios. Este parámetro tiene especial importancia al momento de hacer comparaciones del desempeño entre sistemas, pues al no tenerlo en cuenta se asume que un sistema que esta presurizado por menos tiempo tiene un nivel de perdidas menor que uno que tiene servicio continuo. El tiempo de suministro se puede calcular a partir de la designación de suministro por tandeos. Así, un sistema que se presuriza 4 horas al día, 3 días a la semana, tiene un tiempo de suministro de $4 \times (3/7) = 1,7$ h / d.

Suministro intermitente de agua - Intermittent Water Supply

El suministro intermitente de agua es una medida a la que acuden los operadores de restringir el suministro de agua a partes de una zona de abastecimiento, generalmente por tandeos, con el propósito de conservar el agua cuando esta es escaza. Esta medida se consideraría cuando el superávit de producción real es mucho menor que el de diseño, por lo que el nivel de intermitencia del servicio dependerá de este déficit. La intermitencia del servicio puede resultar también cuando un tanque de almacenamiento se vacía, y no como una operación programada. En sistemas pequeños con suministro intermitente, el servicio es por horas para toda la red simultáneamente; mientras que, en sistemas más grandes, el abastecimiento se realiza con rotación de las horas de servicio diferenciado por sectores. Aun cuando se puede encontrar que en usuarios críticos, como hospitales, el servicio se mantenga en todo momento. La intermitencia del servicio afecta de manera importante la condición de la infraestructura, pues debido a los ciclos de vaciado y llenado de las redes se presentan fluctuaciones importantes de presión que generan roturas, y, por ende, una mayor frecuencia de fugas. Es por esto por lo que desde la perspectiva de la reducción y el control de pérdidas esta práctica se considera contraproducente, por lo que se recomienda que no se desocupen las tuberías totalmente, sino que se mantenga en ellas una presión mínima. El Grupo Especializado de Pérdidas de Agua de la IWA recomienda que se empleen todos los métodos posibles para reducir las fugas y controlar la demanda para que se mantenga el suministro continuo y se evite la intermitencia del servicio. (*Vea suministro por tandeos y denominación de suministro por tandeos*).

ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - DISTRIBUTION NETWORK ASSETS

Acueducto - Aqueduct

Un acueducto es un término genérico para un sistema que transporta agua. Tiene una definición muy amplia, a menudo se usa para describir una estructura que transporta agua no potable desde la fuente hasta la planta de tratamiento, pero ocasionalmente se puede emplear para el conducto que transporta agua potable a una conurbación. Esta estructura puede ser un conducto abierto o cerrado, canales, túneles, o tuberías, entre otros.

Red de conducción - Transmission Main

Una red de conducción se emplea para el transporte de agua potable entre las obras de tratamiento y los tanques de almacenamiento o entre tanques. Es una práctica normal que las empresas operadoras eviten el suministro de agua a los clientes desde la red de conducción, a menos que existan circunstancias o razones particulares para hacerlo. Las redes de conducción se conocen como redes troncales en el Reino Unido y red principal en algunos otros países.

Tanque de almacenamiento de agua - Service Reservoir

Un tanque de almacenamiento es una estructura que contiene agua y generalmente se ubica en los límites o al interior de las ciudades y define el inicio de la red de distribución de agua (Figura 1). Un tanque de almacenamiento es alimentado por una tubería de conducción y este alimentará la red de distribución o posiblemente una conducción a otro tanque de almacenamiento. Las principales funciones de un tanque de almacenamiento son: proporcionar la cabeza necesaria para que el agua pueda ser suministrada a los clientes dentro del área de servicio por gravedad, equilibrar el patrón de demanda diurna con el fin de minimizar la capacidad máxima necesaria en las obras de tratamiento y redes de conducción; y también, para tener una capacidad de emergencia para mejorar la seguridad del suministro a la red de distribución en caso de falla en la planta de tratamiento o ruptura en la red de conducción. En el Reino Unido los tanques de almacenamiento de un tamaño importante se les denomina depósitos de servicio; mientras que los de menor volumen se les llama tanques.

1 Tanque semienterrado



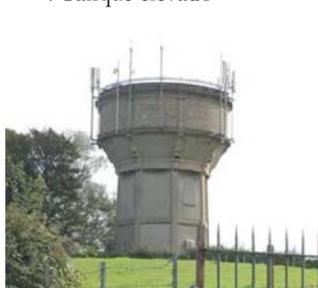
2 Tanque superficial



3 Tanque elevado



4 Tanque elevado



5 Tanque elevado



Figura 1 Tanques de almacenamiento típicos (Fuente: Atkinson (1, 2, 3, 5) y Pearson (4))

Red - Main

Una tubería de agua o de distribución de agua es una tubería que se utiliza para el suministro «general» de agua, que usualmente abastece varios predios dentro de la topología de la red. A una empresa operadora se le puede solicitar autorización para conectarse a la red para uso doméstico y a cambio recibir una compensación económica por su uso. En el caso de redes rurales ramificadas, puede resultar difícil determinar si una tubería es una red o una conexión de servicio, especialmente, en sus extremos. A veces se le denomina tubería general, red de distribución o red secundaria (a diferencia de la red troncal).

Borde de vía - Edge of Street

El límite de la vía en la que se instala una tubería general.

Tubería de servicio - Service Pipe

Una tubería de servicio conecta la red de distribución de agua con una edificación. Esta considera tanto la conexión de servicio como la tubería privada de servicio (*Figura 2*).

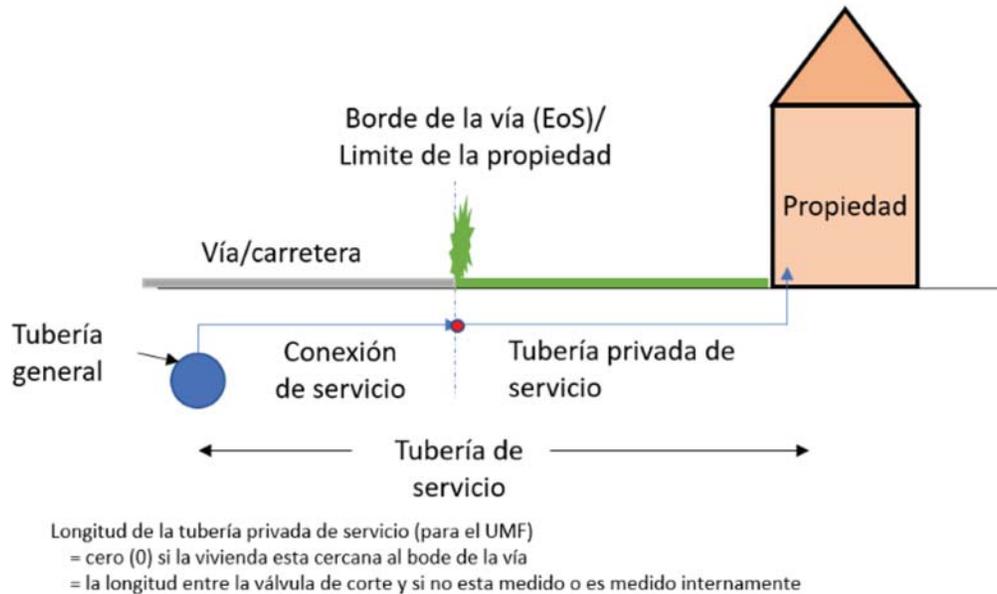


Figura 2 Esquema de una conexión de servicio - Caso 1 (Fuente: Pearson)

Conexión de servicio - Service Connection

La conexión de servicio es la parte de la tubería de servicio que va desde la red de distribución hasta el borde de la vía (*Figura 2*). Por lo general, se instala una válvula de corte externa, y posiblemente, un contador de consumos, en la delimitación entre la conexión de servicio y la tubería privada de servicio. La conexión de servicio puede llegar hasta la pared misma de la edificación si esta coincide con el borde de la vía (*Figura 3*).

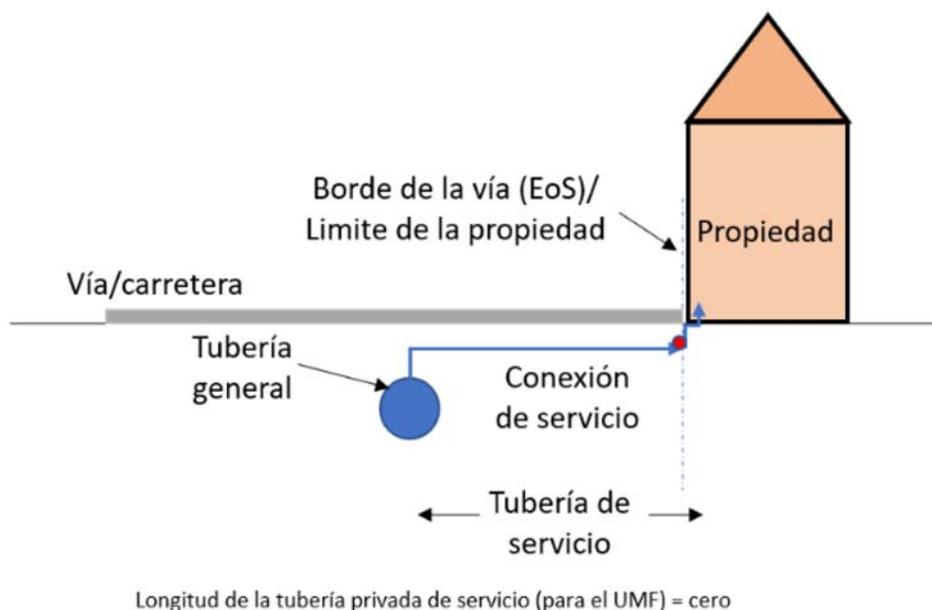


Figura 3 Esquema de una conexión de servicio - Caso 2 (Fuente: Pearson)

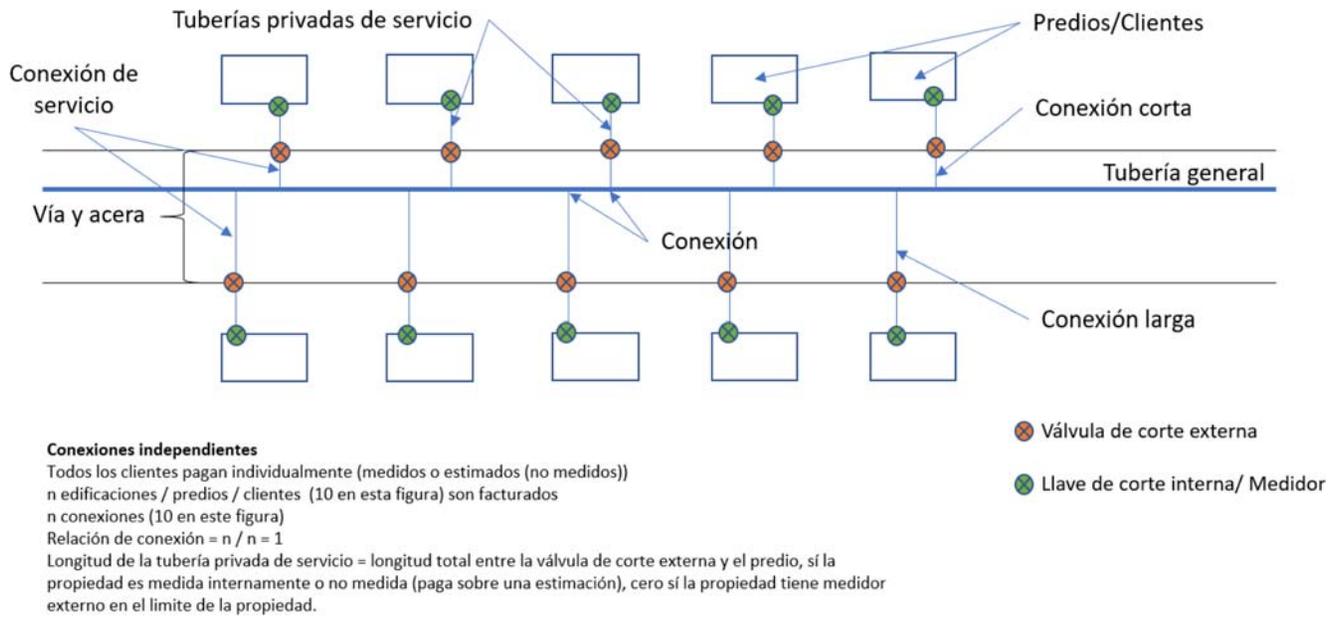


Figura 4 Esquema de conexión individual de servicio (Fuente: Pearson)

En este caso, la válvula de corte y el contador se instalan enterrados en el suelo o en la pared, y en algunos casos, pueden estar dentro de la edificación. La conexión de servicio puede ser de propiedad de la empresa operadora o del usuario, aunque el mantenimiento de esta siempre está a cargo del operador, así el usuario deba pagar por ello. Una conexión de servicio puede abastecer uno (Figura 4) o más predios (Figura 5). Estos esquemas generalmente se dan en empresas organizadas o países desarrollados, siendo el ideal, pero puede estar menos definido en algunos otros países. En el Reino Unido, la conexión de servicio se le conoce también como tubería de comunicación.

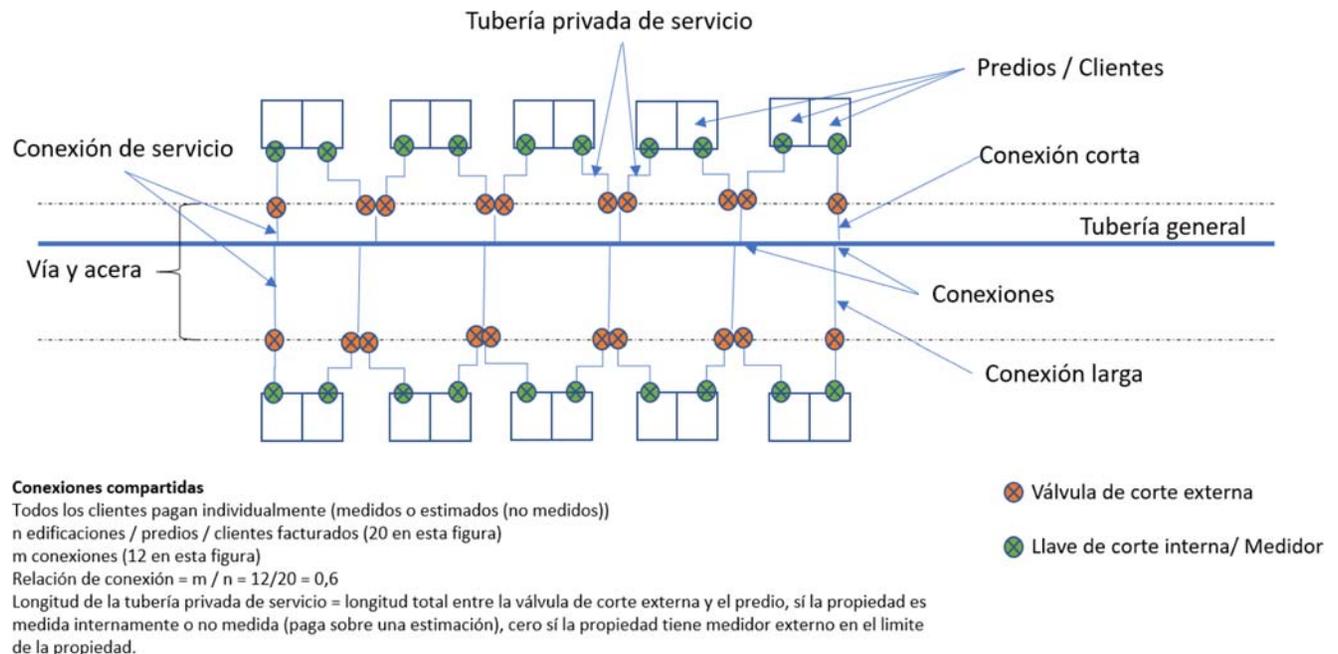


Figura 5 Esquema de una conexión de servicio compartida con dos predios (Fuente: Pearson)

Conexión compartida - Shared Connection

Es una conexión de servicio que abastece a más de un predio (*Figura 5*).

Conexión corta - Short-side Connection

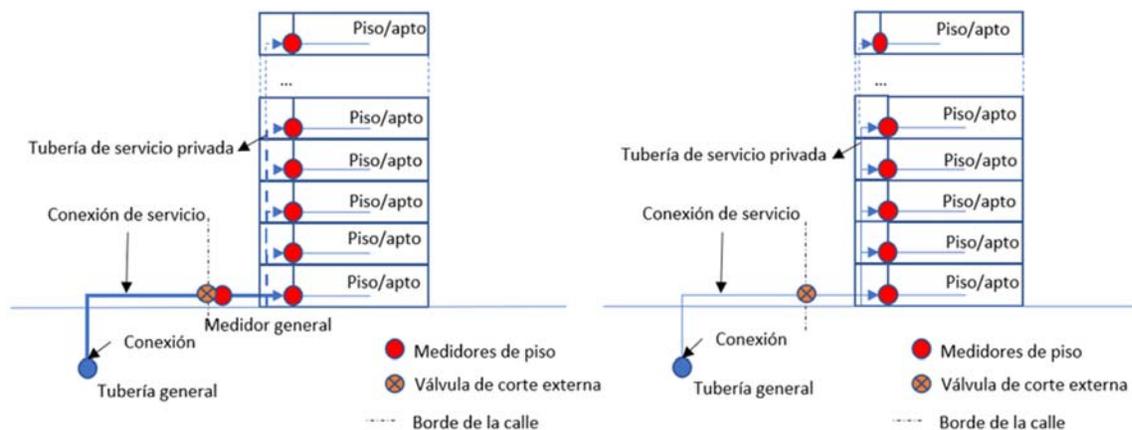
Una conexión corta se da cuando la red de distribución se encuentra del mismo lado de la vía que el predio abastecido (*Figuras 4 y 5*).

Conexión larga - Long-side Connection

Una conexión larga se da cuando la red de distribución se encuentra en el lado contrario de la vía a la del predio abastecido (*Figuras 4 y 5*).

Tubería privada de servicio - Private Service Pipe

La tubería privada de servicio es aquella que va desde el límite de la vía, cuando no se tiene instalado un contador, hasta la llave de corte interna del predio o del punto de suministro (*Figura 2*). Esta tubería puede estar enterrada o ser superficial como en un edificio multifamiliar (*Figura 6*). La tubería privada de servicio es propiedad del dueño del inmueble, por lo que su mantenimiento es de su responsabilidad. La tubería privada de servicio se conoce como tubería de suministro en el Reino Unido.



Bloque de apartamentos - Caso 1

Medidor general utilizado como parte del proceso de facturación.
 Los pisos pagan en función del consumo propio más la proporción de la diferencia entre medidor general y la suma de consumos de los pisos.
 1 conexión
 n edificaciones / predios / clientes facturados
 Relación de conexión = $1/n$
 Longitud de la tubería de servicio privado = cero si el medidor está al borde de la calle; o es igual a la longitud entre la llave de corte externa y medidor general.

Bloque de apartamentos - Caso 2

Sin medidor general o el medidor general no se emplea en el proceso de facturación.
 Todos los pisos pagan individualmente (medidos o estimados (no medidos))
 1 conexión
 n edificaciones / predios / clientes facturados
 Relación de conexión = $1/n$
 Longitud de la tubería de servicio privada = longitud total entre la válvula de corte externa y los pisos

Figura 6 Esquema de disposición de la tubería privada de servicio en bloques de apartamentos (Fuente: Pearson)

La longitud de la tubería privada de servicio se emplea en el cálculo del umbral mínimo de fugas (UMF) y del umbral mínimo de las fugas de fondo (UMFF), y va desde el límite de la vía o la válvula de corte externa hasta el punto de suministro. En las *Figura 2* a *Figura 7* se pueden observar las diferentes particularidades asociadas a esta. Se debe tener cuidado en la estimación de esta longitud cuando los predios se miden interna o externamente (*Figura 4* y *Figura 5*) y en el caso de apartamentos (*Figura 6*), o condominios (*Figura 7*).

Tubería privada común de servicio - Common Private Service Pipe

Es una tubería privada de servicio que alimenta a más de un predio (*Figura 7*).

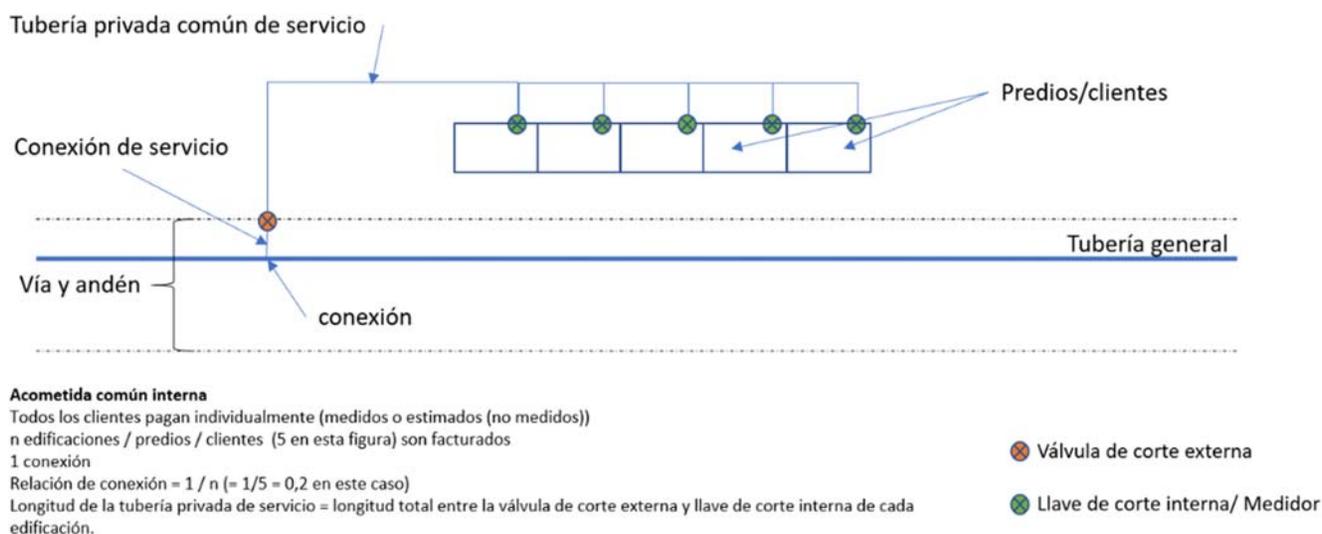


Figura 7 Esquema de disposición de la tubería privada de servicio común para un condominio (Fuente: Pearson)

Conexión - Connection

Una conexión es donde una tubería de servicio se une a una red de distribución mediante un punto de toma. Una conexión puede ser legal o ilegal.

Conexión legal - Legal Connection

Una conexión que ha sido construida en una red de distribución u otra tubería de servicio con la autorización de la empresa operadora.

Conexión ilegal - Illegal Connection

Una conexión que se ha construido en una red de distribución u otra tubería de servicio sin la autorización de la empresa operadora, y de la cual esta desconoce de su existencia.

