

# **Maestría en Ingeniería Civil**

**Guía para la selección de técnicas adecuadas para la búsqueda de exfiltraciones en conducciones de agua a presión.**

**Adriana Marcela González Mora**

**Bogotá, D.C., 14 de octubre de 2020**



**Guía para la selección de técnicas adecuadas para la búsqueda de exfiltraciones en conducciones de agua a presión.**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en énfasis Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.**

**Héctor Matamoros Rodríguez**

**Director**

**Bogotá, D.C., 14 de octubre de 2020**



La tesis de maestría titulada “Guía para la selección de técnicas adecuadas para la búsqueda de exfiltraciones en conducciones de agua a presión”, presentada por Adriana Marcela González Mora, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Director de la tesis

Héctor Matamoros Rodríguez

Jurado

Germán Ricardo Santos Granados

Jurado

Andrés Humberto Otalora Carmona

Bogotá, D.C., 3 de septiembre de 2020

El presente documento de Tesis lo dedico a mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mi esposo por estar siempre presente, acompañarme, por el apoyo moral, que me brindaste a lo largo de esta etapa de nuestra vida.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradezco principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, por bendecirme y guiarme a lo largo de la existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco a el Ing. Héctor Matamoros Rodríguez Profesor Asociado de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito tutor de este proyecto quien compartió su conocimiento y guio con su paciencia, y su rectitud.

## Resumen

El tratamiento y distribución de agua potable se ha incrementado por la demanda y por el aumento de la cobertura en la prestación del servicio, esto le ha generado a las empresas prestadoras del servicio la necesidad de aumentar su capacidad de operación y mejorar la gestión de las redes de distribución de agua, especialmente la reducción de pérdidas de agua. En Colombia, se pierde aproximadamente el 43% del agua potable que se inyecta en las redes, a pesar que el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico establece que no deben superar el 25%. El objetivo de este proyecto de grado es elaborar una guía que permita seleccionar la técnica para la detección de fugas más adecuada para cada situación, determinada por las características particulares del sistema de tuberías y sus condiciones de instalación. Para esto, se plantean la fase exploratoria en la se realizó una revisión y análisis crítico de la bibliografía y la fase de análisis de la información en la que se identifican las características de los equipos existentes para la detección de fugas con el fin de establecer una metodología en la que se consideran las condiciones particulares de cada sistema de distribución. Para un adecuado programa de detección de fugas, es recomendable contar con una auditoría al sistema, así como la sectorización de la red, del mismo modo es importante conocer el número de habitantes y el nivel económico de la zona, con el fin de seleccionar la herramienta de detección más adecuada para la detección de exfiltraciones en campo. La guía presentada es una herramienta que permite a los operadores del sistema de acueducto de Municipios colombianos la toma de decisión para la implementación de reducción de pérdidas de forma clara y precisa mediante el seguimiento de un diagrama de flujo.

## Índice general

Introducción	11
Capítulo I. Objetivos	12
1.1.    Objetivo General:	12
1.2.    Objetivos específicos:	12
Capítulo II. Metodología	13
Capítulo III. Marco Conceptual	14
3.1.    Indicadores de pérdidas	17
3.2.    Fugas en las Redes de Distribución de Agua Potable	21
3.3.    Clasificación de Fugas	22
3.4.    Modos de Falla de las Tuberías	24
3.5.    Causas que Producen las Fugas	24
3.6.    Localización de Fugas	27
Capítulo IV. Estado del Arte	29
4.1.    Auditoría al Sistema de Distribución	29
4.2.    Pérdidas comerciales	30
4.3.    Control de Presiones	31
4.4.    Inyección de Trazadores	32
4.5.    Termografía	33
4.6.    Georradar (GPR)	34
4.7.    Detección Acústica	35
4.8.    Correladores	38
4.9.    Detección por Modelos Matemáticos	39
4.10.   Dificultades en la Detección de Fugas	44
Capítulo V. Metodología de Selección	45
5.1.    Comparación Entre Tecnologías	45
5.2.    Descripción de la metodología propuesta para la selección de la tecnología	51
5.3.    Diagrama de selección de tecnología para la detección de exfiltraciones	57
Capítulo VI. Resultados y Contribución	58
Capítulo VII. Conclusiones	59
Bibliografía	61