Densidad de conexión - Connection Density

Este indicador relaciona el número de conexiones por unidad de longitud de la red de distribución (#conexiones/km de red) que determina la influencia de las conexiones en el volumen de fugas. Es usual que las empresas operadoras desconozcan el número real de conexiones de servicio que operan, por lo que este indicador en ocasiones se calcula empleando el número de predios conectados al servicio o el número de clientes activos registrados en la base de datos comercial. En sistemas con presencia importante de edificaciones de altura o de condominios, estas aproximaciones distorsionan el valor de este indicador, por lo que se debe establecer si se está utilizando la densidad de conexión o de predios o clientes.

Relación de conexión - Connection Ratio

Este indicador relaciona el número de conexiones y la cantidad de propiedades o predios facturados en un área de servicio, pudiendo ser esta una zona de suministro o un distrito hidrométrico. Esta relación varía entre 0 y 1, y, dependerá del esquema de suministro predominante. Por ejemplo, la disposición de suministro en el caso de conexiones independientes (*Figura 4*) tendrá una relación de conexión de 1 o del 100 por ciento; mientras que la disposición de suministro en el caso conexión compartida (*Figura 5*) tendrá una relación de conexión de 0,6 o 60 por ciento. La relación de conexión en el caso de tuberías privadas de servicio común (*Figura 6*) o de un bloque de apartamentos (*Figura 7*) resulta en un valor pequeño.

Propiedad activa - Active Property

Es un inmueble que está ocupado, ya sea de forma continua u ocasional, y que por tanto podría tener consumo. Una segunda vivienda de una persona se puede clasificar también como activa, ya que tendrá consumo de manera ocasional.

Propiedad inactiva - Inactive Property

Es una propiedad que se encuentra desocupada y por tanto no tiene consumo. A veces se denomina propiedad desocupada.

Predio - Property

La definición de predio en la práctica puede resultar algo compleja. A efectos de la gestión de pérdidas, resulta más fácil trabajar con el número de contratos activos registrados en el sistema de facturación de la empresa operadora, y, por tanto, la definición debe reflejar esto, es decir, un predio será sinónimo de una cuenta facturada; sin importar el tipo de inmueble asociado pudiendo ser este una casa, un apartamento, una instalación industrial, o un local comercial. Esto siempre y cuando el servicio este asociado a un predio y no a una persona.

Densidad de predios - Property Density

Este indicador define la relación entre el número de predios facturados (es decir, clientes) por unidad de longitud de la red, expresado como #predios/km red.

Ocupación - Occupancy

Es la relación entre la población estimada en un área dada (zona de suministro, distrito hidrométrico) dividida por el número de predios domésticos (cuentas facturadas) en la misma área. La población estimada puede ser un parámetro de difícil obtención, aun cuando algunos países tienen datos censales de buena calidad. Por su parte, las cuentas facturadas del área de interés se obtienen empleando el SIG y su integración con el sistema de información comercial y facturación.

Válvula de paso - Step Valve

Es una válvula de compuerta que se usa para cerrar un tramo de tubería en una prueba por paso (step test) para prelocalizar las fugas.

Válvula de circulación - Circulating Valve

Es una válvula de compuerta que se usa para aislar secciones de un distrito hidrométrico con el fin de prelocalizar las fugas por medio de una prueba por pasos en un distrito hidrométrico.

Válvula de frontera - Boundary Valve

Es una válvula de compuerta que se cierra para crear el límite de una zona de presión o un distrito hidrométrico.

Caja del medidor de caudal - Meter Box

Elemento ubicado en el límite de la propiedad que generalmente contiene un contador de consumos y una válvula de corte (*Figura 8*). En ocasiones se le denomina caja de lindero.

1 Caja del medidor



2 Instalación



3 Con sensor de presión



Figura 8 Instalación y caja de medidor externa típica (Fuentes: Plasson (1), Parker (2), Mueller Water Products Inc. (3))

Caja de válvula de corte - Stop Tap Chamber

Elemento ubicado en el límite de la propiedad que proporciona acceso a la válvula de corte, usualmente en países donde el predio no tiene medición externa y la válvula se encuentra enterrada (*Figura 9*). A menudo se construye con segmentos de hormigón o con ductos plásticos. Existen otro tipo de construcciones en las que la válvula cuenta con un eje telescópico que llega hasta la superficie, lo que evita el riesgo de que la caja se llene de agua y escombros.



Figura 9 Cámaras de válvulas típicas (Fuentes: Plasson (1), Mueller Water Products Inc. (2)).

Válvula de corte externa

Una válvula que se encuentra en o cerca del límite de la vía. Esta válvula de corte es propiedad de la empresa operadora y ella es responsable de su mantenimiento. En algunos países, el contador de agua y la llave de corte deben estar a un metro de la primera salida de una conexión de servicio, de ahí su ubicación dentro de la propiedad. En otros países no se emplea una válvula independiente, sino que se emplea una válvula de incorporación para aislar la tubería de servicio. A veces a esta válvula se lo conoce como llave de paso. En los Estados Unidos, a esto se le conoce como llave de acera (curb stop).

Válvula interna de corte – Internal Stop Tap

Esta llave o válvula de corte se instala en la pared exterior de una propiedad o inmediatamente dentro de esta. Esta válvula es de propiedad del dueño del inmueble, por lo que el mantenimiento de esta es de su responsabilidad.

Válvula de corte - Stop Tap

Es una llave o válvula de corte (*Figura 10*) que se emplea para regular o controlar el flujo de agua desde la red hacia y dentro de las edificaciones residenciales y comerciales. A veces se denomina válvula de cierre.

Roscado en caliente- Tapping

El roscado en caliente es el proceso por medio del cual se perfora la pared de la tubería de la red cuando esta está a presión para generar una conexión. Puede ser una rosca de diámetro pequeño (~20 mm) para una conexión de servicio (punto de rosca) o puede ser de un diámetro mayor (~60 mm) con el fin de instalar un medidor de inserción (*Figura 11*).



Figura 10 Llaves de corte típicas (Fuentes: Plasson (1, 2, 3) y Mueller Water Products Inc (4)).

1 Demostración con sonda calibradora



2 Instalación en la tubería



Figura 11 Perforación típica de gran diámetro (Fuente: Atkinson (1, 2))

Punto de derivación - Tapping Point

El punto de derivación es el nombre genérico para la conexión de la red con la conexión de servicio. Puede ser una válvula de incorporación o una tee de derivación.

Tee de derivación - Tapping Tee

Una tee de derivación es el accesorio que se emplea para la conexión de la red de PVC o PE con la conexión de servicio. Lo normal es contar con algún tipo de silleta que fije mecánicamente o suelde a la tubería general de tal manera que le de soporte a la conexión de servicio. Estos accesorios generalmente tiene su propio mecanismo de perforación que se desplaza hacia abajo para perforar la pared del tubo de plástico y hacer así la conexión. La tee puede contar con una válvula de incorporación para controlar que el suministro se pueda abrir o cerrar una vez que se haya conectado a la red (*Figura 12*).

Válvula de incorporación

Una válvula de incorporación es el accesorio que conecta una tubería metálica general a la conexión de servicio. Por lo general, están hechas de latón y tienen forma cónica (*Figura 13*). Se perfora la tubería y luego se instala la válvula de incorporación en esta. Algunas válvulas de incorporación pueden incluir una válvula para controlar que el suministro se pueda cerrar desde la red. En tales casos, se les conoce como llaves de paso o llaves de incorporación.



Figura 12 Tes típicas de derivación (Fuentes: Aliaxis UK (1), Mueller Water Products Inc. (2), Parker (3))

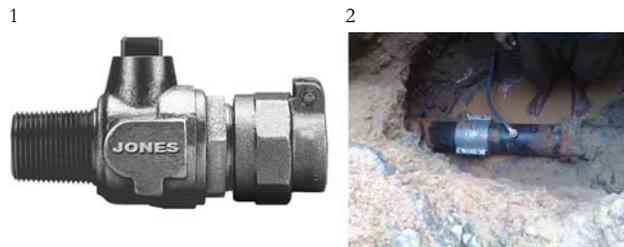


Figura 13 Válvula de incorporación e instalación típica (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1), Atkinson (2))

Accesorios - Appurtenances

Término genérico para describir una estructura, dispositivo, o artefacto que no sea una tubería y que se emplee en conexión a un sistema de distribución de agua. Esto incluye válvulas de compuerta, hidrantes, válvulas de aire y válvulas reguladoras de presión, entre otros.

Acoples - Fittings

Término genérico para describir los elementos que se emplean para unir tuberías o realizar conexiones a ellas, tales como tees, codos, uniones y acoples, entre otros.

Purga

Una purga es una válvula de compuerta o un hidrante instalado por la empresa operadora, generalmente, pero no necesariamente, en las terminaciones de la red de distribución, con el propósito de vaciar una tubería o hacer una limpieza de ella cuando se presentan problemas de calidad del agua.

Hidrante - Hydrant

Un hidrante o boca de incendio es un accesorio que se conecta a una tubería general o a una derivación corta desde la cual se puede descargar un caudal considerable de agua en caso de incendio, que usualmente es operado por los bomberos. Los hidrantes también se pueden emplear para la purga de la red, por lo que estos normalmente se designan y etiqueta como purgas. Un hidrante puede ser superficial o enterrado, como se muestra en la [Figura 14](#). Teniendo en cuenta que desde un hidrante se puede tener acceso a la tubería general, estos pueden ser útiles para instalar en ellos sensores de presión, sensores de ruido o correladores, o dar acceso a equipos intrusivos de detección de fugas, o para inspeccionar el estado interno de la infraestructura. Las empresas operadoras usualmente se encargan del mantenimiento de los hidrantes, aun que puede haber lugares en los que esta actividad está a cargo de los bomberos.



Figura 14 Hidrantes típicos (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1), K Atkinson (2))

Válvula de aire

Una válvula de aire es una válvula diseñada para permitir que el aire, que pueda haberse acumulado en puntos altos en una tubería general sea expulsado, o por el contrario que permita que entre aire en la tubería cuando esta se drena para mantenimiento o reparación. También pueden instalarse en otros puntos estratégicos, que no sean el punto más alto de una tubería general (*Figura 15*).



Figura 15 Válvulas de aire típicas (secciones) (Fuente: Mueller Water Products Inc.)

Válvula de compuerta

Una válvula de compuerta es aquella que se abre al levantar una cuña interna que permite que el agua pase y cuando está en la posición cerrada evita que el agua fluya (*Figura 16*). Las empresas operadoras emplean las válvulas de compuerta en la red de distribución con varios objetivos, entre los que se tienen el aislamiento de segmentos de tuberías para reparar las fugas, el aislamiento de zona para crear distritos hidrométricos, y el aislamiento de sectores dentro de un distrito hidrométrico o una zona de suministro para prelocalizar fugas por medio de una prueba por pasos. Las válvulas de compuerta de gran diámetro (~350 mm) pueden equiparse con una pequeña válvula de bypass que tiene por finalidad igualar las presiones a través de la válvula antes de intentar abrir la válvula principal.

Válvula de mariposa

Una válvula de mariposa es aquella que se opera con un disco que gira 90 grados para permitir el paso del agua o detener el flujo de esta (*Figura 17*). Por lo general, se instala en tuberías de mayor diámetro, en donde una válvula de compuerta sería demasiado grande, por lo que podría estar cerca o por encima del nivel del suelo. Las válvulas de mariposa se pueden equipar con una pequeña válvula de bypass para igualar las presiones a través de la válvula antes de intentar abrir la válvula principal.



Figura 16 Válvulas de compuerta típicas (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1, 2), K Atkinson (3, 4))



Figura 17 Válvulas de mariposa típicas (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1), Atkinson (2))

Válvula de control de presión - Pressure Control Valve

Es la familia genérica de las válvulas de control automático que operan teniendo en cuenta la presión de servicio de la red de suministro o distribución de agua. Dentro de esta familia se tienen las válvulas reductoras de presión, las válvulas sostenedoras de presión, las válvulas de alivio de presión y las válvulas de control de nivel.

Válvula de control de altitud - Altitude Control Valve

Es un tipo de válvula de control automático que se emplea para permitir que el agua ingrese a un tanque de almacenamiento cuando el nivel es bajo, y suspenda el llenado cuando el nivel es alto.

Válvula sostenedora de presión - Pressure Sustaining Valve

Es un tipo de válvula de control de presión que se utiliza para garantizar que aguas arriba de ella se mantenga una presión determinada sin importar las fluctuaciones de caudal o de presión aguas abajo en un punto de la red.

Válvula reductora de presión - Pressure Reducing Valve

Una válvula reductora de presión es una válvula de control que reduce la presión del agua a un valor establecido a la salida de esta a medida que pasa el agua por ella (*Figura 18*). A veces se les conoce como válvulas de gestión de presiones. Las válvulas reductoras de presión son una aplicación específica dentro de la familia más genérica de válvulas de control de presión.



Figura 18 Válvula reductora de presión típica (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1), K Atkinson (2))

Válvula de alivio de presión - Pressure Relief Valve

Es una válvula de control que alivia la presión del agua a un valor preestablecido para evitar que una tubería o un equipo fallen por sobrepresión al permitir que el agua se descargue del sistema.

MEDICIÓN DE CAUDAL - FLOW METERING

Contador volumétrico - Volumetric Meter

Un medidor volumétrico es un instrumento que mide, directa o indirectamente, el volumen del agua que pasa a través del instrumento. Muchos medidores volumétricos miden realmente la velocidad del flujo en lugar de medir directamente la tasa de flujo volumétrico. Un contador de desplazamiento positivo es un ejemplo de un medidor volumétrico directo; mientras que un medidor de turbina es un ejemplo de un medidor volumétrico indirecto.

Contador de desplazamiento positivo - Positive Displacement Meter

Un contador de desplazamiento positivo utiliza una cámara o cámaras de volumen fijo que se llenan de agua cuando esta pasa a través del medidor. El medidor calcula el consumo contando el número de cámaras que se llenan en un período de tiempo determinado. Estos contadores son de tipo volumétrico directo ya que miden directamente el caudal volumétrico.

Medidor de turbina - Turbine Meter

Un contador de turbina emplea una hélice para medir la velocidad del agua que fluye a través de él. La hélice del contador se puede accionar ya sea por un chorro único o por varios chorros. El volumen se determina a partir de la velocidad empleando la sección transversal flujo del instrumento. Estos medidores son de tipo volumétrico indirecto ya que no miden directamente el caudal sino la velocidad.

Medidor de caudal electromagnético - Electromagnetic Meter

Un medidor de caudal electromagnético es un instrumento que emplea el principio de la Ley de Faraday para estimar la velocidad del agua que pasa a través del instrumento. Para esto, las bobinas del instrumento generan una corriente cuando el agua (conductor) fluye a través de un campo electromagnético, siendo la fuerza electromotriz inducida proporcional a la velocidad del agua. El volumen se estima a partir de la velocidad utilizando el área transversal de la sección de flujo del instrumento.

Medidor de caudal por ultrasonido - Ultrasonic Meter

Un medidor de caudal por ultrasonido puede emplear el efecto Doppler o el tiempo de tránsito para estimar la velocidad del agua que fluye a través del instrumento. Este tiene unos transductores que emiten ultrasonido tanto en la dirección del flujo como en contra de él. En el caso de un medidor ultrasónico de efecto Doppler, la velocidad de flujo es proporcional a la diferencia de la frecuencia del haz de ondas sonoras que se reflejan sobre las partículas o burbujas del flujo en movimiento. De otra parte, en un medidor de caudal por ultrasonido de tipo de tiempo de tránsito, la velocidad del flujo es proporcional a la diferencia en el tiempo de viaje de las ondas sonoras entre los dos sensores. De acuerdo con la disposición de los transductores estos

pueden estar en contacto directo con el agua o nunca entrar en contacto con ella, ya que los transductores se instalan exteriormente. Estos arreglos pueden ser permanentes o temporales.

Medidor de caudal de paso total - Full-bore Meter

Un medidor de caudal de paso total es aquel donde todo el flujo pasa a través del instrumento. La instalación, por tanto, de estos instrumentos implica la sustitución de una sección completa de la tubería por el medidor de caudal. Estos se pueden emplear tanto en redes como en conexiones de servicio. Los costos de instalación en las redes existentes de gran diámetro pueden ser altos.

Medidor de caudal de inserción - Insertion Meter

Un medidor de caudal de inserción es una sonda que se introduce en la tubería por medio de una válvula de asilamiento en la parte superior de esta (*Figura 19*). Se emplea en tuberías de mayor diámetro, pero no en conexiones de servicio. La perforación de la tubería para dar paso al caudalímetro y la inserción del mismo se pueden realizar sin interrumpir el servicio, lo que minimiza los costos de instalación. Por lo anterior, este tipo de caudalímetros puede tener un costo de adquisición significativamente menor que uno de paso total para una tubería general del mismo diámetro. En redes de gran diámetro, se pueden utilizar sondas de inserción con más de un sensor de velocidad a lo largo de esta. El principio del sensor de velocidad, que se encuentra en la sonda de inserción, puede ser de turbina, electromagnético, o de diferencia de presión. La precisión de un caudalímetro de inserción es menor que la de uno de paso total debido a que este tipo de instrumentos es muy sensible al perfil de velocidades, y para obtener el caudal se emplea usualmente la velocidad del flujo a una profundidad estándar, o se integran las velocidades a diferentes profundidades, o por integración de las velocidades de sensores múltiples.

1 Sonda de inserción de turbina



2 Sonda y registradores



Figura 19 Sondas de inserción típicas (Fuente: D Pearson (1, 2)).

Calibración del medidor de caudal - Meter Calibration

Con el tiempo, el comportamiento del medidor puede desviarse de la calibración original del fabricante. La calibración del medidor es el proceso de verificar que los coeficientes de calibración de un medidor sean los definidos por el fabricante cuando se suministró el instrumento. Una buena conexión a tierra también es fundamental para todos los caudalímetros electrónicos, y por lo tanto, debe verificarse durante el proceso de calibración.

Verificación del medidor - Meter Verification

Aunque un medidor puede estar calibrado correctamente, es posible que no mida los caudales con precisión debido a problemas con la instalación del instrumento. La precisión del medidor es muy susceptible a una mala instalación, por ejemplo, una orientación incorrecta o estar ubicado demasiado cerca de codos, bombas u otras instalaciones que puedan generar distorsiones del flujo de agua. Es por esto por lo que los medidores de caudal se deben verificar regularmente a periodos de entre 1 y 3 años. Esta verificación se puede realizar comparando el caudal medido por el caudalímetro con las mediciones de otros instrumentos, instalados ya sea aguas arriba o aguas abajo de este. Cuando esta verificación indique que hay derivas importantes, se debe realizar una verificación con mayor precisión. Aquí se puede considerar la instalación de sondas con múltiples sensores de velocidad cerca del caudalímetro, la comparación temporal con un medidor de ultrasonido con los transductores instalados en el exterior de la tubería, o la comparación del volumen registrado por el instrumento con el de un tanque de almacenamiento de volumen conocido.

Caudal - Flow

El caudal es la tasa a la que el agua pasa por un punto particular de la red. Las unidades típicas de caudal son l/s, m³/h, gal/min.

Medidor de caudal - Flow Meter

Un medidor de caudal o caudalímetro es un dispositivo que se emplea para medir el flujo de agua en un punto de un sistema. Puede ser un instrumento que apoye la gestión de un sistema de abastecimiento o una red de distribución de agua o que registre el consumo a través del cual se cobra el servicio.

Registrador de caudal - Flow Logger

Es un dispositivo electrónico en el que se pueden almacenar las lecturas de un medidor de caudal. Estos datos se pueden analizar posteriormente de manera individual o se pueden migrar a un sistema informático central o una aplicación basada en la nube, como, por ejemplo, un sistema de gestión de pérdidas. El caudal que se registra es el valor promedio que se presenta en un intervalo de tiempo dado, que usualmente es 15 minutos, aun cuando se puede emplear cualquier otro periodo de tiempo.

Sensor de pulso - Pulse Unit

Es el dispositivo electrónico que se conecta a un medidor y convierte la salida de pulso de este en una salida electrónica que se puede almacenar en un registrador de caudal.

Medidor de captación - Abstraction Meter

Medidor de caudal que mide el volumen de agua cruda extraída de una fuente, como un pozo, una toma de río o una toma de agua de mar.

Medidor de producción - Production Meter

Instrumento que mide el volumen de agua potable que se suministra desde una planta de tratamiento o una desaladora.

Medidor a la entrada de la distribución - Distribution Input Meter

Instrumento que mide el caudal a la entrada de la red de abastecimiento de agua de una empresa operadora. Normalmente será un medidor de producción, pero puede ser un instrumento que mida el agua exportada a otros sistemas por la empresa operadora o trasvasada desde otros sistemas a esta.

Medidor sectorial - DMA Meter

Un medidor que mide el flujo hacia adentro o hacia afuera de un distrito hidrométrico.

Medidor general - Bulk Meter

Un medidor general es cualquier instrumento en la red de abastecimiento o de distribución de agua que no es un medidor empleado para facturación.

Medidor que no se factura - Non-revenue Meter

Cualquier medidor que no sea un medidor empleado para facturación, por ejemplo, un medidor de un sector hidráulico, un medidor general o un medidor de producción.

Medidor para facturación - Revenue Meter

Un medidor para facturación es un instrumento que se utiliza con el propósito de facturar el consumo a los usuarios, ya sean estos domésticos, comerciales, gubernamentales o industriales. Invariablemente será un medidor de paso total en una conexión de servicio.

Desfase en la lectura de contadores

Los contadores de consumo se leen usualmente en ciclos regulares. Estos ciclos de lectura pueden ser mensuales o a intervalos mayores. Por ejemplo, en el Reino Unido, los contadores de los clientes domiciliarios solo se leen una vez cada seis meses. Esto significa que los volúmenes de agua suministrada y consumida no coinciden en el tiempo, un fenómeno conocido como desfase

de la lectura de los contadores. Cuanto más distanciado este el ciclo de lectura del medidor, mayor será el impacto potencial de este fenómeno. Y este será más significativo durante períodos de fluctuaciones en la demanda, como demandas de corto plazo asociadas con el clima o cuando se implementan restricciones por sequía. El uso del promedio móvil de los últimos 12 meses para establecer el valor de las pérdidas reales puede reducir el impacto de este fenómeno, comparado con el cálculo mensual del balance hídrico, pero no eliminarlo del todo.

Lectura automática de contadores - Automatic Meter Reading (AMR)

La lectura automática de contadores es la tecnología que captura de manera automática los datos de consumo, el estado del contador y las alarmas generadas que se transfieren a un sistema de facturación para su posterior análisis, solución de anomalías y cálculo de la factura. En general, la lectura automática se emplea para describir el proceso en el que los datos del contador se descargan automáticamente replicando el ciclo de facturación normal, posiblemente con mayor frecuencia, por ejemplo, volúmenes cada día, semana, mes o trimestre.

Infraestructura de medición avanzada - Advanced Metering Infrastructure (AMI)

La infraestructura de medición avanzada es el término que se emplea para agrupar toda la infraestructura que permite la recopilación y transferencia de información sobre el uso del agua casi en tiempo real, siendo sus componentes usuales: los medidores inteligentes, los concentradores, la red de comunicaciones bidireccional y el centro de control con sus aplicaciones.

Medidor inteligente - Smart Meter

En términos estrictos, un contador se considera inteligente si puede ser controlado por el operador, permitiendo, por ejemplo, controlar el consumo en periodos de alta demanda. En la práctica, la palabra inteligente se usa comúnmente para medidores sin esta función de control, pero donde los datos de 15 minutos (o más frecuentes) se pueden capturar de forma remota. Debido a la inmediatez y frecuencia de la obtención de los datos, los medidores inteligentes son más útiles para respaldar la gestión de pérdidas que los medidores con lectura automática.

BALANCE DE AGUA ESTÁNDAR IWA - IWA STANDARD WATER BALANCE

El Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA ha desarrollado un balance hídrico estándar, así como la terminología y las definiciones estandarizadas para los componentes de este (*Figura 20*). Para garantizar la coherencia de la cuantificación de las pérdidas, es fundamental que se respeten las definiciones respectivas de los componentes del balance hídrico al realizar cualquier tipo de estudio, auditoría o informe sobre pérdidas de agua.

Volumen de entrada	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	Agua facturada
			Consumo facturado no medido	
		Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	Agua no facturada
			Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado	
			Errores en los datos y facturación	
			Subestimación de los consumos estimados	
			Inexactitudes de la medición	
		Pérdidas reales	Fugas y reboses en tanques de almacenamiento	
			Fugas en redes de transmisión y distribución	
	Fugas en las conexiones de servicio hasta el punto de medición			

Figura 20 Balance hídrico estándar de la IWA (Fuente: IWA)

Volumen de entrada al sistema - System Input Volume

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde al volumen de agua que ingresa al sistema de distribución de agua o a un área particular en donde se realiza la cuantificación de las pérdidas por medio del balance. Este volumen de agua tratada puede provenir del agua producida por la propia empresa operadora o de agua producida por otra entidad que se transfiere al área de operación de esta empresa operadora.

Consumo autorizado - Authorized Consumption

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde al volumen de agua medida y no medida que consumen los clientes registrados en el sistema de información comercial y de facturación, la empresa operadora, y otros usuarios que están implícita o explícitamente autorizados a hacerlo por el proveedor del servicio, con fines domésticos, comerciales, municipales e industriales. Adicionalmente, se incluye aquí el agua utilizada por los militares, el gobierno y otros usuarios, incluso si el servicio se proporcionan de forma gratuita. También incluye el agua exportada a través de los límites del área de operación de la empresa operadora.

El consumo autorizado considera los consumos operacionales de la empresa operadora tales como la purga de las redes de agua, el lavado de las tuberías de alcantarillado; los usos para la extinción de incendios y ejercicios de entrenamiento de los bomberos; el lavado de vías y protección contra heladas; el riego de jardines municipales y el agua de las fuentes públicas, entre otros. Estos pueden ser facturados o no facturados, medidos o no medidos.

Agua Facturada - Revenue Water

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde al volumen de agua por el que la empresa operadora obtienen sus ingresos. Es la suma del consumo autorizado facturado medido y no medido, incluyendo el agua exportada por fuera del área de operación de la empresa operadora por la que se reciben ingresos.

Consumo autorizado facturado - Billed Authorized Consumption

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde a aquellos elementos del consumo autorizado que se facturan y generan ingresos. Es igual al consumo medido facturado más el consumo no medido facturado y también se conoce como agua facturada.

Consumo medido facturado - Billed Metered Consumption

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde a todo el consumo medido que también se factura. Este abarca a todos los grupos de clientes, sean estos domésticos, comerciales, industriales o institucionales, e incluye el agua exportada por fuera del área de operación de la empresa operadora que se mide y factura.

Consumo no medido facturado - Billed Unmetered Consumption

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde a todo el consumo facturado que se calcula en base a estimaciones o normas, pero que no se mide. Este puede ser muy pequeño en sistemas con medición universal, por ejemplo, la facturación basada en estimaciones para el período en que un contador está fuera de servicio, pero puede ser el componente de consumo clave en sistemas con baja cobertura de la medición. Este componente también puede incluir agua exportada por fuera del área de operación de la empresa operadora que no se mide, pero se factura.

Consumo autorizado no facturado - Unbilled Authorized Consumption

Los consumos autorizados no facturados son aquellos que están autorizados por la empresa operadora implícita o explícitamente, pero que no se facturan, por lo que no generan ingreso alguno. El consumo autorizado no facturado es igual a la suma de ellos volúmenes del consumo medido no facturado más el consumo no medido no facturado. Este es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Consumo medido no facturado - Unbilled Metered Consumption

El consumo medido no facturado es el consumo medido que, por cualquier motivo, no se factura. Esto puede incluir, el consumo medido por la propia empresa operadora para sus usos operacionales o el agua proporcionada de forma gratuita a cualquier cliente, incluida el agua exportada que esté medida, pero no facturada. Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Consumo no medido no facturado - Unbilled Unmetered Consumption

El consumo no medido no facturado es cualquier tipo de consumo autorizado, incluido el agua exportada que no se factura, ni se mide. Este componente incluye usos del agua, tales como: extinción de incendios, purga y lavado de la red de agua, limpieza de las redes de alcantarillado, limpieza de calles o protección contra heladas, entre otros. En una empresa operadora bien administrada, este es un pequeño componente del consumo total autorizado. Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Agua No Facturada - Non-Revenue Water

El agua no facturada son aquellos componentes del volumen de entrada al sistema que no se facturan y no generan ingresos, es decir, no son agua facturada. Este es igual a la suma del consumo autorizado no facturado, las pérdidas reales y las pérdidas aparentes. Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Agua No Contabilizada (ANC) - Unaccounted for Water

El término agua no contabilizada es de uso común, pero debido a sus muy variadas interpretaciones y definiciones, el Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA recomienda enfáticamente que este término no se emplee.

Pérdidas de agua - Water Losses

Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde a la diferencia entre el volumen de entrada al sistema y el consumo autorizado. Las pérdidas de agua se pueden considerar como un volumen total para la totalidad del sistema de abastecimiento, o un volumen parcial para algunos de sus elementos como las tuberías de transmisión o conducción o para la red de distribución o para zonas individuales de esta última. Las pérdidas de agua están compuestas por las pérdidas reales y las pérdidas aparentes.

Pérdidas no técnicas - Non-technical Losses

Este es un término que se emplea en algunos lugares para referirse a las pérdidas aparentes. Sin embargo, este es confuso y engañoso ya que muchas de las situaciones relacionadas con las pérdidas aparentes tienen de hecho un aspecto técnico. Por lo tanto, el Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA recomienda que este término no se emplee.

Pérdidas aparentes - Apparent Losses

Las pérdidas aparentes incluyen todo tipo de inexactitudes asociadas con la medición del consumo de los clientes, así como los errores en el manejo de datos de los clientes, en el proceso de lectura de los medidores y la facturación; además, del consumo no autorizado por robo o uso ilegal. Es un componente del balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*). Las pérdidas aparentes a menudo se denominan pérdidas comerciales en los países de bajos y medianos ingresos y por los bancos de desarrollo.

Consumo no autorizado - Unauthorized Consumption

El consumo no autorizado es cualquier uso no permitido por la empresa operadora, entre los que se tiene: la operación ilegal de hidrantes para el llenado de camiones cisterna o el desarrollo de construcciones no autorizadas; los fraudes de los clientes registrados ya sea por la manipulación de los contadores o el uso de conexiones de servicio paralelas no registradas; o las conexiones ilegales realizadas por usuarios no registrados en el sistema de información comercial de la empresa operadora. Es un componente de las pérdidas aparentes en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Errores en el tratamiento de datos y de facturación - Data Handling and Billing Errors

Es el volumen de los consumos realizados que no se registra en el sistema de facturación de la empresa operadora debido a errores en los consumos facturados debidos al manejo inadecuado de los datos de los clientes, sus contadores, o las lecturas de estos últimos, o a reglas de facturación inadecuadas que generan errores y pérdida de ingresos. Es así como se pueden encontrar errores de transcripción de las lecturas de los medidores cuando este es un proceso manual, consumos en inmuebles que no se han registrado en el sistema de facturación debido a fallas en los procedimientos internos de activación de las nuevas conexiones, predios marcados incorrectamente como demolidos, pero que en la práctica aún están habitados. Es un componente de las pérdidas aparentes en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*).

Error en la estimación del consumo no medido - Underestimation of Unmeasured Consumption

Para aquellos casos en los que el consumo no es medido, sino estimado, el volumen facturado puede ser mayor o menor al realmente consumido tanto en los clientes domésticos como no domésticos. Es a esta diferencia la que se conoce como el error en la estimación del consumo no medido y es un componente de las pérdidas aparentes en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*). Este volumen podría ser importante cuando el consumo no medido es alto, por ejemplo, en países en donde los usuarios domésticos no están medidos o donde hay suministros comunales no medidos en áreas conformadas por viviendas informales. En la práctica, el consumo real puede sobreestimarse, en cuyo caso las pérdidas aparentes (y posiblemente las pérdidas reales) podrían subestimarse.

Inexactitudes de la medición - Customer Metering Inaccuracies

Es un componente de las pérdidas aparentes en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde al volumen que los contadores no registran debido a los errores que estos instrumentos presentan, y que dependen del tipo de medidor, su clase metrológica, el tamaño del medidor (sobre o subdimensionado), la edad del medidor, el tipo de instalación del contador y el tamaño de los tanques de almacenamiento domiciliarios, si el servicio se da desde el tanque. El comportamiento real del contador se evalúa al definir su error de indicación.

Pérdidas técnicas - Technical Losses

Este es un término que se usa en algunos lugares para referirse a las pérdidas reales. Sin embargo, es un término confuso y engañoso, ya que no todas las fugas están asociadas con aspectos técnicos. Por lo tanto, el Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA recomienda que este término no se emplee.

Pérdidas reales - Real Losses

Es un componente de las pérdidas de agua en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), que corresponde a las fugas que se dan en los elementos de un sistema de abastecimiento presurizado (red de transmisión, red de distribución y conexiones de servicio) y los tanques de almacenamiento, desde los caudalímetros a la entrada de la red de distribución hasta el punto de suministro. Las pérdidas reales a menudo se denominan pérdidas físicas en los países con ingresos bajos y medios y por los organismos multilaterales.

Fugas y reboses en los tanques de almacenamiento

Es un componente de las pérdidas reales en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), asociado a fugas en las estructuras de almacenamiento de agua (juntas con fugas), y sus tuberías y accesorios (fugas en válvulas), o por eventos de rebose en donde el nivel del agua no se controla por problemas operativos o técnicos.

Fugas en la red de transmisión y distribución - Leakage on Transmission and Distribution Mains

Es un componente de las pérdidas reales en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), asociado con las fugas y roturas en las tuberías y accesorios de transmisión y distribución. Estas fugas pueden ser pequeñas, por lo que pueden no haber sido reportadas a la empresa operadora, como sería el caso de una fuga en una junta; o por el contrario, ser muy grandes, por lo que son reportadas y reparadas rápidamente, aun cuando previo a esto han estado fugando durante un cierto período de tiempo.

Fugas en las conexiones de servicio hasta el punto de medición del cliente - Leakage on Service Connections up to the Point of Customer Metering

Es un componente de las pérdidas reales en el balance hídrico estándar de la IWA (*Figura 20*), asociado con las fugas en la conexión de servicio en cualquiera de los elementos que la conforman desde el punto de toma hasta el punto de suministro. Estas fugas pueden ser reportadas, pero siendo estas predominantemente pequeñas, lo usual es que no se reportan por lo que pueden durar activas por largos periodos de tiempo, inclusive años. Si estas fugas se encuentran por debajo del nivel de detección, entonces estas se constituyen en fugas de fondo.

Punto de suministro - Point of Supply

Para un inmueble sin medidor, el punto de suministro generalmente se considera el primer punto de uso, generalmente el fregadero de la cocina. Sin embargo, para propiedades con medidor, el punto de suministro se considera la salida del contador; ya sea que este esté en el límite del predio o dentro de la edificación (Figura 4).

Pérdidas en las instalaciones hidráulicas internas - Plumbing Losses

Las pérdidas en las instalaciones hidráulicas internas de una edificación son parte del consumo de esta, aun cuando no se utiliza dentro del inmueble. Estas se encuentran en el goteo de llaves, el rebose de las cisternas en los sanitarios o fugas en las redes hidráulicas aguas abajo del punto de suministro. Estas pérdidas serán parte del consumo si el predio está medido, al igual que del caudal nocturno medido en un distrito o un microdistrito hidrométrico.

Consumo - Consumption

El consumo es la totalidad del agua que se toma en los predios, ya sean estos domésticos, comerciales, industriales o institucionales, entre otros; ya sea para su uso o que se pierde en las instalaciones hidráulicas internas de las edificaciones. Cuando se considera el balance hídrico de la totalidad del sistema, el consumo incluirá toda el agua que se toma en las edificaciones, así como el agua que se toma directamente del sistema, ya sea registrada, facturada, no facturada, autorizada o no autorizada, es decir, el equivalente al consumo autorizado más las pérdidas aparentes (Figura 20).

Consumo per cápita (CPC) - Per Capita Consumption

El consumo per cápita es el consumo diario promedio por persona en un área dada, ya sea un distrito hidrométrico, una zona de suministro o cualquier otro nivel de jerarquía de la red. Si se miden todos los predios, entonces este valor se puede obtener del sistema de facturación empleando la siguiente ecuación:

$$CPC = \frac{\text{Consumo medido de los usuarios domésticos}}{\text{Número de predios domésticos medidos} \times \text{ocupación}}$$

Cuando la cobertura de medición de los clientes domésticos es baja, es necesario realizar la estimación del consumo per cápita para realizar una estimación del consumo doméstico no medido, que será un componente significativo del consumo no medido facturado que se utiliza en el balance hídrico estándar de la IWA. La estimación del CPC generalmente se realiza monitoreando el consumo de un área pequeña o de clientes domésticos individuales. En el primer caso, es fundamental que el consumo no incluya usos no domésticos, ni ninguna fuga en las conexiones de servicio o en la red de distribución. Las unidades típicas de CPC son litros por persona por día o galones por persona y por día.

Consumo doméstico por vivienda - Per Household Consumption

El consumo doméstico promedio por vivienda en un área dada ya sea un distrito hidrométrico, una zona de suministro o cualquier otro nivel de jerarquía de la red, es el consumo diario por predio residencial. Si se miden todas las viviendas, entonces este valor se puede obtener del sistema de facturación empleando la siguiente ecuación:

$$CPC = \frac{\text{Consumo medido de los usuarios domésticos}}{\text{Número de predios domésticos}}$$

El consumo doméstico promedio por vivienda es más confiable que el consumo per cápita ya que la tasa de ocupación no se desconoce. Cuando las viviendas no se miden, es necesario estimar el consumo doméstico por vivienda para realizar una estimación del consumo doméstico no medido, que será un componente significativo del consumo no medido facturado que se utiliza en el balance hídrico estándar de la IWA. La estimación del consumo doméstico promedio por vivienda generalmente se realiza monitoreando el consumo de un área pequeña o de clientes domésticos individuales. En el primer caso, es fundamental que el consumo no incluya usos no domésticos, ni ninguna fuga en las conexiones de servicio o en la red de distribución. Las unidades típicas de CPC son litros por vivienda por día o galones por vivienda y por día.

Área pequeña de monitoreo - Small Area Monitor

Las áreas pequeñas de monitoreo de consumos se emplean para estimar el consumo per cápita o el consumo promedio por vivienda de los clientes no medidos por medio del registro del caudal. Estas áreas generalmente tienen entre 50 y 100 viviendas, con el fin de reducir el riesgo de fugas en las conexiones de servicio o en las redes. Para garantizar una muestra

representativa de la población en su conjunto, estas áreas de monitoreo deben considerar una combinación de predios de diferente tipo y estratos socioeconómicos.

Monitoreo doméstico individual - Individual Household Monitor

Para determinar el consumo per cápita o el consumo por vivienda se emplea el monitoreo individual de consumos para los clientes no medidos. Lo usual es que se tenga una muestra de las viviendas (generalmente varios cientos), distribuidas en el área considerada, donde se mide al cliente, ya sea interna o externamente, pero no se le cobra por su consumo, con la esperanza de que no cambien sus patrones de consumo. Para garantizar una muestra representativa de la población en su conjunto, estas áreas de monitoreo deben considerar una combinación de predios de diferente tipo y estratos socioeconómicos.

Patrón diario de demanda - Diurnal Demand Pattern

El término se relaciona con el patrón normal de la demanda durante un día que presenta un consumo distintivo mayor durante el día y un consumo significativamente menor durante la noche.

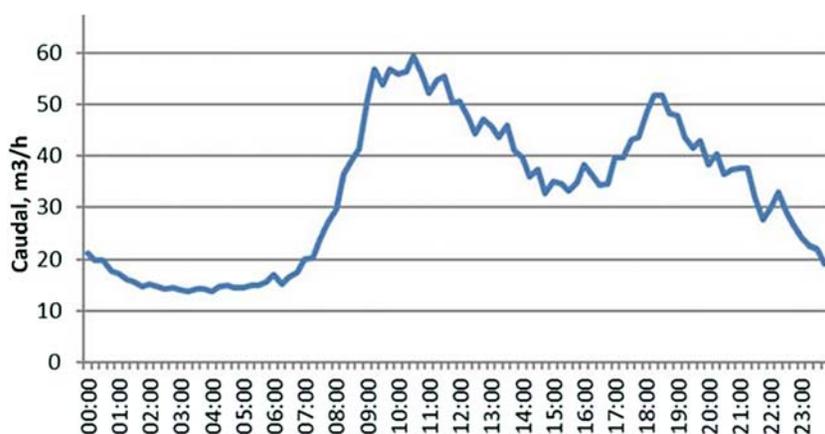


Figura 21 Patrón diario de demanda (Fuente: Pearson)

GESTIÓN DE LAS FUGAS - LEAKAGE MANAGEMENT

La gestión de las fugas es el proceso de controlar las fugas a partir de la medición, el seguimiento de los caudales y presiones, la priorización de la búsqueda de las fugas y la localización de estas. La gestión estratégica de las fugas busca encontrar el equilibrio óptimo de actividades de control, tales como la gestión de la presión y el control activo de fugas, para alcanzar los objetivos de recuperación o del superávit de producción necesarios para asegurar suministros confiables y evitar así la intermitencia del servicio.

Control de fugas - Leakage Control

El control de fugas es el proceso de llevar a cabo una serie de actividades para reducir y controlar el nivel actual de estas. Las principales actividades que se pueden utilizar para controlar las fugas son: la reparaciones oportunas y de calidad de las averías, el control activo de fugas, la gestión de las presiones, y la rehabilitación de la infraestructura. Estos se pueden representar esquemáticamente actuando sobre el nivel de fugas (Figura 22).

Fugas - Leakage

Es la pérdida de agua en un sistema de distribución debido a fugas en redes, tuberías de servicio (conexiones de servicio y tuberías privadas de servicio), y accesorios.

Volumen diario de fugas - Daily Leakage

El volumen diario de fugas, generalmente, se calcula a nivel de distrito hidrométrico (DH), pero puede evaluarse a nivel de zona, empleando el método del caudal total integrado o el caudal nocturno afectado por el factor hora-día (FHD). Las unidades más comúnmente utilizadas para este parámetro son, por ejemplo, m³/d, MI/d o gal/d.

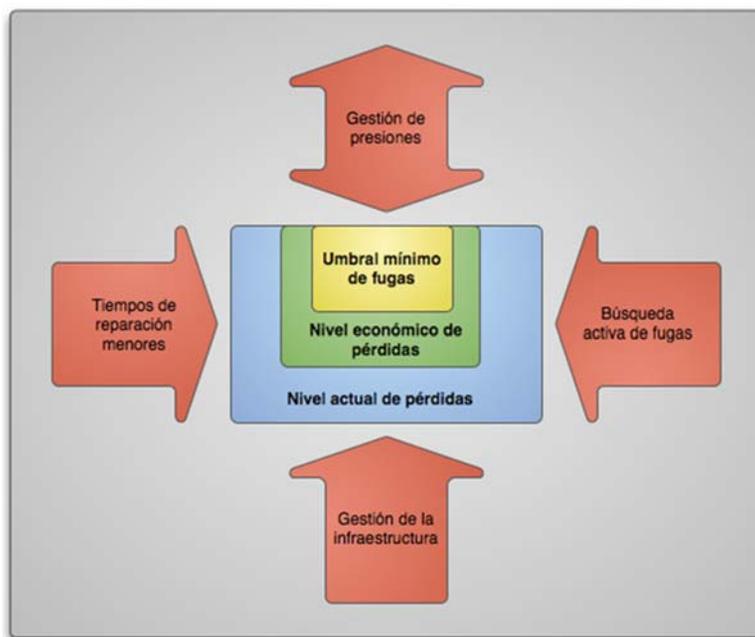


Figura 22 Los cuatro métodos principales de gestión de las pérdidas reales (Fuente: Pearson)

Volumen nocturno de fugas - Night Leakage

Es el volumen de fugas registrado en una hora durante el momento de mínimo consumo, que suele ocurrir en medio de la noche. Este volumen se evalúa empleando el método de caudal mínimo, generalmente, a nivel de DH, pero puede evaluarse a nivel de zona. Las unidades más comúnmente utilizadas para este parámetro son, por ejemplo, m^3/h o gal/h.

Zona - Zone

Zona es un término que se usa a menudo para secciones más grandes de una red, que pueden comprender varios DHs o que pueden no tener DHs en absoluto, pero que es demasiado grande para ser considerado como un DH. En ocasiones estas zonas se conocen como macrosectores.

Distrito hidrométrico - District Metered Area

Un distrito hidrométrico es una subdivisión de la red de distribución, en donde las válvulas de compuerta en los límites del sector se han cerrado, generalmente, de forma permanente, de tal modo que la demanda en el área pueda ser monitoreada al medir el caudal por medio de uno o más caudalímetros con el propósito de gestionar las fugas (*Figura 23*). En algunos casos, se puede tener más de un medidor de caudal por DH que midan los caudales de entrada y salida de él, pero todas las interconexiones no medidas a lo largo del límite del DH deben estar cerradas o desconectadas. Los límites del DH deben elegirse de tal forma que se aprovechen los límites hidráulicos naturales con el fin de minimizar el número de válvulas y caudalímetros necesarios para su creación. Los DH deben responder a las zonas de presión y deben diseñarse minimizando las diferencias de nivel dentro del sector para ayudar a la gestión de presiones. En ocasiones, los DH se emplean para separar áreas residenciales de las industriales y comerciales. No existe una regla fija sobre el tamaño de los DH. Si estos son demasiado pequeños, el costo de inversión y de mantenimiento es mayor y se requieren mayores recursos para su análisis y monitoreo. Por el contrario, si son muy grandes, se pierde precisión para distinguir las fugas de los consumos. En términos generales, se recomienda que los DH tengan entre 6 y 10 km de redes y entre 500 y 2500 predios. Los DH a veces se denominan sectores y el proceso de su creación se denomina sectorización.

Caudal neto - Net Flow

El caudal neto es el flujo de agua dentro de un área de análisis específica (zona, DH o microsector) que resulta de balancear las entradas y transferencias de caudales medidos en los caudalímetros de entrada y salida del área. Este caudal neto equivale a la demanda de la zona.