## Índice de tablas

Tabla 1 Equipos para la detección de fugas por gas trazador.	33
Tabla 2 Equipos para la detección de fugas por termografía.	34
Tabla 3 Equipos para la detección de fugas por georradar.	35
Tabla 4 Equipos para la detección de fugas por detección acústica.	37
Tabla 5 Equipos para la detección de fugas por correladores.	38
Tabla 6 Matriz DOFA para las herramientas del control de fugas	46

## Índice de figuras

Figura 1. Categoría de Fugas	23
Figura 2. Modos de falla en las tuberías. Fuente: (Makar et al., 2001)	24
Figura 3 Detección de fugas por gas trazador (sewerin, 2016)	32
Figura 4 Detección de fugas por termografía (Apliter Tech Partners, 2019)	33
Figura 5. Dispositivos para la detección acústica de fugas. Fuente: (Hunaidi et al., 2005)	37
Figura 6. Mecanismo de operación del método de reflexión de fugas. Fuente: (Lee et al., 2003)	43
Figura 7. Configuración del sistema usado para la derivación matemática de la relación entre el tiempo de ocurrencia y la localización de la fuga. Fuente: (Lee et al., 2003)	44
Figura 8. Árbol de decisión para la detección de exfiltraciones.	57



## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Índice de agua no contabilizada – IANC. Fuente: (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	18
Ecuación 2. Nivel de pérdidas técnicas aceptable. Fuente (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	18
Ecuación 3. Nivel de pérdidas aceptable. Fuente (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	18
Ecuación 4. Índice de fugas de infraestructura - ILI (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	19
Ecuación 5. Índice de pérdidas por suscriptor facturado - IPUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	19
Ecuación 6. Índice de agua consumida por suscriptor facturado - ICUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014)	20
Ecuación 7. Índice de agua suministrada por suscriptor facturado - IPUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).	20
Ecuación 8 Transciente Inverso. Fuente: (Abdulshaheed et al., 2017)	40
Ecuación 9 Mínimos cuadrados. Fuente (Gupta et al., 2014)	40
Ecuación 10. Vector residual. Fuente (Gupta et al., 2014)	41
Ecuación 11. Vector de sensibilidad. Fuente (Gupta et al., 2014)	41
Ecuación 12. Vector de sensibilidad para el vector residual j. Fuente (Gupta et al., 2014)	41
Ecuación 13. Localización del nodo con mayor posibilidad de fuga. Fuente (Gupta et al., 2014)	42
Ecuación 14. Distancia para la ubicación de la fuga. Fuente (Lee et al., 2003)	43
Ecuación 15. Tiempo de ocurrencia de la perturbación. Fuente (Lee et al., 2003)	44

## Índice de anexos

ANEXO A	66
ANEXO B	67

## Introducción

A nivel mundial se ha incrementado la necesidad de conocer los niveles de pérdidas en los sistemas de distribución de agua potable, debido a que esto genera no solamente pérdidas económicas en el tratamiento y distribución del recurso, sino también posibles afectaciones en la salud de los seres humanos. En Colombia se ha evidenciado que la metodología del índice de agua no contabilizada no refleja la real disminución o aumento en la reducción de pérdidas en el sistema, por esta razón se han adoptado diferentes índices que permitan identificar el nivel real de pérdidas de acuerdo con las características de cada sistema; sin embargo, sigue existiendo la necesidad de diferenciar las pérdidas comerciales de las pérdidas técnicas y de establecer metodologías que permitan su adecuado control y manejo. Estas últimas se relacionan con el índice de agua no contabilizada que en la mayoría de los casos está asociado con exfiltraciones de agua en el sistema.