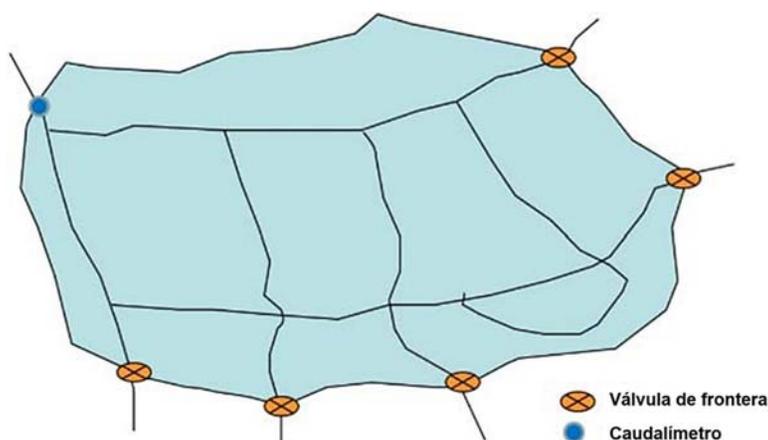


Figura 23 Esquema de un distrito hidrométrico (Fuente: Pearson).

Microsector - Sub-DMA

Un microsector es un área dentro de un DH que se monitorea para localizar el área en donde puede haberse producido una fuga. La operación de las válvulas y el registro de los caudales de un microsector puede ser temporal o permanente. La medición de un microsector puede ser temporal, usando para ello un caudalímetro instalado en un remolque y un bypass superficial conectado entre hidrantes. En el Reino Unido, los microsectores se llamaban área de desperdicio o de control de fugas.

Atributos - Attributes

Los atributos son los parámetros físicos de un área en particular, ya sea una zona o un DH. Los atributos típicos son: la longitud de la red, el número de predios, el número de conexiones, la presión promedio nocturna de la zona y el factor hora día.

Caudal mínimo nocturno - Minimum Night Flow

El caudal mínimo nocturno es el caudal mínimo registrado en una hora durante la noche, normalmente, entre la medianoche y las seis de la mañana. En sistemas urbanos, el caudal mínimo nocturno ocurre normalmente en la madrugada, comúnmente entre las 2 y las 4 AM (Figura 24). Por lo tanto, el término caudal mínimo nocturno es la expresión común para el caudal mínimo que ocurre en este periodo de tiempo. El caudal mínimo nocturno es el dato más importante en lo que respecta a la estimación de las fugas (*ver método de caudal mínimo nocturno*). En ocasiones se emplea también el término línea nocturna (night line) que corresponde a la gráfica de los caudales mínimos nocturnos diarios (*ver caudal mínimo*).

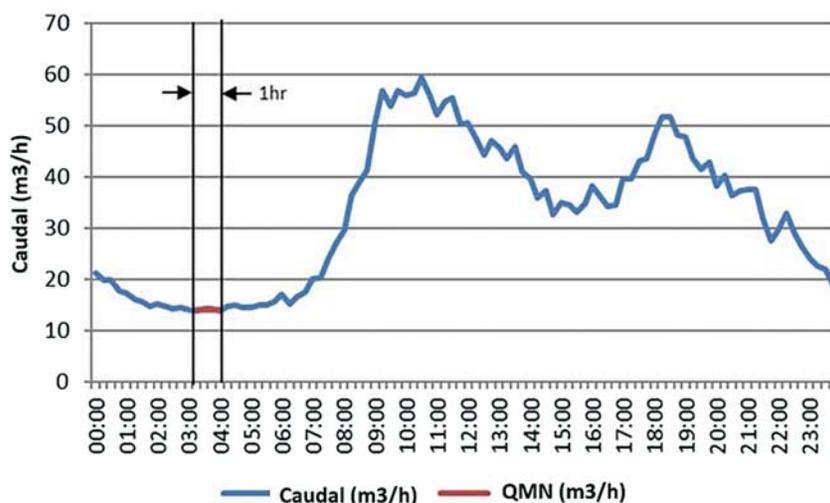


Figura 24 Identificación del caudal mínimo nocturno de un DH (Fuente: Pearson)

El seguimiento del caudal mínimo nocturno durante un período de tiempo tiene como objetivo identificar si se están acumulando las fugas no reportadas en el área (DH, microsector, o zona), por lo que este proceso es clave para la gestión eficiente de las fugas.

La [Figura 25](#) muestra el caudal neto de un DH a intervalos de 15 minutos durante un período de alrededor de 20 semanas. De esta gráfica se puede observar que el caudal mínimo nocturno tiene un ciclo semanal distinto entre los días de semana y el fin de semana. Así el QMN de un sábado por la noche es cerca de $2 \text{ m}^3/\text{h}$ más alto que durante la semana. Por lo tanto, es importante tener en cuenta que el aumento del caudal no corresponde a una fuga, pues de lo contrario se puede responder con rapidez a una fuga inexistente.

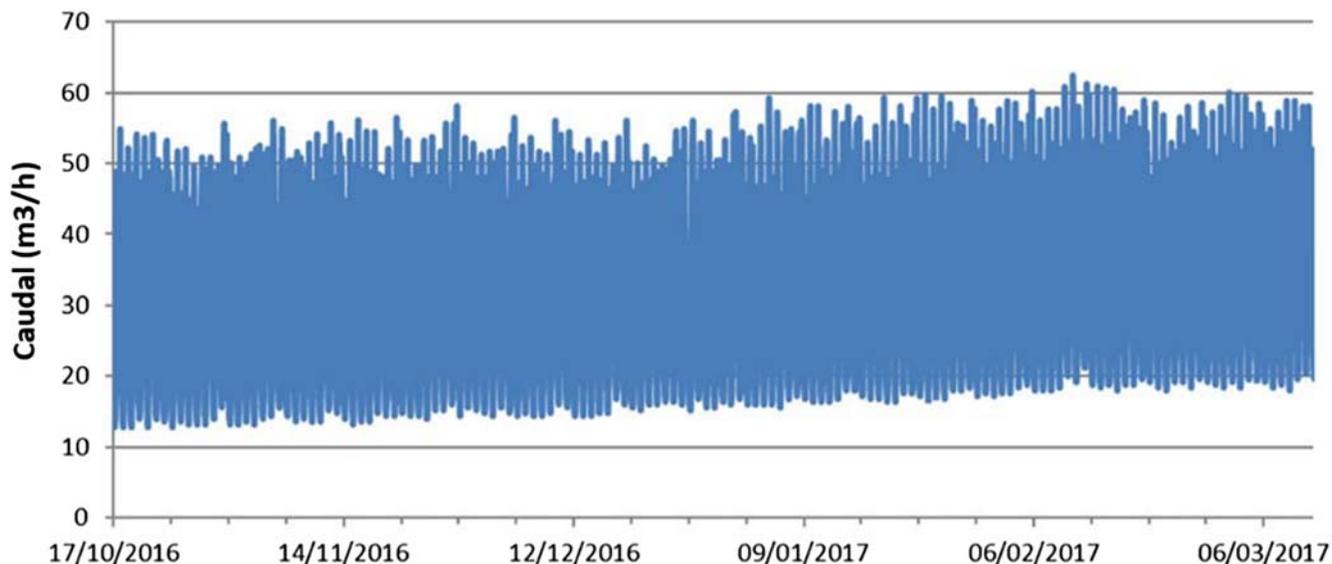


Figura 25 Patrón típico de caudales cada 15 minutos durante un período de 20 semanas (Fuente: Pearson)

Luego, al analizar la envolvente inferior del caudal, para esta misma gráfica, se puede observar que el caudal mínimo ha estado creciendo desde los 13 hasta $19 \text{ m}^3/\text{h}$, lo que indica que las fugas no reportadas han estado creciendo en este sector. Esta conclusión se puede soportar en que la amplitud del patrón diario de demanda se ha mantenido constante durante el período de evaluación, lo que a su vez indica que no hay cambios significativos en el DH y que los límites del sector se han mantenido cerrados.

Caudal mínimo - Minimum Flow

Es el caudal mínimo registrado en una hora durante un período de 24 horas. Para sistemas urbanos, el caudal mínimo ocurre normalmente en la madrugada, entre las 2 y las 4 AM, y se denomina caudal mínimo nocturno. Sin embargo, en algunos sectores, el caudal mínimo puede ocurrir fuera de este período debido a la aparición de otras demandas de agua, tales como las agrícolas o el uso nocturno de electricidad cuando existe una tarifa diferencial más baja, por lo que para estos casos es más adecuado emplear el término genérico de caudal mínimo. En el caso de sistemas con intermitencia del servicio, el caudal mínimo se podría presentar durante los períodos en que el sistema está presurizado, aunque incluso entonces los tanques de almacenamiento de los clientes se pueden estar llenando, por lo que este caudal si se presentase se debe interpretarse con cuidado.

Método de caudal integrado total - Total Integrated Flow Method

Este método consiste en la realización de un balance hídrico empleando los volúmenes diarios de esos componentes, tales como el caudal promedio neto diario y el consumo medido para determinar el volumen de fugas; que posteriormente se comparará con el valor de las fugas obtenidas por el método de caudal mínimo nocturno (*ver también prueba de operabilidad*).

Método de caudal mínimo nocturno - Minimum Night Flow Method

Este método se emplea para estimar las fugas en el periodo de mínimo consumo durante la noche, cuando estas representan una proporción importante de la demanda ([Figura 24](#)). Este método se puede aplicar a una zona o un DH, siempre que no haya un

tanque de almacenamiento en la zona que pueda llenarse o vaciarse durante este período. Las fugas se obtienen al restar del caudal mínimo nocturno la estimación o los valores registrados del consumo nocturno de todos los clientes del DH o de la zona en estudio.

El método de caudal mínimo nocturno no se puede emplear usualmente en sistemas con suministro intermitente, ya que durante el suministro rotacional de un sector no es posible observar un caudal mínimo por la alta simultaneidad del consumo, y a nivel de sistema, es poco probable encontrar un momento de bajo consumo, lo que no permite diferenciar las fugas de la demanda de agua. Incluso si el sistema está presurizado durante la noche, el patrón de consumo puede no ser confiable ya que las cisternas de los clientes pueden estar llenándose o los clientes pueden estar almacenando agua preparándose para el siguiente período sin suministro.

Consumo nocturno legítimo - Legitimate Night Consumption

El consumo nocturno legítimo es el consumo de todos los usuarios autorizados (domésticos y no domésticos) durante el período de evaluación del caudal mínimo nocturno. Se considera que es nocturno, por que es cuando usualmente se presenta la demanda mínima, aun cuando no se puede decir que en este mismo momento se tenga el consumo mínimo, pues para el análisis se toma el consumo en el momento del caudal mínimo nocturno, que puede ser diferente al mínimo. Es de notar que, el consumo nocturno incluirá tanto el uso real del cliente, como las pérdidas en sus instalaciones hidráulicas internas. Se descarta aquí cualquier consumo no autorizado.

Consumo nocturno doméstico legítimo - Legitimate Domestic Night Consumption

El consumo doméstico nocturno legítimo es el consumo de todos los clientes domésticos registrados en el sistema comercial de la empresa operadora durante el período de evaluación del caudal mínimo nocturno. Este consumo, generalmente, tiene poca variación, por lo que se puede estimar a partir de datos tomados de una muestra estadísticamente representativa de este segmento de clientes. Lo usual es que este consumo se exprese en litros por predio por hora (l/predio/h) cuando estas viviendas no se miden, o como un porcentaje del consumo diario promedio cuando estos inmuebles se miden (*ver también consumo nocturno*). Es de notar que, este consumo incluirá tanto el uso real del cliente, como las pérdidas en sus instalaciones hidráulicas internas. Se descarta aquí cualquier consumo no autorizado.

Consumo nocturno legítimo no doméstico - Legitimate Non-household Night Consumption

El consumo nocturno no doméstico es el consumo de todos los usuarios autorizados no domésticos (es decir, comerciales, institucionales e industriales) durante el período de evaluación del caudal mínimo nocturno. Es normal expresar esto en litros por predio por hora (l/predio/h) para los usuarios no domésticos sin medición, y en porcentaje del volumen promedio diario facturado en el caso de los clientes no domésticos medidos de acuerdo con su tipo. Esta estimación se puede obtener a partir de datos tomados de una muestra estadísticamente representativa de usuarios no domésticos, estratificados por tipo y tamaño. Si el consumo de un usuario en particular no es constante de una noche a otra, se hace necesario registrar su consumo de manera continua para establecer su consumo nocturno. Este consumo incluirá tanto el uso real del cliente, como las pérdidas en sus instalaciones hidráulicas internas. Se descarta aquí cualquier consumo no autorizado.

Usuario con registro continuo - Continuous Logged User

En el caso de clientes no domésticos particulares con consumos variables durante el periodo de evaluación del caudal mínimo nocturno de magnitud importante, puede ser necesario monitorear su consumo de forma continua para que este se pueda restar del caudal mínimo nocturno. La disponibilidad general y el despliegue de medidores inteligentes está facilitando este aspecto de la gestión de fugas.

Prueba de operabilidad - Operability Test

La prueba de operabilidad es una técnica empleada para validar si un DH está correctamente aislado, que no haya errores en las unidades del caudalímetro, y que, los atributos del DH sean correctos. La prueba consiste en comparar el valor de las fugas obtenido por el método de caudal mínimo nocturno con el del método de caudal integrado total para la misma área de estudio o la comparación del valor de las fugas expresado como un consumo doméstico implícito con el consumo doméstico esperado como criterio de aprobación de la prueba de operabilidad. Por lo general, la prueba se realiza para un DH individual, pero luego se puede acumular a niveles más altos en la jerarquía de la red.

Evaluación de fugas de arriba hacia abajo - Top-Down Leakage Assessment

Es la evaluación de las fugas en una zona mediante la realización de un balance en esa zona, es decir, agua que ingresa menos agua que sale. Para esta evaluación se debe utilizar el balance hídrico estándar de la IWA.

Evaluación de fugas de abajo hacia arriba - Bottom-Up Leakage Assessment

Es la evaluación de fugas en una zona resultado de la agregación de los componentes individuales estimados de las fugas en los DH, las redes troncales, y los tanques de almacenamiento. Adicionalmente, se deben tener en cuenta las fugas en áreas que no están medidas y también en aquellas áreas donde se cree que los datos son inexactos.

Fugas aguas abajo - Downstream Leakage

Estas son las fugas que se presentan en el área de la red cubierta por DH.

Fugas aguas arriba - Upstream Leakage

Estas son las fugas que se presentan en el sistema de abastecimiento aguas arriba de los DH. Así que aquí se tienen fugas en las redes de transmisión y conducción, los tanques de almacenamiento, la red de distribución entre los tanques y los macromedidores de los DH, y las áreas que no están medidas que no se incluyen en la estimación de las fugas aguas abajo. El monitoreo de las fugas aguas arriba considera todo el sistema desde los macromedidores de entrada a la red de distribución hasta los macromedidores de los DH.

Caudal mínimo nocturno alcanzado - Minimum Achieved Night Flow

Es el caudal mínimo nocturno que se ha logrado en un DH después de un período de tiempo prolongado, generalmente, superior a cuatro años; siempre que, los límites del DH, el régimen de presión, y el patrón de consumo no hayan cambiado significativamente dentro de este período.

Caudal mínimo nocturno alcanzable - Minimum Achievable Night Flow

Es el valor del caudal mínimo nocturno que se puede alcanzar en un DH, luego de un análisis realista de las fugas considerando el factor de condición de la infraestructura, la presión nocturna promedio de la zona y el consumo nocturno estimado.

Pérdidas reales anuales inevitables - Unavoidable Annual Real Losses

En un sistema con su infraestructura en buena condición, la cual es bien operada y mantenida, el volumen de pérdidas reales anuales inevitables corresponde al menor volumen técnicamente posible, conocido también como el umbral mínimo de fugas (UMF). La expresión que se emplea para el cálculo del UMF para sistemas individuales, fue desarrollada y validada por el Grupo de Trabajo de Pérdidas de la IWA, y considera los siguientes elementos:

- Fugas de fondo: pequeñas fugas con caudales muy bajos que no permiten su detección acústica, si estas no son visibles en superficie.
- Fugas reportadas: fugas de gran tamaño, que tienen expresión en superficie, y para calcular su volumen considera frecuencias de rotura promedio, caudales de fuga típicos y duraciones promedio hasta su reparación.
- Fugas no reportadas: fugas de mayor tamaño a las de fondo, que no tienen expresión en superficie y para calcular su volumen considera frecuencias de rotura promedio, caudales de fuga típicos y duraciones promedio hasta su reparación.
- Relación presión/caudal de fuga, asumiendo una relación lineal ($N1 = 1$).

La ecuación del UMF requiere como datos de entrada solo cuatro factores clave específicos del sistema:

- Longitud de la red, incluidas todas las tuberías, excepto las tuberías de servicio (L), km.
- Presión promedio de operación, cuando el sistema está presurizado (csp), mH₂O
- Número de conexiones (Nc).
- Longitud de la tubería privada de servicio entre el límite de la propiedad y el contador del cliente o el punto de suministro teórico (Lp), km.

Advertencia: El analista debe tener presente que la longitud de las conexiones de servicio ya están incluidas en la expresión de las pérdidas en la conexión de servicio, que va desde el punto de toma de la tubería general hasta el límite del inmueble. La longitud de la tubería privada de servicio debe corresponder al tramo adicional a este, y no debe ser nunca igual a la longitud total de la tubería de servicio. La consideración de la tubería privada de servicio busca tener en cuenta que los tiempos de

duración de las fugas en este elemento son mayores cuando estas no son visibles. En la mayoría de los sistemas urbanos de abastecimiento, si el contador está en el límite de la propiedad, entonces la longitud de la tubería privada de servicio entre el límite de la propiedad y el contador del cliente será cero.

La fórmula del UMF es como sigue:

$$UMF [l/d] = (18 \times L + 0.8 \times N_C + 25 \times L_p) \times P_{csp}$$

Si se considera que una relación lineal entre la presión y los caudales de fuga no es adecuada, se puede aplicar un ajuste de segundo orden a los coeficientes de la ecuación. De igual forma, también se pueden ajustar los coeficientes para emplear esta expresión en zonas pequeñas (< 3000 conexiones).

Fugas de fondo - Background Leakage

Las fugas de fondo corresponden a la suma de las pequeñas fugas individuales, que tienen forma de lagrimeo o goteo, y que por consiguiente tienen caudales de fuga demasiado bajos para ser detectadas por una campaña de búsqueda de fugas por medios acústicos, a menos que se detecten por casualidad o hasta que gradualmente empeoren de tal manera que puedan ser detectadas. El nivel de las fugas de fondo en un sistema depende del estado general de la infraestructura, el material de las tuberías, la calidad de la instalación y el tipo de suelo. Además, está muy influenciado por la presión, siendo N1 igual 1,5 o superior usualmente. Las fugas de fondo no se deben confundir con las pérdidas inevitables, ya que estas últimas incluyen no solo las fugas de fondo, sino que además consideran las fugas reportadas y no reportadas.

Fugas de fondo inevitables - Unavoidable Background Leakage

Las fugas de fondo inevitables (FFI) son las fugas de fondo estimadas para un DH o microsector que este siendo monitoreado, empleando para ello los factores correspondientes a estas de la expresión general del UMF, y modificando el exponente N1 de la presión de 1.0 a 1.5.

Los factores a emplear para el cálculo de las FFI recomendados por el Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA son:

Red	20 l/km/h a 50 m de presión
Conexiones de servicio	1,25 l / conexión / h a 50 m de presión
Tuberías de servicio privadas	33,3 l/ km / h a 50 m de presión

Por lo que la expresión de cálculo del FFI sería:

$$FFI [l/h] = (20 \times L + 1.25 \times N_C + 33.3 \times L_p) \times PNZ_{csp}^{1.5}$$

donde L es la longitud de la red, km; Nc es el número de conexiones; Lp es la longitud de la tubería privada de servicio, km; PNZ es la presión en el punto medio de la zona en el momento del caudal mínimo nocturno, mH2O.

Factor de condición de infraestructura - Infrastructure Condition Factor

El factor de condición de la infraestructura es la relación entre las fugas de fondo reales y las fugas de fondo inevitables que se puede esperar en un área determinada (zona, DH o microsector), que representa la condición actual de los elementos de la infraestructura. Así, por ejemplo, en un sistema nuevo con tuberías de PE unidas por termofusión, el FCI estará cerca a cero; mientras que para un sistema más antiguo en malas condiciones puede ser de tres o más. En este último caso, es importante asegurarse que los datos de los atributos sean correctos y que las válvulas de los límites del DH estén cerradas, y que no haya fugas no reparadas en el DH. El FCI se puede estimar para un DH y luego evaluarlo en niveles superiores en la jerarquía de la red.

Frecuencia de rotura - Burst Frequency

El Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA recomienda que las empresas operadoras utilicen sistemas de gestión de los ordenes de trabajo adecuados para registrar si las fugas se producen en la red, las conexiones de servicio, las tuberías de servicio privado, o los accesorios de la red. Estos registros se pueden emplear para comparar el desempeño del sistema con aquellos empleados en el cálculo de las fugas inevitables, así como también para apoyar la toma de decisiones sobre los

beneficios de la gestión de la presión, la necesidad de renovación, la selección de materiales y la conveniencia de las practicas constructivas.

Frecuencia de rotura de las redes - Mains Burst Frequency

Es el número de roturas por año que ocurren en las tuberías generales en la totalidad del sistema o en una parte de él, por ejemplo, un DH. Para contar con una estimación confiable y estadísticamente robusta de este parámetro se recomienda que esta frecuencia sea el promedio de varios años (~4 años), siendo esencial que el régimen de presión y los límite de la red sean consistentes durante este período. *(Ver también frecuencia de roturas de red normalizada).*

Frecuencia de rotura de la tubería de servicio - Service Pipe Burst Frequency

Es el número de roturas por año que ocurren en las tuberías de servicio en la totalidad del sistema o en una parte de él, por ejemplo, un DH. Para contar con una estimación confiable y estadísticamente robusta de este parámetro se recomienda que esta frecuencia sea el promedio de varios años (~4 años), siendo esencial que el régimen de presión y los límite de la red sean consistentes durante este período. A menudo es útil dividir la frecuencia de las roturas entre las que ocurren en las conexiones del servicio y las que ocurren en las tuberías privadas de servicios. *(Ver la frecuencia de roturas de la conexión de servicio y la frecuencia de roturas de la tubería de servicio privado. Ver también la frecuencia de rotura de la tubería de servicio normalizada).*

Frecuencia de rotura de las conexiones de servicio - Service Connection Burst Frequency

Es el número de roturas por año que ocurren en las conexiones de servicio en la totalidad del sistema o en una parte de él, por ejemplo, un DH. Para contar con una estimación confiable y estadísticamente robusta de este parámetro se recomienda que esta frecuencia sea el promedio de varios años (~4 años), siendo esencial que el régimen de presión y los límite de la red sean consistentes durante este período. *(Ver también la frecuencia de rotura de la conexión de servicio normalizada).*

Frecuencia de rotura de la tubería privada de servicio - Private Service Pipe Burst Frequency

Es el número de roturas por año que ocurren en las conexiones de servicio en la totalidad del sistema o en una parte de él, por ejemplo, un DH. Para contar con una estimación confiable y estadísticamente robusta de este parámetro se recomienda que esta frecuencia sea el promedio de varios años (~4 años), siendo esencial que el régimen de presión y los límite de la red sean consistentes durante este período. *(Ver también la frecuencia de rotura de las tuberías privadas de servicio normalizada).*

Tasa natural de crecimiento de las fugas - Natural Rate of Rise of Leakage

La tasa natural de crecimiento de las fugas (TNCF) es la razón a la cual aumentan las fugas dentro de un sistema dada la ausencia de actividades para su reducción. Este incremento es causado por el crecimiento gradual del caudal de las fugas existentes y la aparición de nuevas fugas. La TNCF más común se da cuando no se detectan ni reparan fugas no reportadas esto se conoce como TNCFd (o simplemente TNCF) donde el subíndice «d» de denota detectado. También es factible considerar la TNCFb, donde b denota bruto que es el caso si no se repararon fugas, ya sea reportadas o no.

Red inteligente - Smart Network

Una red inteligente contiene equipos o sistemas de diagnóstico integrados, como sensores de presión, ruido y caudal supervisados de forma remota, o válvulas controladas a distancia, que permiten que el sistema sea gestionado o controlado desde una ubicación remota de manera eficiente y económica. Con la tecnología en constante desarrollo, la digitalización ha acelerado la recopilación y difusión de información útil tanto para el lado de la oferta como del de la demanda y a todas las partes interesadas, incluidos los propios operadores, empleados, contratistas, clientes y propietarios. Esto tendrá un efecto profundo en el futuro y la frase «agua digital» se ha acuñado para reflejar esto. En muchos aspectos, los sistemas de gestión de fugas más sofisticados podrían considerarse como un «gemelo digital» de la red que contiene un modelo hidráulico de la red, así como inventarios y detalles de todos los sensores y elementos dentro de la red.

FUGAS - LEAKS

Rotura circunferencial - Circumferential Break

Rotura de una tubería que es normal a su eje y que se desarrolla en todo su perímetro.

Rotura longitudinal - Longitudinal Break

Rotura de una tubería que se presenta a lo largo de su eje.

Rotura longitudinal - Split

Una falla en donde se abre una grieta a lo largo del eje de la tubería. Es común en tuberías de plástico (PE y PVC).

Otros modos de falla - Other Failure Modes

Existen otros modos de falla, tales como: desprendimientos del cuerpo de la tubería, orificios de corrosión, o fallos en espiral. Estos dependen del material de la tubería y las condiciones de operación.

Fuga - Leak

Una fuga es una falla de la red de abastecimiento de agua en la que hay una pérdida no planificada de agua de esta. Es un término de uso genérico que se emplea para cualquier elemento de la infraestructura sin importar su tamaño o tipo. Pudiendo ser una fuga en una tubería de servicio, una tubería general, un tanque de almacenamiento, o cualquier accesorio desde una válvula de corte hasta un contador. En algunas empresas operadoras, la palabra "reventón (burst)" puede tener una connotación específica en relación con una fuga lo suficientemente grande que pueda causar la interrupción del servicio o tener un impacto severo en los clientes o el público en general. La palabra "rotura (break)" es un término común para referirse a una fuga en una tubería en América del Norte. Desde la perspectiva de la gestión de fugas, no hay diferencia entre fuga, reventón o rotura.

Fuga en red - Leak on Main

Es una fuga que ha ocurrido en una tubería general por una rotura en ella o una falla en este sitio. Esto incluye las juntas o uniones de la tubería, la rotura del cuerpo de la tubería, o en la conexión con el punto de toma. En este último caso se puede encontrar que la tubería fallo en la zona del punto de toma, por lo que la fuga obviamente se cataloga como fuga en red; mientras que, si la fuga se presenta en la silleta o la válvula de incorporación de la conexión de servicio esta se debe clasificar como fuga en conexión de servicio. Esto se confirmaría durante la excavación. La [Figura 26](#) muestra una fuga típica en tubería general.

Fuga en conexión de servicio - Leak on Service Connection

Fuga que se localiza en una conexión de servicio después de la conexión a la tubería general. Esto incluye fugas en el punto de toma propiamente dicho y en cualquier lugar de la conexión de servicio hasta la válvula de corte- contador en el límite de la propiedad del cliente. En el Reino Unido este tipo de fuga se le denomina fuga en la tubería de comunicación o fuga al lado de la red.

Fuga en tubería privada de servicio - Leak on Private Service Pipe

Una fuga que se ha localizado en la tubería privada de servicio que va desde el límite del predio del cliente o el contador hasta la llave de corte interna del inmueble. Al presentarse esta en propiedad privada, la reparación de la fuga suele ser responsabilidad del propietario. En el Reino Unido este tipo de fugas se le denomina fuga en tubería de suministro o fuga del lado del inmueble o del cliente.

Fuga en accesorios - Leak on Appurtenances

Este es un término genérico para las fugas en algún elemento que conforma la red de distribución, tales como: válvulas de corte externas, contadores, macromedidores de los DH, válvulas reguladoras de presión, válvulas de compuerta e hidrantes. Un sistema de gestión de ordenes de trabajo generalmente identificará qué elemento tiene una fuga, aunque es posible que la asignación final deba corregirse después de efectuada excavación.

Fuga reportada - Reported Leak

Una fuga que ha sido notificada a la empresa operadora por medio de un aviso de la comunidad, y que usualmente es una fuga visible; o por una notificación de un sistema informático de gestión de fugas, como resultado de rutinas automáticas de gestión de alarmas o de eventos críticos; o por cualquier otra tecnología, como sensores remotos o registradores de ruidos instalados en una red permanente de monitoreo, entre otros.



Figura 26 Fugas típicas (Fuentes: Severn Trent Water (1, 3, 4, 5), Atkinson (2)).

Algunas empresas operadoras solo usan este término para las fugas que reportan los clientes, mientras que otras usan el término fuga visible o fuga superficial. Es posible que el público no informe sobre una fuga visible o en superficie y que se detecte mediante la detección activa de fugas. El factor crítico aquí es el tiempo que la fuga este corriendo antes de ser localizada. Una fuga reportada tendrá un tiempo de detección y localización de solo unos pocos días (cerca de 10–20 días). Estas fugas a veces se denominan fugas reactivas.

Con el propósito ayudar a la construcción de un modelo de componentes de pérdidas físicas, se recomienda que en los sistemas de gestión de ordenes de trabajo o de gestión de fugas se emplee la categorización de fugas reportadas solo cuando el tiempo de detección y localización de estas sea relativamente corto.

Fuga no reportada - Unreported Leak

Una fuga que se ha encontrado sin que la empresa operadora hubiese recibido aviso alguno acerca de ella y que debió ser detectada mediante la búsqueda activa de fugas en respuesta al aumento de los caudales nocturnos. Suele encontrarse por medios acústicos.

Algunas empresas operadoras emplean el término fuga no visible o fuga que no aparece en la superficie, para referirse a una fuga que se localiza solamente mediante métodos acústicos, en donde no hay indicio alguno de su presencia diferente a la

posible aparición de vegetación. Una fuga no reportada tendrá un tiempo de detección y localización prolongados, generalmente del orden de 100 días o más.

Con el propósito ayudar a la construcción de un modelo de componentes de pérdidas físicas, se recomienda que en los sistemas de gestión de ordenes de trabajo o de gestión de fugas se emplee la categorización de fugas no reportadas solo cuando el tiempo de detección y localización de estas sea relativamente largo.

Duración de la fuga - Leak Duration

Es el tiempo total que transcurre desde que se produce una fuga hasta que se detiene la pérdida de agua, generalmente al repararla. La duración de la fuga se divide en tres etapas: detección, localización y reparación; consulte la [Figura 27](#).

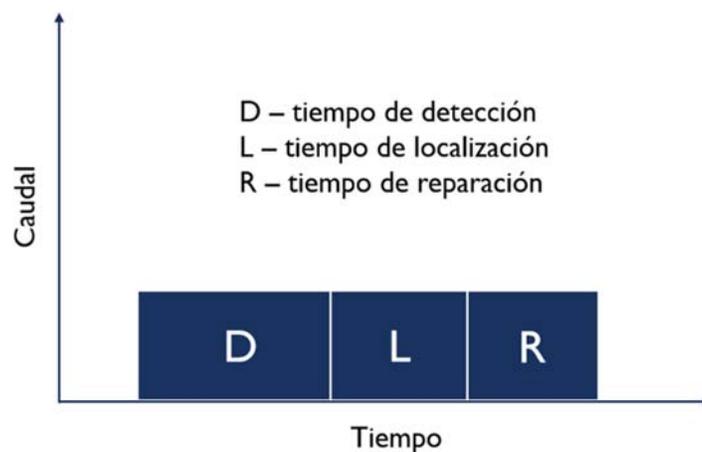


Figura 27 Duración de una fuga (Fuente: Pearson).

Tiempo de detección - Awareness Time

El tiempo de detección es el tiempo desde que se produce una fuga hasta que la empresa operadora sabe de su existencia, pero sin saber de su localización. La empresa operadora puede detectar una fuga a partir del aviso de un cliente, por una alarma del sistema de gestión de fugas, por una alarma de los registradores de ruido desplegados de forma permanente, o simplemente por la inspección visual del caudal nocturno. Es así como el tiempo de detección depende en gran medida del tipo de sistema de monitoreo que se adopte. Cuando no hay un sistema de monitoreo y la empresa operadora se basa únicamente en investigaciones regulares para identificar si se ha producido una fuga, el tiempo de detección de una fuga no reportada será muy largo e igual a la mitad del tiempo entre inspecciones.

Tiempo de localización - Location Time

El tiempo de localización es el tiempo que transcurre desde que una empresa operadora se da cuenta de la existencia de una fuga hasta que la ubica y se genera el orden de trabajo para su reparación. Para fugas reportadas, este es el tiempo que le toma a la empresa operadora investigar en sitio el reporte de una fuga y ubicar correctamente su posición para que se pueda realizar la reparación. Para fugas no reportadas en sistemas sin monitoreo, en donde los tiempos de detección son altos, el tiempo de localización será corto, suficiente para ubicar la posición de cualquier fuga. Para fugas no reportadas en sistemas con monitoreo, el tiempo de detección será bajo, pero el tiempo de ubicación incluirá el tiempo entre el momento en que la empresa operadora sabe de la existencia de la fuga hasta que se localice la fuga. Esto puede tomar tiempo (varios meses), a la espera de que se asigne el DH para la búsqueda activa de las fugas, pero también incluirá el tiempo para localizar y establecer la posición exacta de la fuga. Lo usual es que en la primera inspección no se encuentre todas las fugas por lo que estas seguirán corriendo hasta la próxima campaña de búsqueda.

Tiempo de reparación - Repair Time

El tiempo de reparación es el tiempo que transcurre entre la localización de una fuga y el momento en que deja de perderse el agua. Generalmente, este último es el momento en el que se repara la fuga, pero en algunas circunstancias, la fuga se detiene cuando se cierra el segmento de la tubería en donde se encuentra la fuga.

DETECCIÓN DE FUGAS - LEAKAGE DETECTION

La detección de fugas es el proceso de localizar y precisar la ubicación de las fugas de agua.

Control activo de fugas - Active Leakage Control

El control activo de fugas es el proceso de realizar investigaciones selectivas o periódicas orientadas a la localización de fugas dentro de una red de distribución de agua con el objetivo de gestionar las pérdidas.

Inspección de búsqueda de fugas - Leakage Detection Survey

Es la actividad por medio de la cual de manera proactiva, planificada y sistemática se localizan y ubican las supuestas fugas dentro de un DH, un microsector, o cualquier otra área de interés. Una campaña de búsqueda de fugas se puede activar considerando el tiempo transcurrido desde la última investigación, lo que se conoce como inspección regular; pero también cuando el caudal neto registrado en un DH ha alcanzado algún umbral establecido. Por lo general, se espera que una inspección de búsqueda de fugas encuentre más de una fuga. También se conoce como intervención.

Inspección regular - Regular Sounding

La inspección regular se basa en llevar a cabo campañas de búsqueda de fugas a intervalos regular, por ejemplo, una vez cada 12 meses, en lugar de basarse en la variación del caudal mínimo u otro parámetro de un DH.

Control pasivo de fugas - Passive Leakage Control

Se conoce como control pasivo de fugas a la estrategia de gestión en la que las campañas de búsqueda de fugas responden solo a situaciones particulares dentro de una red de distribución de agua que lo obligan.

Inspección reactiva - Reactive Survey

Ejercicio de búsqueda de fugas que solo se da en respuesta a la queja de los clientes o dificultades con la prestación del servicio, por lo que es de carácter reactivo, generalmente, con la intención de encontrar una fuga específica y resolver el problema que la genera. Esto significa que este tipo de intervenciones no tiene planificación alguna, ni están orientadas a la reducción de las pérdidas, ni tienen trabajos programados.

Buscar, localizar, descubrir - Locate, Localize, Pinpoint

Es el proceso que se desarrolla para la búsqueda de fugas en el que la ubicación de una supuesta fuga se va deduciendo sistemáticamente desde el DH o microsector a una calle particular o un segmento de tubería hasta finalmente señalar la ubicación precisa relativa de esta, como en el frente de un número de casa específico. Cuando se ha ubicado una fuga, lo usual es que se pinte con aerosol en el suelo una cruz o un cuadrado, con o sin letras, para que el equipo de reparación posteriormente proceda con la excavación en este sitio.

Área de interés - Area of Interest

Un área de interés es la ubicación aproximada donde se sospecha que hay una fuga, a la espera de su validación para confirmar si esta existe o no y precisar su localización exacta. Estas áreas pueden haber sido identificadas por registradores acústicos u otra técnica de detección. Todos los lugares de una posible fuga se mantendrán como un área de interés hasta que se haya confirmado la existencia o no de la fuga.

Rotura equivalente de una tubería de servicio - Equivalent Service Pipe Burst

Una rotura equivalente de una tubería de servicio es el caudal esperado de una fuga en este elemento, el cual es igual a 1.6 m³/h a una presión de 50 mH₂O, que se debe ajustar con la presión real de servicio, empleando un N1 de 0,5. El exceso de caudal del DH que está por encima del caudal mínimo objetivo (posiblemente, el caudal mínimo nocturno alcanzado) se convierte a roturas equivalentes en tuberías de servicio. Este valor le da al encargado del control activo de fugas una indicación del número de fugas que esperaría localizar durante la inspección.

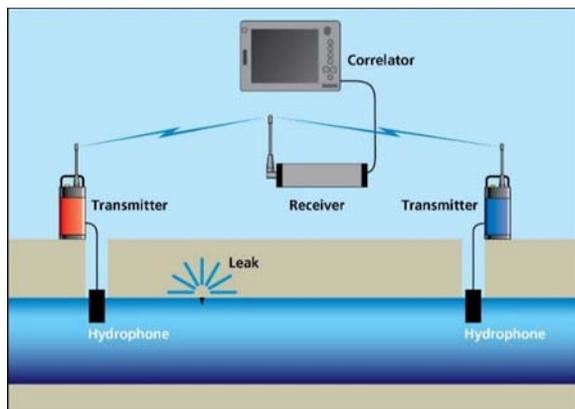
TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE FUGAS - LEAKAGE DETECTION TECHNIQUES

Las técnicas de detección de fugas son los métodos y tecnologías disponibles para que el personal de detección de fugas pueda localizar y precisar la ubicación de las fugas durante una campaña de búsqueda de fugas o una investigación reactiva.

Correlador - Leak Noise Correlator

Un correlador es un equipo que indica la posición de una fuga a lo largo de una tubería analizando el sonido que se escucha en dos accesorios de la red, generalmente válvulas e hidrantes (*Figura 28*). El correlador tiene una pareja de sensores que pueden ser de tipo acelerómetro o hidrófono para captar el ruido. Los sensores de tipo acelerómetro son aquellos que están conectados por un imán a un accesorio y captan el ruido transmitido por la fuga a través de la pared de la tubería; mientras que los de tipo hidrófono están en contacto directo con el agua en un hidrante o una conexión en la tubería y registran el ruido de la fuga como una onda de presión a través del agua.

1 Principio de operación



2 Sensor tipo acelerómetro



3 Sensor tipo hidrófono



4 Pantalla correlador digital



5 Visualización del resultado por computadora

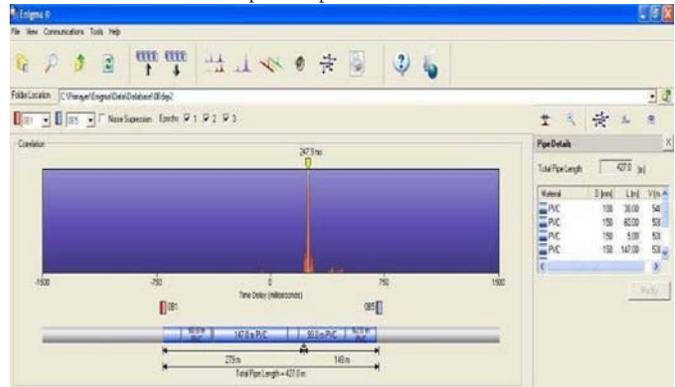


Figura 28 Fotografías que muestran el uso del correlador de ruido de fugas (Fuentes: Primayer (1, 5), EPAL (Lisboa) (2, 4), Atkinson (3)).

De acuerdo con la *Figura 29*, la posición de la fuga se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$L = (D - (V \times T_d))/2$$

Donde L es la distancia del sensor más cercano a la fuga; D es la distancia total entre los dos sensores; V es la velocidad de propagación del sonido por la tubería; Td es el tiempo de retardo, que es la diferencia de tiempos de llegada a cada sensor.

Así las cosas, para determinar la ubicación de la fuga se requiere que el técnico ingrese la información del material de la tubería y la distancia a lo largo de la tubería de los dos sensores. Cuanto más precisa sea esta información, más precisa será la ubicación de la fuga. En la *Figura 28* se presenta un tricolorrelador digital, en donde además de los dos sensores se tiene

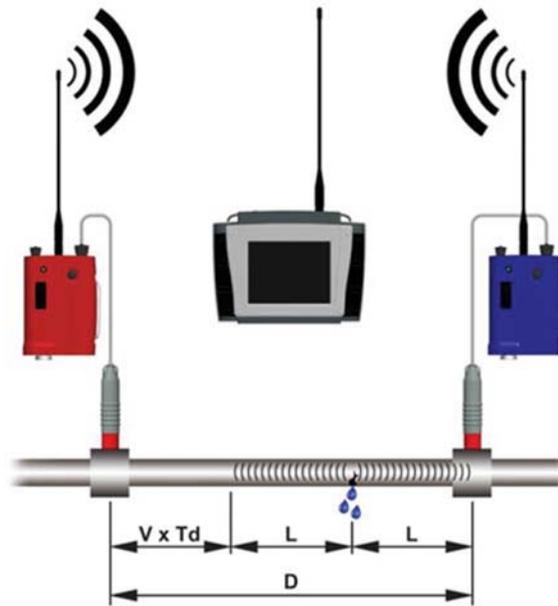


Figura 29 Evaluación de la posición de la fuga utilizando un correlador (Fuente: Pearson).

un receptor con su correspondiente sensor, con lo cual se mejora significativamente la precisión de la ubicación de la fuga. La ubicación de la fuga siempre deberá confirmarse mediante la búsqueda en superficie.

Búsqueda de fugas por medio de correladores - Correlator Survey

Una búsqueda de fugas empleando correladores es un método rápido de inspeccionar un área con el fin de localizar la posición de una fuga. En esta aproximación, no es necesario definir el material de la tubería, ni las distancias con precisión, por lo que la inspección se puede realizar rápidamente. Una vez que la fuga se ha prelocalizado, entonces el técnico para el tramo identificado puede ingresar la información precisa sobre el material de la tubería y la distancia entre sensores del correlador para estimar con mayor precisión la ubicación de la fuga.

Investigación sistemática - Stop Tap Sounding Survey

En este método de búsqueda de fugas se emplea una varilla de escucha que se pone en contacto con todos los puntos de acceso a la red (válvulas y conexiones de servicio) de un sector de la red, y de allí que se llame investigación sistemática. En el Reino Unido se le conoce como inspección de llaves de corte o ataque a las llaves de corte (stop tap bashing). Es esencial en este método que la varilla de escucha haga buen contacto con estos accesorios, ya que su buen funcionamiento requiere de un contacto directo con la tubería. Este tipo de investigación de alta resolución generalmente encuentra el mayor número de fugas.

Investigación de los accesorios solo de la red - Mains Appurtenances Only Sounding Survey

Esta actividad se considera de baja resolución ya que se centra solo en los accesorios de la red y se utiliza principalmente para localizar fugas en tuberías metálicas. Esta aproximación no se debe emplear si la tubería no es metálica o si la tubería general entre los puntos de escucha contiene una sección de material no metálico, como una pieza plástica empleada en una reparación, ya que el sonido se disipa a lo largo de las tuberías plásticas.

Búsqueda de superficie - Surface Sounding

Proceso de buscar las fugas desde la superficie del terreno por medio de una caña, varilla de escucha electrónica, o un geófono para ubicar la posición exacta de una fuga.

Caña de escucha - Manual Listening Stick

Una caña consiste en un tubo metálico hueco terminado en forma de campana que produce una reverberación del sonido en su interior indicando la presencia de una fuga (*Figura 30*). La caña se pone en contacto con los accesorios de la red, las llaves de corte o sobre el suelo para localizar la fuga dependiendo de la experiencia del operario. Hay diversos tipos de varillas que utilizan diferentes materiales, como madera y/o metal, y algunas tienen diferentes accesorios para los auriculares para transferir el sonido al oído del operador. Los operarios tienden a tener sus propias preferencias personales sobre el tipo de varilla a emplear. Este equipo también se puede emplear para comprobar si una válvula de compuerta está pasando agua, cuando se verifican los límites de un DH o al ejecutar una prueba por pasos.



Figura 30 Uso de cañas de escucha (Fuentes: Atkinson (1), United Utilities (2)).

Varilla de escucha electrónica - Electronic Listening Stick

Una varilla de escucha electrónica es la evolución de la caña de escucha que incorpora una varilla electrónica con un sensor que se conecta a un amplificador con un sistema de filtros para una mejor escucha de la fuga (*Figura 31*). Estos equipos están disponibles en varios niveles de sofisticación.



Figura 31 Uso de una varilla de escucha electrónica (Fuente: Hamilton).

Geófono electrónico - Ground Microphone

Es un instrumento compuesto por un módulo de control y amplificación, un micrófono de pie tipo campana, un par de auriculares y una varilla de contacto que se emplea para escuchar el ruido de las fugas cuando se coloca en la superficie del terreno. Se utiliza para confirmar y señalar la ubicación precisa de una fuga después de una búsqueda con correlador. A menudo se le conoce coloquialmente como pata de elefante (*Figura 32*).



Figura 32 Uso de geófonos electrónicos (Fuentes: EPAL (Lisboa) (1), Atkinson (2), Hamilton (3)).

Prueba de presión cero - Pressure Zero Test

La prueba de presión cero se emplea para verificar la hermeticidad de los límites de un DH, comprobando que las válvulas de contorno del sector están cerradas y no dejan pasar el agua del DH hacia afuera de él o de afuera hacia dentro del DH. Inicialmente, las válvulas de contorno del sector se inspeccionan con una varilla de escucha para garantizar que no se emita ningún sonido que indiquen el paso del agua. A continuación, se coloca un manómetro en un hidrante dentro del DH y se cierran las entradas y salidas principales del DH (*Figura 33*). Como resultado del cierre, la presión en el manómetro debe



Figura 33 Uso de hidrantes durante una prueba de presión cero (Fuente: Atkinson (1, 2)).

bajar gradualmente a cero. Si la presión se mantiene o cae drásticamente a cero, esto indica que una o más de las válvulas de contorno están abiertas o no cierran del todo. Puede ser útil instalar un manómetro en un hidrante por fuera del DH para confirmar que las presiones registradas sean diferentes. El manómetro debe dejarse en su lugar durante un período de aproximadamente 15 minutos para garantizar que el sistema no se presurice gracias a una válvula con pase de agua. También se recomienda que los registradores de presión se instalen a lo largo de los límites del DH tanto dentro como fuera de él. Estos se pueden descargar más tarde como verificación y también para fines de auditoría.

Registradores acústicos de ruido - Acoustic Noise Loggers

Los registradores acústicos son dispositivos electrónicos que se utilizan para registrar el ruido de las fugas en accesorios, tales como válvulas e hidrantes (*Figura 34*). Estos instrumentos se pueden programar para que registren en ciertos momentos del día, como, por ejemplo, en medio de la noche cuando debería haber menos interferencias externas en el sistema. También se pueden programar para interpretar las señales recibidas, en términos de consistencia, nivel y frecuencia de ruido, para inferir si el ruido indica que hay una fuga en las proximidades. Estos equipos tienen una base magnética, que permite que estos se fijen al vástago metálico de una válvula o un hidrante.



Figura 34 Registradores acústicos de ruido (Fuentes: EPAL (Lisboa) (1), Atkinson (2, 3)).

Registradores acústicos de ruido con correlación - Correlating Acoustic Loggers

Estos son registradores que han combinado la funcionalidad de registradores acústicos de ruido y correladores. Esto ha sido posible gracias al avance del sellado digital de tiempo de las redes GPRS y al uso de la tecnología GPS, que dan certeza sobre la existencia de unos datos en formato electrónico en un instante concreto, y que esos datos no han sido alterados desde ese instante específico en el tiempo. Los datos de los registradores de ruido se combinan con la información de material y longitud de la tubería (tomados del SIG de la empresa operadora) para definir de manera más precisa el área de interés de una fuga para su confirmación y ubicación. Estos registradores se pueden instalar de manera temporal o permanente, y se pueden comunicar por medio de redes de radio propietarias o la red de telefonía celular (2G, 3G o 4G). Cuando estos instrumentos se instalan de forma permanente, los aspectos económicos del control activo de fugas pueden cambiar significativamente (*Figura 35*).

Sensores remotos - Remote Sensing

Este es un término genérico que se utiliza para describir varias técnicas que no implican la detección física de las fugas en el terreno. Dentro de estas técnicas se tienen la captura de imágenes de un área de interés utilizando un avión, helicóptero, dron, o satélite. Estas imágenes emplean diferentes longitudes de onda, entre las que se incluye el infrarrojo, que permiten identificar áreas en donde se observa el crecimiento constante de la vegetación o donde la reflexión de las ondas en el suelo presenta un patrón particular, que lleve a que estas zonas se investiguen en mayor detalle.

Detección de fugas no intrusiva - Non-Intrusive Leak Detection

Cualquier técnica de detección de fugas, que no suponga que un sensor se introduzca al interior de la tubería, como, por ejemplo, la detección por gas trazador, correlación, inspección sistemática. (*Ver detección de fugas intrusivas para comparar*).

1 Instalación en hidrante



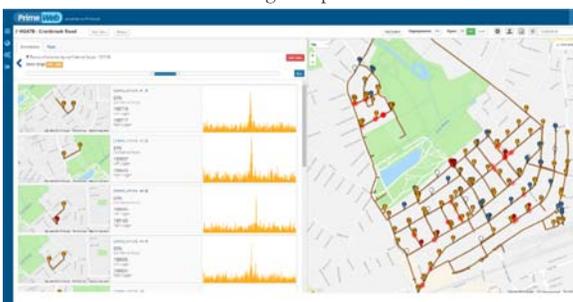
2 Instalado en hidrante



3 Instalado en válvula



4 Resultados mostrados en Google Maps



5 Resultados mostrados en Google Earth

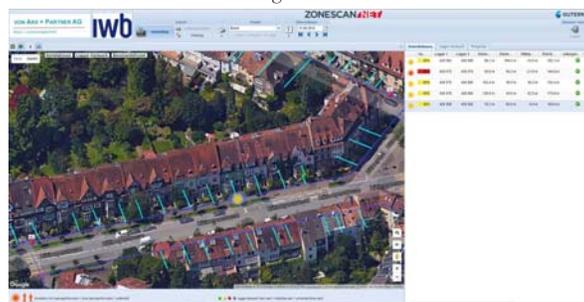


Figura 35 Registradores acústicos de ruido con correlación (Fuentes: Mueller Water Products Inc (1, 2), Anglian Water / Primayer (3), Primayer (4), Gutermann (5)).

Detección intrusiva de fugas - Intrusive Leak Detection

En esta técnica se tiene un sensor que viaja a lo largo del interior de la tubería. Este sensor identifica la existencia y ubicación de una fuga, ya sea por el ruido que esta genera o por el cambio en el perfil de presión dentro de la tubería. Los sensores pueden viajar en el interior de la tubería flotando libremente o estar conectados a un cable. Estos generalmente se rastrean en la superficie utilizando tecnologías como el Bluetooth. Las técnicas de detección intrusiva requieren acceso al interior de la tubería para «lanzar» el sensor. Esto puede ser a través de un hidrante existente, cámaras de limpieza nuevas o existentes, o puntos de extracción nuevos o existentes. Los equipos de flotación libre también requieren de algún tipo de arreglo para la recuperación del sensor. En la actualidad existen varias técnicas patentadas y equipos asociados disponibles para la detección intrusiva de fuga en redes. Estos métodos también se les conoce como detección de fugas dentro de la tubería.

Radar de penetración terrestre - Ground Penetrating Radar

Ha habido muchos intentos de desarrollar un radar de penetración terrestre con la intención de identificar la ubicación de una fuga. Dentro de estos se encuentran varios tipos de radares de penetración, que consideran solo las imágenes del radar o que las combinan con sensores de resonancia magnética de superficie. En términos generales, los resultados de esta tecnología para la localización de fugas no han sido los mejores, pues su interpretación es compleja, y a menudo, los hallazgos no son concluyentes.

Gas trazador - Gas Injection

En esta técnica se inyecta en la tubería o conexión de servicio un gas trazador, que usualmente es una mezcla de hidrógeno o helio y nitrógeno. Y luego, se realiza la inspección superficial del alineamiento de la tubería con un sensor especial que pueda detectar la presencia del gas (*Figura 36*). El gas debe estar aprobado para su uso con agua potable.



Figura 36 Técnica de detección de fugas por gas trazador (Fuentes: Primayer (1, 3), EPAL (Lisboa) (2)).

Prueba por pasos - Step Test

Una prueba por pasos es una técnica que se utiliza para prelocalizar una fuga dentro de un DH, la cual consiste en el cierre sucesivo de las secciones que componen un DH mediante el cierre de una sola válvula, por lo que de allí toma su nombre. Esta prueba requiere, como parte del proceso de su diseño, de la identificación de las válvulas de circulación para que el DH se reduzca a una serie de ramificaciones. Una vez se han cerrado las válvulas de circulación, se procede entonces con el cierre secuencial de las válvulas que conforman cada uno de los pasos; mientras se registra y transmite el caudal en el macromedidor del DH a los operarios que realizan la prueba. A medida que se cierran las válvulas de cada paso, se debe dar tiempo a que el flujo que se registra en el caudalímetro del DH se estabilice, lo que puede llevar solo unos minutos. A medida que se van cerrando las válvulas de paso, las válvulas de paso anteriores se pueden abrir o dejar cerradas. El paso con la caída más grande de caudal es en donde se tiene la fuga de mayor tamaño, pero si hay varios pasos con reducciones de caudal, esto indica que hay varias fugas en lugar de una sola fuga grande. La prueba por pasos se debe realizar en horas de la noche o cuando el consumo sea mínimo para prevenir cualquier queja de los clientes. Como parte de la preparación de la prueba, se deben identificar los usuarios nocturnos a los que no se les puede suspender el servicio, e implementar medidas temporales para mantener su suministro. En algunos casos, los clientes deberán ser informados de la prueba, advirtiéndoles de una posible suspensión del servicio o de la presencia de agua con color a la mañana siguiente. Sin embargo, estos riesgos se pueden minimizar mediante el uso de la transmisión de datos en tiempo real y la operación cuidadosa de las válvulas. (Vea también prueba de rezonificación temporal del DH).

Prueba de rezonificación temporal de un DH - Temporary DMA Rezoning Test

La prueba de rezonificación temporal de un DH es una modificación de la prueba por pasos tradicional, en la que se transfieren secuencialmente secciones de un DH, que se habrían aislado mediante el cierre de válvulas de paso en una prueba de paso normal, a un DH adyacente para que el suministro no se suspenda. Por tanto, este método evita cortes de servicio y pérdidas de presión en la red.

REPARACIÓN DE FUGAS - LEAK REPAIRS

La reparación de una fuga es el proceso mediante el cual se elimina la causa que la está produciendo. Las fugas en la red, dependiendo de su tamaño, se pueden reparar con una abrazadera de reparación cuando estas son pequeñas, y cuando son mayores, pueden requerir el corte de la tubería averiada y su reemplazo con una nueva sección. La reparación de fugas en accesorios, tales como válvulas e hidrantes, pueden requerir el cambio de empaquetadura del prensaestopos o el reemplazo completo del accesorio. Las fugas en las conexiones de servicio generalmente se reparan reemplazando la sección de tubería defectuosa por una nueva usando dos acoplamientos de compresión, similar a la de la red con corte de tubería. En circunstancias excepcionales, se puede considerar apropiado reemplazar toda la conexión del servicio, como cuando esta se ha construido en un material inadecuado, como puede ser el plomo o un PE de baja calidad. Normalmente, la reparación de fugas en tuberías privadas de servicio no las realiza la empresa operadora, por ser estas de responsabilidad del

propietario del inmueble; sin embargo, si el operador la realiza por cualquier motivo, la reparación será lo mismo que la una fuga en una conexión de servicio.

Abrazadera de reparación - Repair Clamp

Una abrazadera de reparación es un accesorio que normalmente viene en dos mitades e incluye un sello en todo su perímetro (*Figura 37*). La abrazadera se abre y se coloca alrededor de la tubería en el lugar en el que se presenta la fuga. Luego, esta se sujeta por medio de pernos que se aprietan para asegurar que el sello se ajuste bien alrededor de la tubería, cubriendo así el orificio que genera la fuga. Este tipo de reparaciones se puede realizar sin cortar el servicio, lo que reduce el riesgo de contaminación y la ocurrencia de transitorios de presión al momento del llenado de la tubería, aunque generalmente requirieren que la presión se reduzca significativamente mientras que se realiza la reparación. Se puede usar una abrazadera de reparación para reparar un orificio, pero no se recomienda para una rotura circunferencial. Una abrazadera de reparación no afectará significativamente la transmisión de ruido a lo largo de la pared de la tubería, por lo que esta tendrá poco impacto en la detección de fugas.



Figura 37 Abrazaderas de reparación (Fuentes: Plasson (1, 2), Atkinson (3)).

Reparación con corte de tubería - Piece Through Repair

Este tipo de reparaciones obligan a cortar la sección averiada de tubería e instalar una nueva empleando para ello acoples adecuados en cada uno de los extremos (*Figura 38*). Es común utilizar un tramo corto de tubería de plástico (PE o PVC) para el reemplazo, incluso si la tubería original es metálica. Desafortunadamente, esto puede dificultar la detección de fugas en el futuro, ya que la sección de tubería de plástico actúa como aislante y reduce la transmisión de ruido a lo largo de la tubería original. El uso de tuberías de plástico en estas reparaciones también reducirá la precisión de la ubicación de una fuga utilizando un correlador. La reparación con corte de la tubería obliga al corte completo del servicio, por lo que se debe tener especial cuidado con la desinfección y recarga de la tubería.



Figura 38 Acoplamientos empleados en la reparación de fugas (Fuentes: Mueller Water Products Inc. (1), Plasson (2), Pearson (3)).

GESTIÓN DE PRESIONES - PRESSURE MANAGEMENT

La gestión de la presión es probablemente el método más rentable para controlar las fugas. Esta incluye los procesos asociados con el seguimiento y el control de las presiones dentro de las redes de abastecimiento y distribución. En la actualidad, el conocimiento sobre la gestión de presiones está lo suficientemente bien desarrollado que se es posible predecir fácilmente el agua recuperada resultado de esta intervención.

Manómetro - Pressure Gauge

Este instrumento se conecta a una tubería general o a una conexión de servicio de agua para medir la presión. Esta se puede registrar manualmente o por medio de un registrador de datos.

Registrador de presión - Pressure Logger

Es un dispositivo electrónico que puede registrar y almacenar las lecturas de un sensor de presión. Estos datos se pueden analizar posteriormente de manera individual o se pueden migrar a un sistema informático central o una aplicación basada en la nube, como, por ejemplo, un sistema de gestión de fugas. La presión que se registra será el valor instantáneo que el transductor mide en el momento relevante.

Presión - Pressure

La presión es la fuerza que ejerce el agua dentro de una tubería y es equivalente a la altura de una columna de agua en un tubo abierto si este estuviera conectado al costado de la tubería en el punto de interés. La presión se mide en la red mediante un manómetro. Las unidades de presión suelen ser mH₂O, bar, psi.

Transitorios hidráulicos - Transients

Los transitorios hidráulicos son picos de presión de muy alta frecuencia que se presentan en una red de distribución originados por cambios operativos, arranques o paradas de bombas, o cortes del servicio. Estas sobrepresiones pueden ser de gran amplitud y magnitud, lo que puede causar golpes de ariete y esfuerzos en el sistema que pueden generar fugas o roturas súbitas (*Figura 39*). Para su registro se hace necesario que la tasa de muestreo sea también de alta frecuencia, por lo menos de 10 veces por segundo (10 Hz). Este tipo de fenómenos se pueden controlar mediante la instalación de arranques suaves para las bombas; una operación adecuada de las válvulas evitando cierres rápidos; la instalación de dispositivos de reducción de las sobrepresiones, tales como las válvulas de alivio, válvulas anticipadoras de onda, calderines, por solo mencionar algunos; el reemplazo de las válvulas de solenoide on-off en los reservorios de los grandes consumidores, por unas de cerrado suave.

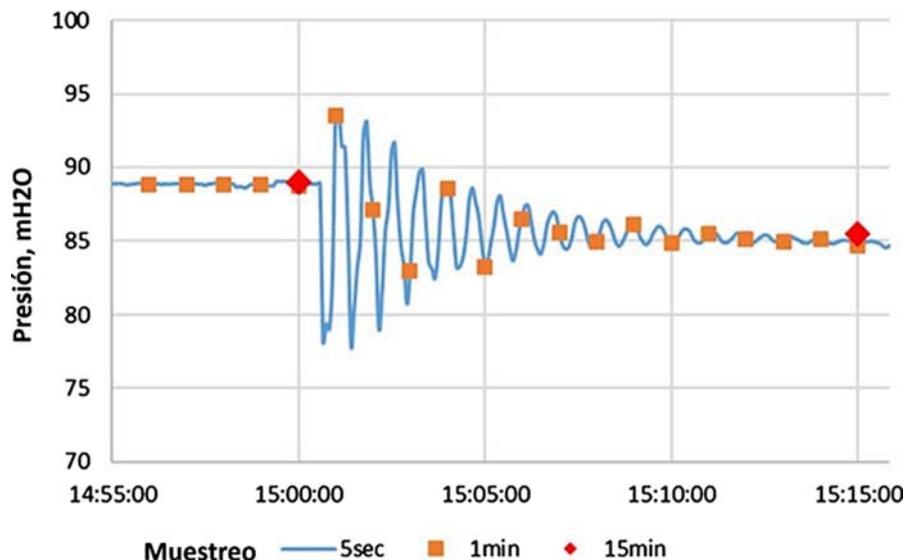


Figura 39 Registro de un transitorio en un sistema de abastecimiento de agua (Fuente: United Utilities)

Reducción de la presión - Pressure Reduction

La reducción de la presión en una red tiene un impacto significativo en las fugas, ya que reduce el caudal de estas, sean existentes o nuevas. Adicionalmente, se reducen las fugas de fondo y la frecuencia de rotura con la que se producen las nuevas fugas en las conexiones de servicio y las redes. La gestión de la presión es un método muy económico de control de fugas. Esta se puede llevar a cabo por medio de la instalación de cajas o tanques rompedores de presión, variadores de velocidad en las bombas, y válvulas reductoras de presión (VRP). De estas, la última es el método de mayor uso.

Existen cuatro tipos de control de la presión usando una VRP: salida fija, modulación por tiempo, modulación por caudal y control de la presión en el punto crítico. Al considerar el impacto de la gestión de la presión en las fugas, es necesario considerar el impacto de la presión durante el día en su conjunto, es por esto por lo que se debe realizar la conversión de una fuga horaria a una diaria empleando para ello el factor hora-día.

Gestión de presión por salida fija - Fixed Outlet Pressure Management

Este es el control más sencillo que se puede dar en una VRP, en el que se define una consigna de la presión a la salida de la válvula (*Figura 40*). El factor hora-día (FHD) para un esquema de control con salida fija será inferior a 24 horas, siendo lo usual que este entre las 20 y 23 horas. En el ejemplo de la *Figura 40* el FHD es igual a 22,6 horas.

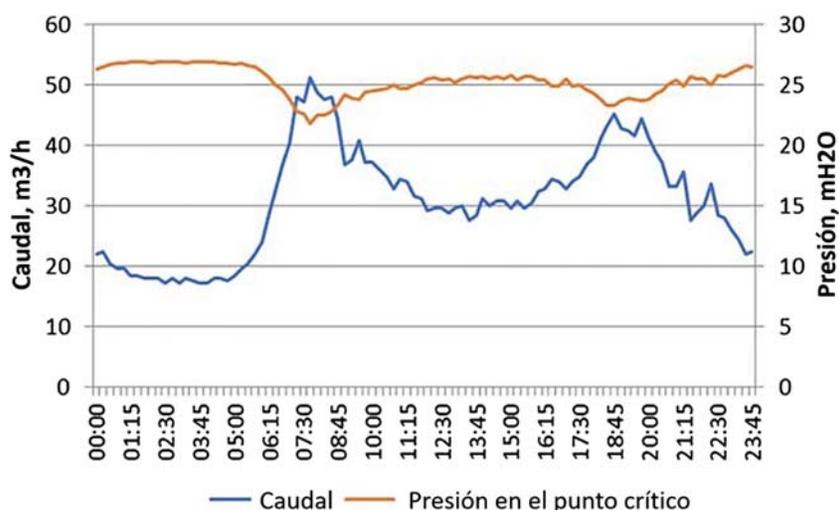


Figura 40 Gestión de presión por salida fija (Fuente: Pearson)

Gestión de presión modulada por tiempo - Time Modulated Pressure Management

En este esquema de control de la presión, se definen diferentes consignas de presión a la salida de la VRP para diferentes momentos del día. Lo usual es que durante la noche se reduzca la presión cuando el consumo es bajo, y, en consecuencia, la presión normalmente aumenta. Así por ejemplo en la *Figura 41* se puede observar como la presión se reduce entre la medianoche y las seis de la mañana, aunque es de notar que este horario se puede modificar para adaptarse a las circunstancias particulares del DH. Cuando la presión es modulada por tiempo, el FHD será superior a 24 horas, siendo lo usual que este en el rango de las 26 a 30 horas o incluso más. En el ejemplo de la *Figura 41*, el FHD es igual a 32,1 horas.

Gestión de presiones modulada por caudal - Flow Modulated Pressure Management

Este esquema de control es más sofisticado ya que la consigna de la presión a la salida de la VRP depende del caudal que pasa por ella, el cual normalmente se mide por medio de caudalímetro instalado aguas arriba de la válvula. En este caso, el control se debe configurar de tal manera que a partir de la demanda que se presenta en el área de presión controlada se defina la variación de la presión, ya sea en el punto medio de la zona o en su punto crítico. En la *Figura 42* se puede observar que, bajo este esquema de control, la presión en el punto seleccionado de control será relativamente constante y variará ligeramente alrededor de la consigna seleccionada para él. En la modulación por caudal, el FHD es más cercano a las 24 horas, y puede variar entre 23 y 25 horas. En el ejemplo de la *Figura 42*, el FHD es igual a 24 horas.

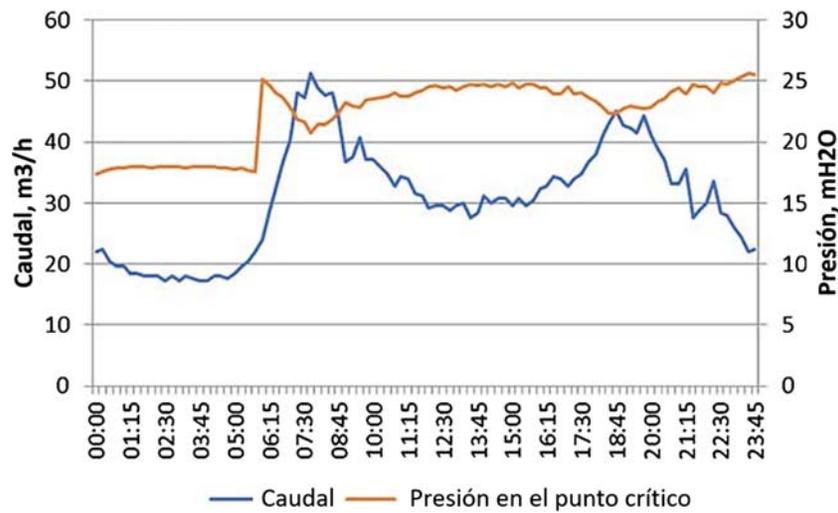


Figura 41 Gestión de presión modulada por tiempo (Fuente: Pearson)

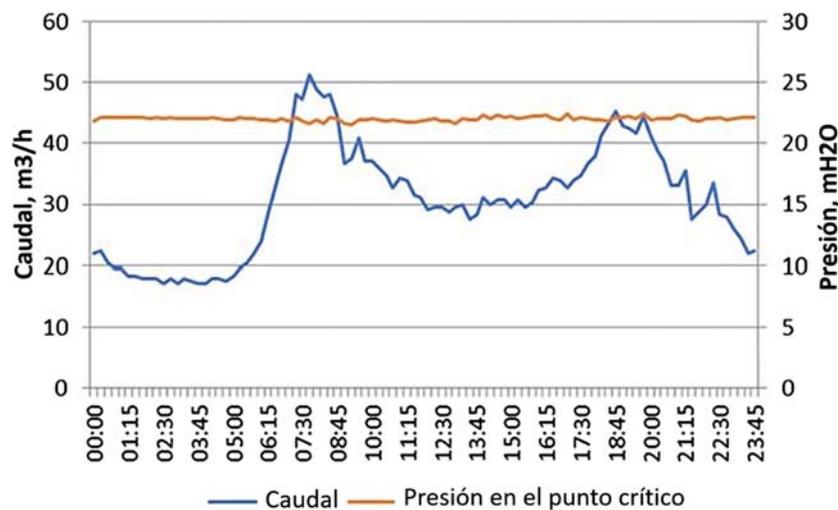


Figura 42 Gestión de presión modulada por caudal (Fuente: Pearson)

Gestión de presiones por punto crítico - Critical Pressure Control Pressure Management

En este tipo de control, la VRP o el bombeo puede controlarse para que se tenga cierta presión mínima en un punto remoto dentro del área de presión controlada, pudiendo ser este el punto medio de la zona o el punto crítico. Esto requiere de un lazo de control en donde se mide la presión en el punto de interés, y este valor se transmite a un controlador que es el responsable de actuar sobre el piloto de la VRP para asignar así, una nueva consigna de la presión a la salida de esta, hasta alcanzar la presión establecida para el punto crítico. El FHD para este tipo de control está mucho más cerca de las 24 horas. En América del Norte este tipo de control se conoce como gestión de presiones por nodo remoto de control.

Área de presión - Discrete Pressure Area

Área delimitada dentro de una red en donde la presión está sujeta al mismo régimen, ya sea natural o controlado por medio de una VRP. Muchas empresas operadoras les llaman a estas áreas zonas hidráulicas.

Zona de presión controlada - Pressure Managed Area

Esta es una zona es un área de presión en donde el régimen de presión está controlado por una o más VRP.

Punto crítico - Critical Point

Un punto crítico es el punto de menor presión disponible dentro de un área de presión. El monitoreo de la presión en el punto crítico es de utilidad para establecer si el estándar de servicio de presión se está cumpliendo, pero también para configurar los controles de una VRP si el área de presión tiene este tipo de control.

Punto medio de la zona - Average Zone Point

Es el punto representativo de la presión media que experimentan todas las edificaciones dentro de un área de presión. La determinación del punto medio de la zona se realiza al obtener el valor medio de la elevación del terreno en el área de presión como al ponderar la elevación por el número de edificaciones o conexiones de servicio entre dos curvas de nivel.

Presión promedio de la zona - Average Zone Pressure

Esta es la presión promedio que se mide en la elevación media ponderada del área de presión durante un día, para lo cual usualmente se emplea un hidrante.

Presión nocturna promedio de la zona - Average Zone Night Pressure

Es la presión promedio en un área de presión durante el período en el que se evalúan las fugas por el método de caudal mínimo nocturno. Este periodo normalmente será durante la noche, aunque puede haber ciertas excepciones a esto (ver caudal mínimo nocturno). En el momento del caudal mínimo, la presión normalmente está en su máximo valor, aun cuando esto puede variar dependiendo del tipo de control de presiones existente. La PNPZ debe medirse en el punto medio de la zona. En el caso en que el análisis se realice en una zona o un DH con varias áreas de presión, la PNPZ se obtiene al ponderar la presión promedio de cada una de ellas con el número de edificaciones o conexiones de servicio.

Presión promedio de operación - Average Operating Pressure

En el caso de un sistema con suministro continuo, esta es la presión promedio experimentada por todas las propiedades ubicadas dentro de un área de presión durante un día completo, la cual es equivalente al producto $PNPZ \cdot FHD / 24$. En el caso en que el análisis se realice en una zona o un DH con varias áreas de presión, la presión promedio de operación se obtiene al ponderar la presión promedio de cada una de ellas con el número de edificaciones o conexiones de servicio.

En el caso de sistemas con suministro intermitente, la presión promedio de operación solo debe estimarse para el período en el que el sistema está presurizado.

Factor hora-día - Hour to Day Factor

Las fugas se pueden evaluar mediante un balance hídrico empleando los componentes del método de caudal total integrado o el método del caudal mínimo nocturno. Uno de los errores más comunes en la estimación de las fugas es la suposición de que las fugas nocturnas por hora al multiplicarse por 24 horas entregan el valor diario de estas; o que la fuga diaria de un balance hídrico se puede convertir en fuga nocturna dividiéndola por 24 horas por día. Dado que los caudales de fuga y el exponente $N1$ varían con la presión media de la zona, un factor hora-día de 24 horas por día solo es válido cuando la presión media de la zona es constante o casi constante, durante las 24 horas del día. La expresión que relaciona la fuga diaria con la fuga nocturna, medida esta durante la hora de caudal mínimo nocturno, es:

$$\text{Fuga diaria (volumen/día)} = \text{Fuga nocturna (volumen/hora)} \times \text{FHD (horas/día)}$$

En la práctica, el FHD puede variar desde menos de 10 horas por día para sistemas a gravedad con altas fugas y pérdidas por fricción, hasta más de 60 horas por día para sistemas modulados por caudal. Por lo tanto, la suposición de una FHD fijo de 24 horas al día puede introducir errores sistemáticos importantes en el cálculo de las fugas basado en los caudales nocturnos.

El FHD se calcula como la sumatoria de los factores horarios de corrección $[(P_i / PNPZ)^{N1}]$ durante el día en el que se evalúa la presión P_i , en el punto medio de la zona, en el momento i . $N1$ debe estimarse a partir de una prueba de $N1$ o por expresiones empíricas teniendo en cuenta el tipo de material de la red y el nivel de pérdidas. En ausencia de otros datos, es sensato utilizar $N1$ igual a 1.

En el caso en que el análisis se realice en una zona o un DH con varias áreas de presión, el FHD se obtiene al ponderar el factor de cada una de ellas con el número de edificaciones o conexiones de servicio. En algunas ocasiones a este factor se lo denomina factor día noche o factor T, aunque es preferible emplear el de factor hora-día.

Descarga de área fija y variable - Fixed and Variable Area Discharge (FAVAD)

La aproximación FAVAD, por sus siglas en inglés, significa relación de descarga de área fija y variable, la cual fue desarrollada por John May en 1994. Esta teoría considera que las fugas en una red ocurrirán a través de una mezcla de agujeros, algunos de los cuales no varían su forma con la presión; mientras que otros experimentarían cambios de forma con la presión.

Factor N1 - N1 Factor

El factor N1 se utiliza para calcular la relación entre fugas y la presión:

$$Q_{f1} = Q_{f0} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

donde Q_f es la fuga y P es la presión. Cuanto mayor sea el valor de N1, más sensibles serán los caudales de fuga existentes a los cambios de presión. Los factores N1 varían entre 0.5, para poros por corrosión en sistemas con solo tuberías metálicas, y 1.5, con valores ocasionales de hasta 2.5. En sistemas de distribución con una mezcla de materiales de tubería y bajos niveles de fugas, los factores N1 pueden ser del orden de 1 a 1,15. Por lo tanto, se puede asumir inicialmente una relación lineal hasta que se lleven a cabo pruebas para determinar de manera más precisa el factor N1. Desarrollos recientes han demostrado que, el factor N1 es función de la presión cuando se aplican los principios FAVAD, pero que esto no se vuelve significativo hasta que las presiones están por debajo de los 25 mH₂O.

Prueba del factor N1 - N1 Step Test

La prueba del factor N1, también se le conoce como prueba de escalones de presión, la cual se utiliza para determinar el valor del N1 para áreas particulares de la red de distribución. Durante esta prueba se registran el flujo neto en la zona o el DH y la presión en el punto promedio de estas, que se obtenga de la reducción de la presión por escalones sucesivos en el área de interés cambiando las consignas de una VRP. Esta reducción de presión, junto con la correspondiente reducción del caudal neto a la entrada, forman la base para el cálculo del factor N1.

Factor N2 - N2 Factor

El factor N2 se introdujo inicialmente cuando se creía que la relación entre la frecuencia de roturas y la presión se podía relacionar con la siguiente expresión:

$$FR_1 = FR_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N2}$$

donde FR es la frecuencia de rotura, número/año, y P es la presión. Recientemente se ha descubierto que esta relación es un poco más compleja, ya que se ha encontrado que hay roturas que no dependen de la presión. Por lo que, ahora se considera que esta relación se debe describir como:

$$FR_1 = (FR_0 - FR_{ndp}) \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N2} + FR_{ndp}$$

donde FR_{ndp} es la frecuencia de roturas no dependientes de la presión. La anterior expresión se debe aplicar por separado para la roturas en la red de las roturas en tuberías de servicio. N2 es del orden de 3.

Factor N3 - N3 Factor

El factor N3 se utiliza para describir la relación entre la presión y el consumo a nivel de usuario final, la cual se expresa como:

$$C_1 = C_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N3}$$

Donde C es el consumo. Existe un factor N3 diferente para usos internos, por ejemplo, cisterna de inodoro, que para uso externos, como, el riego. Los valores típicos de N3 son 0–0.2 para usos internos y 0.5–0.75 para usos externos.

REHABILITACIÓN DE REDES Y TUBERÍAS DE SERVICIO - MAINS AND SERVICE PIPE REHABILITATION

Rehabilitación es el término genérico que considera cualquier forma de renovación o reemplazo de la infraestructura para restaurar o mejorar su desempeño. La rehabilitación busca reducir las actividades repetitivas de detección y reparación de las fugas (encontrar y reparar), razón por la cual esta se orienta a redes y tuberías de servicio con alta frecuencia de roturas. Por lo tanto, se puede llevar a cabo la rehabilitación de las redes y conexiones de servicio de un sistema de abastecimiento de agua como un componente más de la gestión de pérdidas reales.

Revestimiento de tuberías por proyección - Mains Relining

Esta es una técnica para la rehabilitación de tuberías, que también se puede emplear para mejorar la calidad del agua. Los materiales que se emplean para el revestimiento por proyección son cemento, epoxi o poliuretano. Si bien estos revestimientos solo actúan contra la corrosión, no tienen ninguna capacidad estructural, por lo que no es de esperarse que se reduzca la frecuencia de roturas. Sin embargo, en la actualidad existen algunos revestimientos semiestructurales que sellan agujeros y juntas abiertas. Sin embargo, existe evidencia de que la frecuencia de rotura de las tuberías revestidas aumenta debido a los esfuerzos a los que estas están sometidas durante el proceso de limpieza. Este mismo proceso de limpieza también puede causar el daño de los puntos de conexión. Por lo tanto, no se debe considerar el revestimiento de tuberías por proyección para la rehabilitación de redes por consideraciones de control de fugas.

Reemplazo por zanja - Open Cut Replacement

El reemplazo por zanja es el método convencional de reemplazo de una tubería, en donde se excava una zanja hasta alcanzar la tubería deteriorada, la cual cambia por una nueva. Este método constructivo causa la mayor alteración al espacio público, por, lo que afecta significativamente a la comunidad vecina a las obras.

Fragmentación de tuberías - Pipe Bursting

Esta es una de las tecnologías de reemplazo de tuberías sin zanja que minimiza la afectación del espacio público, la cual consiste en romper in situ la tubería existente, al tiempo que se va instalando una nueva tubería de igual o mayor diámetro en el mismo sitio. En este caso, se excavan nichos de entrada y salida a intervalos regulares de aproximadamente 100 m de longitud, que pueden ser coincidentes con las válvulas o hidrantes existentes. Desde uno de los nichos se inserta un torpedo neumático de percusión aprovechando el orificio de la tubería existente. Cuando avanza el torpedo fragmenta el conducto existente y empuja los fragmentos hacia el suelo circundante; mientras que el expansor al cual se le acondiciona una nueva tubería de PEAD aumenta el tamaño de la perforación lo que facilita la inserción del nuevo conducto. Una variante de esta tecnología es el corte de la tubería (pipe splitting) que se emplea para tuberías metálicas que no se fracturan empleando las técnicas de fragmentación. Se deben realizar excavaciones para reemplazar las conexiones de cada servicio. Esta tecnología se conoce también como método de inserción de tubería.

Sistema de entubado continuo simple no ajustado - Slip Lining

Esta tecnología de rehabilitación de tuberías es de tipo estructural ya que se inserta una nueva tubería de menor diámetro en el tubo existente. El diámetro necesario debe validarse mediante un modelo hidráulico. La reducción significativa de las fugas contribuye a permitir el uso de tuberías de menor diámetro.

Sistema de entubado ajustado con reducción simétrica por rodillo - Roll Down

Este sistema de entubado con reducción simétrica es similar al de la tecnología con un troquel estático, en el que una tubería de PEAD se dobla o pasa a través de rodillos para reducir su diámetro, en lugar de someterse a tensión, antes de la inserción.

Sistema de entubado ajustado con reducción simétrica por troquel - Die Drawing

En esta tecnología un tramo de tubería de PE se tira por medio de un cabrestante con una tensión constante a través de un sistema estático de troquel para reducir su diámetro, el cual se inserta en el tubo existente, después de que este se ha limpiado. Cuando se libera la tensión del cabrestante, la tubería de PE vuelve rápidamente a su diámetro original, encogiéndose simultáneamente en longitud hasta que logra un ajuste perfecto con la tubería existente. En este caso, la nueva tubería de PE puede crear un revestimiento a prueba de fugas que puede ser estructural o no.

Rehabilitación de tuberías de servicio - Service Pipe Rehabilitation

Por lo general, resulta más económico reubicar una tubería de servicio nueva cuando se rehabilita una tubería que renovar la tubería de servicio existente. Esto se puede llevar a cabo excavando una nueva zanja o empleando un topo (impact moling) para instalar la nueva tubería de servicio sin zanja. Esto a veces se denomina perforación dirigida.

Existen varias tecnologías para la rehabilitación de tuberías de servicio en sitio. Una de ellas es la que se conoce como extracción de la tubería (pipe pulling), en la que se inserta un cable de acero en la tubería de servicio existente, al cual se le conecta la nueva tubería, y luego por medio de un cilindro giratorio se aplica una fuerza de tracción al cable que arrastra la tubería existente y la saca del suelo dejando en su lugar el nuevo tubo. Otra tecnología emplea un entubado continuo ajustado que se dobla en fábrica en forma de C o de U, y que luego de insertarse en la tubería existente, se vuelve a redondear usando presión, proporcionada por vapor y/o aire.

Inspección de la condición de la tubería - Pipe Condition Surveying

La inspección de la condición de las tuberías es el proceso de evaluar su estado actual con respecto a su capacidad para satisfacer las necesidades definidas por la empresa operadora. En el caso de las tuberías metálicas, esto puede implicar la estimación de su vida residual teniendo en cuenta la corrosión tanto interna como externa. También puede incluir la investigación de cualquier acumulación de depósitos dentro de la tubería. Cualquier examen de la condición interna se lleva a cabo de manera similar a la detección de fugas intrusivas y requerirá acceso a la tubería a través de hidrantes, puntos de toma, o cámaras de limpieza.

Cámara de limpieza - Pigging Chamber

Una cámara de limpieza es el elemento que permite la inserción de un raspador (pig) en una tubería para realizar su limpieza (Figura 43). También habrá una cámara de limpieza para recibir y recuperar el raspador. Por lo general, se instalarán en tuberías de mayor diámetro cuando no se pueda utilizar un hidrante.



Figura 43 Cámara de limpieza típica (Fuente: Atkinson)

Lavado de la red - Mains Flushing

El lavado de la red es el proceso mediante el cual se eliminan los depósitos e incrustaciones de una tubería con la intención de reducir el riesgo de que los clientes experimenten agua con color. Hay varias técnicas de lavado de la red, entre las que se tiene el lavado con aire, la limpieza con raspador o con hielo. La mayoría de estas técnicas se pueden ajustar para generar diferentes solicitaciones que dependerán de la extensión y los tipos de depósitos que se encuentren dentro de las tuberías. Previo a la realización de cualquier actividad de limpieza de las redes se debe advertir a los clientes. Se puede emplear un modelado hidráulico de la red para evaluar si las velocidades de flujo son suficiente para arrastrar sedimentos y los depósitos acumulados en las redes. En la mayoría de los casos se pueden emplear los hidrantes existentes, pero para algunas de las técnicas mencionadas anteriormente se puede necesitar la construcción de elementos particulares para la entrada y salida de los elementos de limpieza (por ejemplo, cámaras de limpieza), lo que aumenta significativamente el costo.

MODELACIÓN DE LAS FUGAS - LEAKAGE MODELLING

La modelación de las fugas es el término genérico que se emplea para el proceso de simulación numérica por computador y el análisis de fugas empleando las relaciones establecidas de estas con la presión y los tiempos de atención.

Calibración de la demanda - Demand Calibration

La calibración de la demanda es una metodología que se emplea para analizar los datos de presión y caudal neto durante 24 horas continuas de una parte del sistema de distribución (zona o DH) hidráulicamente discreta, con base en la relación presión- caudal de fuga y los resultados de las pruebas del factor NI. Con esta aproximación, el caudal neto se puede dividir en consumo y fugas, y estas últimas se pueden subdividir en fugas de fondo y fugas por roturas, tanto reportadas como no reportadas.

Modelo de componentes de pérdida reales - Component Loss Model

Se puede construir un modelo de componentes de las pérdidas reales para estimar el volumen asociado a cada tipo de fuga (fondo, fugas reportadas y no reportadas) en cada uno de los diversos elementos de la red, tales como las tuberías, las conexiones de servicio, las tuberías privadas de servicio e incluso la red troncal y los sistemas hidráulicos internos de las viviendas. El modelo de componentes es importante en la determinación de las posibles alternativas para la reducción de las pérdidas reales, ya que, empleando los datos de presión, frecuencia de roturas, los tiempos de detección, localización y reparación y sus relaciones se puede calibrar este modelo, y por, consiguiente predecir los resultados de las intervenciones. Este modelo se conoce también como análisis de componentes de pérdidas reales y se soporta en el método de la estimación de roturas y fugas de fondo (BABE, por sus siglas en inglés).

Modelación hidráulica - Hydraulic Modelling

Un modelo hidráulico es una representación numérica de un sistema de distribución que simula los caudales y presiones que se dan dentro de este. Estos modelos emplean ecuaciones estándar de flujo a presión, como las de Hazen-Williams o Colebrook-White, que relacionan la pérdida de carga en una tubería en función del caudal de flujo y los valores de rugosidad de las tuberías, los cuales dependen del material y la edad de estas. En cuanto a las fugas, que se establecen por un simple balance hídrico para el período que se está modelando, estas generalmente se distribuyen de manera uniforme en todos los nodos del modelo como un emisor dependiente de la presión. De otra parte, los modelos hidráulicos se deben calibrar para que representen de manera confiable al sistema, por lo que en este proceso usualmente se busca ajustar la rugosidad de las tuberías y las demandas en los nodos para minimizar la diferencia entre las presiones simuladas por el modelo y las presiones medidas reales. Adicionalmente, se han desarrollado técnicas que intentan predecir dónde están las fugas en el sistema cambiando la ubicación de estas de tal manera que se mejore aún más la calibración. Hoy en día existen numerosas herramientas de modelación maduras y bien soportadas que responden a las necesidades de la profesión.

Nivel económico de fugas - Economic Level of Leakage

Es el nivel de fugas en el que el costo de realizar una actividad adicional para su control es igual al costo de producir el agua que se recuperaría con esta intervención, es decir, el nivel de fugas en donde el costo total del control de fugas presenta un valor mínimo (*Figura 44*).

En la *Figura 44*, a manera de ejemplo, solo se varía el esfuerzo del control activo de fugas necesario para reducir las pérdidas. El costo total de la intervención es la suma del costo del agua perdida y el costo de la detección de las fugas. El nivel económico de fugas en este caso es aquel en donde se da el punto de equilibrio entre estas dos curvas, que

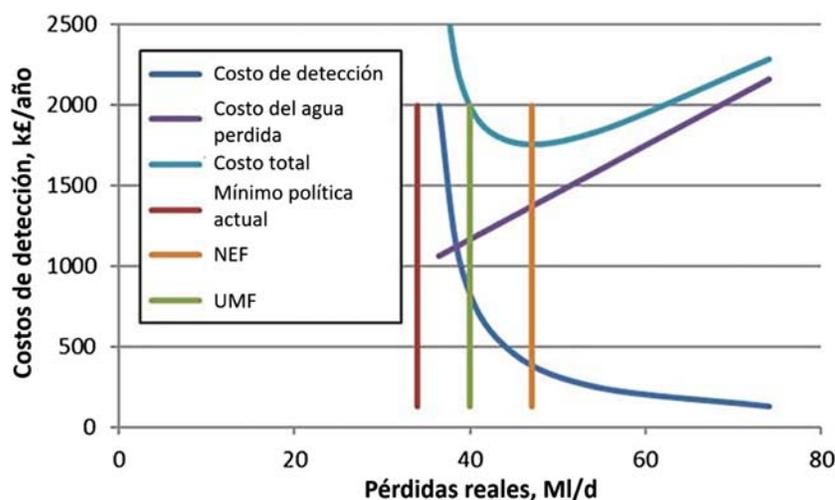


Figura 44 Concepto de nivel económico de fugas (Fuente: Pearson).

corresponde al nivel económico óptimo de fugas. En este caso, que solo se tiene un único costo operativo real que puede afectar el nivel de fugas se encuentra el nivel económico a corto plazo.

Por el contrario, cuando las intervenciones para reducir las pérdidas reales requieren inversiones de capital, como, por ejemplo, para la implementación de la sectorización de la red y la gestión de presiones o la rehabilitación de redes y conexiones de servicio, al momento de evaluar el nivel económico de pérdidas se obtiene el nivel económico de fugas a largo plazo.

Ahora bien, en caso de que el sistema de abastecimiento de agua no tenga limitaciones en cuanto a la disponibilidad del recurso, es decir, es un sistema con capacidad excedentaria, el costo del agua perdida se valúa utilizando el costo marginal de producción que solo considera los costos de energía, productos químicos y el manejo de lodos resultantes del tratamiento. Por el contrario, si se tiene un sistema deficitario, la reducción y el control de las pérdidas compite con los proyectos de ampliación de capacidad o desarrollo de nuevas fuentes, por lo que el costo marginal de agua en este caso debe incluir no solo los costos de operación sino el costo descontado de desarrollar una nueva fuente. Cuando el agua recuperada se pueda vender, se debe tomar el costo de venta del agua como el costo marginal para determinar el nivel económico de fugas.

GESTIÓN DE PÉRDIDAS COMERCIALES - APPARENT LOSS MANAGEMENT

La gestión de las pérdidas comerciales abarca actividades diseñadas para gestionar, controlar y reducir todos los aspectos relacionados con estas. Las actividades asociadas con la gestión de las pérdidas aparentes se pueden agrupar en cuatro grandes áreas, las cuales se ilustran en la [Figura 45](#).

Las actividades típicas diseñadas para controlar las pérdidas aparentes en cada una de las cuatro áreas se enumeran a continuación:

Inexactitud de los medidores de consumo de los clientes:

- Programa de sustitución de contadores en un ciclo regular.
- Verificación del dimensionamiento de los contadores.
- Programa de sustitución de contadores para mejorar la clase metrológica.
- Inspección en sitio para verificar la instalación adecuada de los contadores.
- Inspecciones de contadores con consumo cero y bajo consumo registrados en el sistema de facturación.

Errores de facturación y manejo de los datos de los clientes:

- Contrastación de la base de datos comercial del operador con otras bases de datos, como la de energía.
- Cambio regular de los lectores de las rutas de lectura.
- Verificación de los clientes con observaciones registrados en sistema de información comercial.
- Inspección de los inmuebles registrados como demolidos o desocupados.

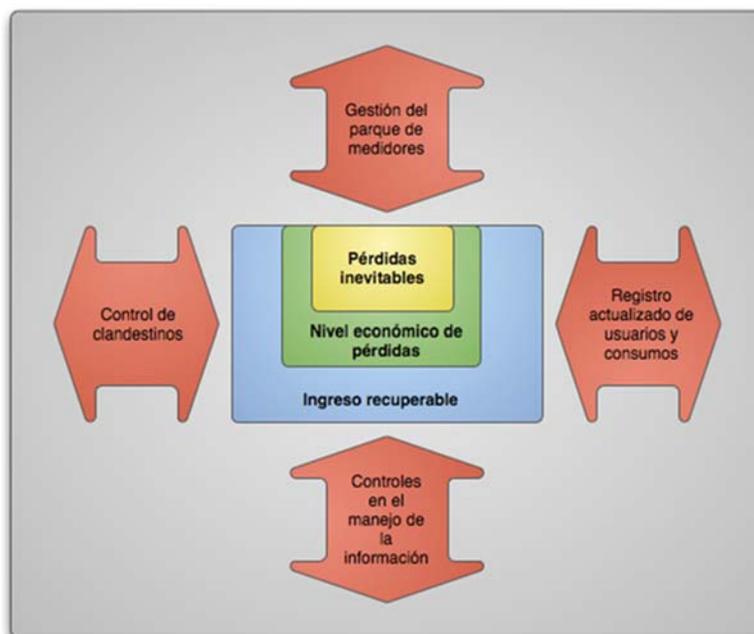


Figura 45 Actividades principales para el control de las pérdidas aparentes (Fuente: Pearson)

Error en la estimación de los consumos no medidos:

- Medición de suministros comunales y de otro tipo incluso si no se cobran por el consumo medido.
- Definir muestras estadísticamente representativas por estratos socioeconómicos para realizar sobre ellas campañas de aforo para estimar el consumo doméstico no medido.
- Ampliar la cobertura de la medición a clientes no domésticos

Consumo no autorizado:

- Inspecciones para detectar las conexiones ilegales.
- Instalación de sellos de seguridad en los contadores.
- Inspección de las conexiones contra incendios no medidas para verificar el consumo ilegal.
- Excavación aleatoria basada en los registros de consumo del sistema de información comercial.

Error de indicación de un contador - Meter Under-Registration

El error de indicación de un contador es la cantidad que cualquier contador registra por encima o por debajo del volumen real de agua que pasa a través del instrumento de medida. El error de indicación se define en la norma ISO 4064, como:

$$\varepsilon = \frac{V_{real} - V_{med}}{V_{real}} \times 100\%$$

Por lo tanto, el error de medición estará entre ± 100 por ciento, y el volumen real se determina por la siguiente expresión:

$$V_{real} = V_{med} / (1 - \varepsilon)$$

Nivel económico de pérdidas aparentes - Economic Level of Apparent Losses

Es el nivel que deben tener las pérdidas aparentes en donde el costo marginal de llevar a cabo nuevas medidas para reducir las pérdidas aparentes es igual al costo marginal de los ingresos que se obtendría al reducir estas pérdidas. El concepto del NEPA es exactamente el mismo que el concepto de nivel económico de pérdidas físicas (NEPF). La *Figura 46* ilustra el caso en donde para reducir el consumo no autorizado se realizan inspecciones para detectar y eliminar las conexiones ilegales y los fraudes. Es claro que el costo de realizar las inspecciones aumenta a medida que aumenta la frecuencia de estas, y se espera que como resultado de esto se reduzca el consumo no autorizado, y, por tanto, aumenten los ingresos.

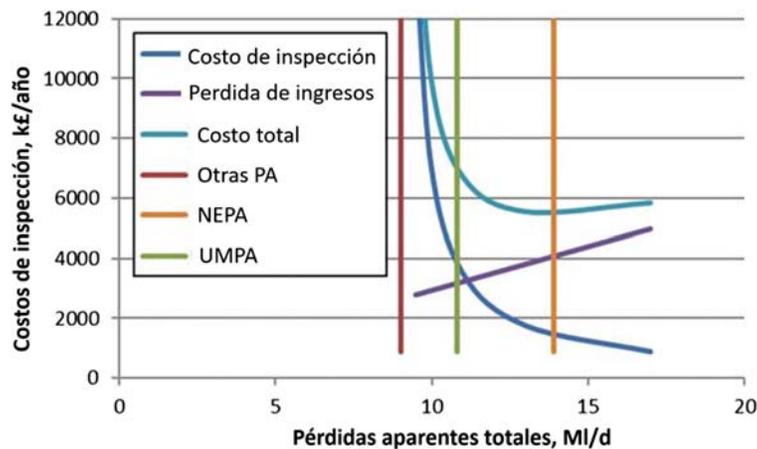


Figura 46 Concepto de nivel económico de pérdidas aparentes - NEPA (Fuente: Pearson)

Así que se encontrará un punto de equilibrio en el que el aumento de los costos de la investigación superará el aumento de los ingresos, que corresponde al nivel económico de pérdidas aparentes. El mismo proceso debe repetirse para todas las actividades que se podrían realizar para controlar las pérdidas aparentes. Cada actividad debe realizarse con la frecuencia en que el costo marginal de realizar el trabajo para reducir las pérdidas es igual al costo marginal de los ingresos.

INDICADORES DE DESEMPEÑO - PERFORMANCE INDICATORS

Un indicador de desempeño es un valor cuantificable que indica la eficacia con la que una empresa operadora está logrando los objetivos clave propuestos por la organización a diferentes niveles de su estructura. Estos también se pueden emplear para evaluar el desempeño comparativo entre zonas o sistemas de una misma empresa operadora, que apoyen a su vez la definición de las metas a alcanzar en cada una de ellas y en el conjunto de la empresa. Los indicadores también se emplean para comparar el desempeño entre diferentes empresas operadoras, aunque se debe advertir que su interpretación depende de la información de contexto y los factores externos que pueden condicionar su desempeño. No existe un indicador de desempeño que se pueda emplear en todas las situaciones o que sea absolutamente representativo de la eficiencia del sistema de abastecimiento, por lo que estos se deben seleccionar cuidadosamente, en función del objetivo que busca la comparación.

Indicadores de desempeño del Agua No Facturada - Performance Indicators for Non-Revenue Water

Es difícil encontrar un indicador adecuado para el ANF, ya que, al estar compuesta por las pérdidas aparentes y las pérdidas reales, los indicadores particulares de estas son bastante diferentes. Sin embargo, es común expresar el ANF y las metas de reducción como un porcentaje del volumen de entrada al sistema, olvidándose que el Grupo Especializado en Pérdidas de Agua de la IWA no recomienda su uso por considerarlo totalmente inapropiado. Cuando se trata de elegir un solo indicador para el ANF, se recomienda que se emplee como factor de escala el número de conexiones, empleando la siguiente expresión:

$$ANF/Conexión = ANF_{csp} * \left(\frac{24}{TS}\right) / \# \text{ conexiones}$$

En donde csp significa cuando el sistema está presurizado; y TS es el tiempo de servicio.

Se recomienda que el ANF se divida en los dos componentes principales: pérdidas reales y pérdidas aparentes, y que incluso si esta división se estima, se calculen y se evalúen periódicamente sus indicadores por separado.

Indicador de desempeño para pérdidas aparentes - Performance Indicator for Apparent Losses

El indicador más adecuado para cuantificar las pérdidas aparentes se expresa como la relación del consumo autorizado si no hubiese pérdidas aparentes. De esta forma:

$$IPA = \frac{PA}{CA + PA} \times 100\%$$

Em donde PA es el volumen de las pérdidas aparentes, y CA es el volumen del consumo autorizado. De aquí se concluye que este indicador varía entre 0 y 100 por ciento, similar al error de medición.

Indicadores de desempeño para pérdidas reales - Performance Indicators for Real Losses

Se parte del principio que las pérdidas reales no se pueden eliminar por completo. Por tanto, no es apropiado utilizar una medida que implique que estas pueden reducirse a cero. Es por esto que se desarrollado el concepto del umbral mínimo de fugas que corresponde al volumen mínimo de fugas técnicamente posibles en un sistema con una buena infraestructura y con buenas prácticas de mantenimiento. El indicador recomendado para las pérdidas reales es el índice de fugas estructural que es la relación entre el volumen actual de pérdidas reales y el umbral mínimo de fugas.

Pérdidas reales anuales actuales - Current Annual Real Losses

Es el volumen de las pérdidas reales resultado de la mejor estimación durante un año como resultado del cálculo del balance hídrico estándar de la IWA. Este volumen se puede emplear por año o por día. En el caso de un sistema con suministro intermitente, este volumen debe evaluarse cuando el sistema está presurizado.

Índice de fugas estructural - Infrastructure Leakage Index

El índice de fugas estructural (IFE) es una medida de qué tan bien se administra, mantiene, repara y rehabilita una red de distribución en lo que respecta al control de las pérdidas reales, a la presión de operación promedio actual. Es la relación entre el volumen anual de pérdidas reales (VAPR) y el umbral mínimo de fugas, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IFE = VAPR/UMF$$

Para un sistema con suministro intermitente, el cálculo de IFE debe tener en cuenta el tiempo de suministro. Por tanto, se debe calcular empleando la siguiente formula:

$$IFE = VAPR_{csp} \times (24/TS)/UMF$$

Ambos componentes deben emplear las mismas unidades, m³ /d, m³ /año, Ml/d, Ml/año, gal/d /, gal/año. Al ser el IFE una relación adimensional, se facilita las comparaciones entre países que usan diferentes unidades de medida, a saber, métricas, americanas o inglesas.

Dado que el UMF tiene en cuenta la presión, el IFE es una medida de la eficiencia de la detección y reparación de las fugas. La presión promedio de operación debe indicarse junto con el IFE para que se pueda establecer si existe una oportunidad para implementar o mejorar la gestión de las presiones.

Pérdidas por conexión (cuando el sistema está presurizado) - Losses per Connection (when system pressurized)

El indicador de pérdidas por conexión es fácil de obtener y relativamente simple para establecer las metas de reducción y hacer el seguimiento en un sistema individual, generalmente se expresan en l/con/d o gal/con/d. En este caso, no es necesario conocer la longitud de la red o la presión de servicio. Si no se conoce el número de conexiones, se debe hacer una estimación razonable basada en el conocimiento de la relación probable de conexión con las edificaciones facturadas. Este indicador no es recomendable para sistemas que tengan una densidad de conexión inferior a 20 conexiones por km de red, pues el valor del indicador resulta demasiado alto y se presta a malas interpretaciones. Para un sistema con suministro continuo, este indicador se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas/Conexión} = \text{Volumen de pérdidas reales/Número de conexiones}$$

En el caso de un sistema con suministro intermitente, el cálculo de las pérdidas por conexión debe tener en cuenta el tiempo de suministro. Por tanto, el cálculo es:

$$\text{Pérdidas/Conexión} = \text{Volumen de pérdidas reales(csp)} \times (24/TS)/\text{Número de conexiones}$$

Es de notar que, los sistemas que se miden en el límite de los inmuebles con la vía tendrán pérdidas más bajas por conexión que los sistemas comparables que se miden internamente o no se miden, ya que las fugas en estos últimos sistemas incluirán las fugas en las tuberías privadas de servicio.

Pérdidas por unidad de longitud de la tubería principal (cuando el sistema está presurizado) - Losses per Unit Length of Main (when system pressurized)

Las pérdidas unitarias por longitud de tubería, que generalmente se expresan en $m^3/km/d$, en un indicador más apropiado para sistemas con una densidad de conexión de menos de 20 conexiones/km. Para un sistema con suministro continuo, el cálculo de este indicador emplea la siguiente expresión:

$$\text{Pérdidas/Unidad de longitud de la red} = \text{Volumen de pérdidas reales/Longitud de la red}$$

En el caso de un sistema con suministro intermitente, el cálculo de las pérdidas por longitud debe tener en cuenta el tiempo de suministro. Por tanto, el cálculo del indicador es

$$\text{Pérdidas/Unidad de longitud de la red} = \text{Volumen de pérdidas reales(csp)} \times (24/TS)/\text{Longitud de la red principal}$$

Los sistemas que se miden en el límite de la propiedad con la vía tendrán pérdidas más bajas por unidad de longitud que los sistemas comparables que se miden internamente o no se miden, ya que las fugas en estos últimos sistemas incluirán las fugas en las tuberías privadas de servicio.

Índice de gestión de las presiones - Pressure Management Index

Este indicador busca medir las oportunidades que se tienen en una red de distribución para optimizar la gestión de las presiones. El índice de gestión de las presiones es la relación entre la presión media de la zona y la presión definida como el nivel de servicio, la cual puede estar definida por norma o por el operador de acuerdo con las condiciones del servicio. Así, por ejemplo, si la presión media de la zona es de 30 mH₂O y el nivel de servicio es de 15 mH₂O, entonces el índice es igual a 2.0, lo que indicaría que aun hay margen para reducir las presiones en la zona.

Frecuencia normalizada de roturas en redes - Normalized Mains Burst Frequency

Con el fin de comparar las frecuencias de rotura que se presentan en varios sistemas de distribución o en área de interés dentro de un sistema de distribución, es necesario normalizar estas frecuencias empleando para ello una unidad de longitud. La práctica común es que la frecuencia normalizada de roturas en redes se presente como el número de roturas registradas al año por cada 100 km de red ($\#/100 \text{ km/año}$), y en ocasiones se emplea de manera alternativa $\#/100 \text{ ml/año}$.

Frecuencia normalizada de roturas de las tuberías de servicio - Normalized Service Pipe Burst Frequency

Para comparar las frecuencias de rotura de las tuberías de servicio entre áreas, es necesario expresar las frecuencias de rotura por unidad del número de conexiones, lo cual se conoce como frecuencia normalizada de roturas de las tuberías de servicio. La práctica común es que la frecuencia normalizada de roturas en las tuberías de servicio se presente como el número de roturas al año por cada mil conexiones de servicio ($\#/1000 \text{ con/año}$), aun cuando se debe tener cuidado al analizar este indicador pues este depende de la relación de conexión. A menudo es útil dividir la frecuencia de las roturas entre las que ocurren en las conexiones del servicio y las que ocurren en las tuberías privadas de servicio. (*Ver también frecuencia de roturas de la conexión de servicio y frecuencia de roturas de la tubería privada de servicio*).

Frecuencia normalizada de roturas de la conexión de servicio - Normalized Service Connection Burst Frequency

Para comparar las frecuencias de rotura de las conexiones de servicio entre áreas, es necesario expresar las frecuencias de rotura por unidad del número de conexiones. Esto se conoce como frecuencia normalizada de rotura de conexiones de servicio. La frecuencia normalizada de roturas de las conexiones de servicio se expresa como $\# \text{ roturas}/1000 \text{ con/año}$.

Frecuencia normalizada de rotura de las tuberías privadas de servicio - Normalized Private Service Pipe Burst Frequency

Para comparar las frecuencias de rotura de las tuberías privadas de servicio entre áreas, es necesario expresar las frecuencias de rotura por unidad del número de conexiones. Esto se conoce como frecuencia normalizada de rotura de las tuberías privadas de servicio. Es común expresar la frecuencia normalizada de rotura de tuberías privadas de servicio como $\# \text{ roturas}/1000 \text{ predios/año}$.

FINANZAS - FINANCIAL

Costo marginal del agua - Marginal Cost of Water

El costo marginal del agua se define como el costo de producir o comprar y distribuir una unidad adicional de agua, como 1MI. En el caso de una fuente de agua, el costo marginal considera los costos de la energía empleada en las obras de captación, tratamiento y bombeo en el sistema de distribución, así como el costo de los productos químicos y el costo de la disposición final de los lodos resultantes del tratamiento del agua. Aquí no se incluye ningún elemento de capital, como plantas de tratamiento, ni gastos operativos como los costos de mantenimiento o mano de obra, ya que estos no se ahorrarían al reducir la producción en 1 MI al día. El costo marginal se obtiene como la relación entre la sumatoria de los costos anuales de la energía, químicos y manejo de lodos y la producción anual de la fuente. Este es el costo *unitario* del agua, que no necesariamente es lo mismo que el costo marginal cuando la relación costo-producto no es constante. En el caso que la empresa operadora importe el agua o lo adquiera a un tercero, el costo marginal será igual a la tarifa de cargo volumétrico que se paga al proveedor del agua.

El costo marginal del agua es un parámetro clave para el cálculo del nivel económico de fugas a corto plazo, el cual se debe evaluar a nivel de zona de suministro. En teoría, para estos análisis se debería considerar el costo marginal máximo del agua de cualquier fuente que alimente la zona, bajo la consideración de que el agua recuperada por las actividades de control de pérdidas, llevarían a una reducción de la producción o la compra del agua en donde el costo sea mayor. El costo marginal del agua para la zona es el costo marginal máximo o promedio del agua de las fuentes que la alimentan más el costo marginal del bombeo en la distribución. Las unidades de costo marginal suelen ser €/m³, £ /MI, \$/MI, p /m³, c/gal.

Valor marginal del agua - Marginal Value of Water

Cuando el superávit de producción en una zona de suministro es muy bajo, puede ser necesario evaluar si es más rentable aumentar los esfuerzos para el control de las fugas en lugar de desarrollar una nueva fuente de suministro o ampliar su capacidad. En este caso, el costo adicional de desarrollar la nueva fuente y las obras de tratamiento asociadas (incluido el mantenimiento anual) debe sumarse al costo marginal del agua de la zona de suministro, lo cual se conoce como el valor marginal en lugar de costo del agua. Luego, este valor se utiliza en la definición del NEF para determinar las intervenciones adicionales necesarias para reducir las fugas, tales como el control activo de fugas y la gestión de presión. Las unidades del valor marginal del agua son las mismas que las del costo marginal del agua.

Ingreso marginal - Marginal Cost of Revenue

El costo del ingreso marginal es la pérdida de ingresos cuando no se cobra o recupera una unidad de agua. Por lo tanto, es el cargo volumétrico de la tarifa, que se emplea para valorar los beneficios de las actividades de reducción de las pérdidas comerciales. En el nivel económico de las pérdidas aparentes, el costo marginal las actividades de control de estas será igual al costo del ingreso marginal. Las unidades del ingreso marginal son las mismas que las del costo marginal del agua.

Gastos en capital - Capital Expenditure

Los gastos en capital es el costo de desarrollar o suministrar componentes no consumibles para el producto o sistema. En el caso de una empresa operadora, los gastos de capital se emplean para comprar, aumentar, o mejorar sus activos fijos que se utilizan durante más de un año. Ejemplos de gastos en capital asociados con el control de fugas y la gestión de las pérdidas de agua pueden ser la compra de válvulas reguladoras de presión y caudalímetros para los DH, así como también equipos de monitoreo como registradores de presión y caudal, y equipos de detección de fugas como correladores y registradores de ruido. La depreciación de los activos, de acuerdo con su vida financiera útil, impacta en mayor grado los resultados de una empresa operador, más que los gastos en capital. En el caso de empresas operadoras municipales, los gastos de capital serán controlados, y, por lo tanto, posiblemente limitados, por el gobierno central o local. En el caso de las empresas operadoras privadas, los gastos en capital estarán controlados por la asignación presupuestal interna y la capacidad de recaudar dinero en los mercados financieros.

Gastos operativos - Operational Expenditure

Los gastos operativos es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema, que también pueden denominarse gastos corrientes de la empresa. Los gastos operativos asociados con el control de las pérdidas de agua, por ejemplo, pueden ser los sueldos del personal, el alquiler, los costos de administración, los costos de transporte y el pago de los servicios de búsqueda de fugas a terceros.

Flujo de caja descontado - Discounted Cash Flow

A menudo es necesario combinar el efecto de los costos operativos y de capital. Este tipo de análisis se conoce como flujo de caja descontado, si el costo de capital se descuenta en un flujo de ingresos equivalente, o análisis de valor presente neto (VPN), si el flujo de ingresos se convierte en una suma global fija equivalente. En cualquier caso, se debe utilizar una tasa de descuento para realizar la evaluación, que generalmente, la proporciona el gobierno nacional, federal, o local.

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN - INFORMATION TECHNOLOGY **Sistema de Información Geográfica - Geographical Information System**

Un sistema de información geográfica (SIG) está diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar, gestionar y presentar datos espaciales o geográficos, proporcionando información sobre la ubicación y los atributos de las redes de agua y sus clientes o DH, por ejemplo.

Sistema de gestión del trabajo - Work Management System

Es un sistema informático que se emplea para registrar y hacer el seguimiento de los trabajos que se realizan sobre los activos de una empresa operadora, que también se les llama sistema de gestión de activos o sistema de gestión de mantenimiento. Es común encontrar en las empresas operadoras sistemas de gestión para activos puntuales, tales como las bombas y los componentes de una planta de tratamiento, al igual que sistemas de gestión para activos lineales, como son las redes de acueducto y alcantarillado. Estos últimos son de gran utilidad en la gestión de las pérdidas, ya que es la fuente principal de información sobre el número de fugas en los diversos elementos de la red y el tiempo que transcurre desde la notificación hasta su reparación. Es poco común, aunque posible, que se incluyan medidores generales, VRP, y válvulas de aire en sistemas de gestión de activos puntuales, de modo que se puedan gestionar los problemas de garantía y los programas de mantenimiento regular de estos elementos. Se puede diseñar un sistema de gestión de mantenimiento para activos puntuales que sirva para registrar y gestionar la actividades de búsqueda de fugas, o esto se puede mantener en un sistema separado o que sea manejado desde el sistema de gestión de fugas.

Sistema de gestión de fugas - Leakage Management System

Esta herramienta informática se emplea para gestionar todos los aspectos relacionados con la gestión de fugas. Dentro de sus funcionalidades, se tiene la visualización y monitoreo de los datos de caudal y presión de la red, y puede integrarse a otras plataformas tecnológicas, tales como el SIG corporativo, el sistema de gestión del mantenimiento, el sistema de información de los clientes y facturación, que lo convierte en un instrumento de gran utilidad para a partir de los límites de los DH se pueda definir el número de inmuebles, la longitud de las tuberías, la prioridad de las campañas de búsqueda de fugas, e identificar las fugas reportadas y no reportadas, entre otras muchas. Un sistema de este tipo considera también la jerarquía de la red, por lo que la información se puede desplegar a varios niveles de detalle.

Sistema de atención al cliente - Customer Contact System

Este sistema informático registra y hace el seguimiento de las quejas y reclamos que los clientes presentan a la empresa operadora. Aquí se registran las quejas por falta de agua, baja presión, fugas visibles, y problemas de calidad del agua, entre otros. Esta herramienta es relevante para la gestión de las fugas, ya que registra cuando los clientes informan una fuga visible y rastrea el progreso y los resultados de las inspecciones posteriores.

Sistema de información de clientes y facturación - Customer Billing System

Esta plataforma tecnológica almacena y administra la información de los clientes activos e inactivos de la empresa operadora, sus consumos, facturación, pagos e impagos. Así como la información de los contadores, incluyendo el tipo de contador, el fabricante, el modelo, la clase metrológica, la fecha de adquisición y de instalación. Es evidente que contar con toda esta información es fundamental para una buena gestión de los clientes y del parque de medidores que apoye la reducción de las pérdidas aparentes.

Sistema de notificación de fugas internas - Waste Notice System

Esta aplicación tiene como finalidad gestionar el proceso de emisión y seguimiento de las notificaciones que se le hacen a los clientes para que estos procedan con la reparación de las fugas en tuberías privadas de servicio o en sus instalaciones hidráulicas internas. Se conoce también como sistemas de notificación de fugas o de accesorios defectuosos.

Definiciones Estándar de Pérdidas de Agua

*Compendio de términos y acrónimos y su
definición asociada de uso común en el campo
de la gestión de las pérdidas de agua*



iwapublishing.com

 @IWAPublishing

ISBN: 9781789060874 (paperback)

ISBN: 9781789062533 (eBook)