Dentro de las denominadas pérdidas técnicas las fugas en los tramos de tubería representan un porcentaje alto. La búsqueda de fugas en los sistemas de abastecimiento puede llegar a ser una actividad laboriosa y costosa si no se tienen en cuenta diferentes parámetros capaces de reducir factores como el tiempo de afectación y excavaciones innecesarias. Por esto el objetivo de este proyecto de grado es elaborar una guía que permita seleccionar la técnica para la detección de fugas más adecuada para cada situación, determinada por las características particulares del sistema de tuberías y sus condiciones de instalación. Teniendo en cuenta las razones más comunes que propician la formación de fugas en las tuberías y las formas de estas. Como resultado se presentan una serie de pasos y consideraciones que los Municipios o Empresas prestadoras de servicios pueden seguir para crear el programa de detección de fugas de acuerdo con las necesidades propias del sistema, cuya implementación puede contribuir a mejorar el manejo del recurso hídrico, los índices de desempeño empresarial y reducir el impacto económico tanto a las Empresas prestadoras como a los usuarios.

## **Capítulo I**

### **Objetivos**

#### **1.1. Objetivo General:**

Elaborar una guía que permita seleccionar la técnica para la detección de fugas más adecuada para cada situación, determinada por las características particulares del sistema de tuberías y sus condiciones de instalación.

#### **1.2. Objetivos específicos:**

- Generar un marco conceptual como base fundamental para el desarrollo de la investigación.
- Establecer el estado del arte de las últimas tecnologías desarrolladas a nivel mundial, para la inspección de tuberías de diferentes materiales de acueducto, a través del análisis de la literatura científica.
- Realizar un análisis desde el punto de vista técnico, que permite conocer las principales características de funcionamiento y establecer ventajas y desventajas de cada tecnología.
- Identificar una metodología, para la formulación de programas de evaluación de las condiciones de operación de las tuberías, en sistemas de acueducto, que conduzca a la selección de la tecnología de detección de fugas más pertinente en cada caso particular de instalación y características.

## **Capítulo II**

### **Metodología**

Atendiendo a los objetivos planteados, la metodología se basa en las fases exploratorias y de análisis de la información. En primer lugar, se realizó una revisión y análisis crítico de la bibliografía referente a la temática en estudio a nivel mundial, a través de consultas en libros, artículos de congresos y revistas disponibles en las bases de datos Scopus y Science Direct, con dos objetivos: el primero, establecer un marco conceptual que sirva de base para la investigación, y el segundo, obtención de la información necesaria para la identificación de las últimas tecnologías utilizadas para la inspección de tuberías de acueducto.

Posteriormente en la fase de análisis de la información, por medio de una matriz DOFA se determinaron las ventajas y desventajas de las metodologías existentes para la inspección de tuberías, y se identificaron sus principales características técnicas. Se realizó el análisis y comparación de las tecnologías teniendo en cuenta los requerimientos y disposiciones de la resolución 330 de 2017 sobre la materia, así como la normatividad vigente de las empresas prestadoras de servicio de acueducto referente a la detección de fugas.

Finalmente, se identificó una metodología para la formulación de programas de evaluación de las condiciones de las tuberías en sistema de acueducto teniendo en cuenta el número de suscriptores del sistema, las características de las tuberías y de la zona o condiciones de instalación y se evaluó su aplicabilidad en los sistemas de abastecimiento colombianos.

## **Capítulo III**

### **Marco Conceptual**

El agua es un recurso vital y esencial para el desarrollo sostenible, por esta razón la Asamblea General de las Naciones Unidas desde el 2010 reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (*Agua*, 2015). El agua dulce no es solamente indispensable para la alimentación humana sino también un producto primario importante para la producción industrial y agrícola; por lo tanto, la disponibilidad de agua dulce se relaciona directamente con el bienestar y la prosperidad de nuestra sociedad. Sin embargo, el agua dulce es un recurso limitado y a veces incluso escaso, aproximadamente un billón de personas en el mundo aún vive sin acceso a agua (Trifunovic, 2006). Los rápidos cambios mundiales, como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, la migración y la urbanización están poniendo nuevas presiones sobre los recursos naturales y sobre la infraestructura que suministra agua potable a los ciudadanos, las empresas, las industrias y las instituciones (World Water Council, 2009). No obstante, las barreras políticas, financieras y/o técnicas pueden impedir una distribución igual del agua a los usuarios, incluso en regiones en donde la presencia física del agua es suficiente; este efecto se conoce como escasez económica y afecta a un gran número de países, especialmente en el África Subsahariana, el Medio Oriente y el Sur de Asia, pero también América del Sur y Central.

Con base en lo expuesto en el párrafo anterior como consecuencia, los sistemas de acueducto son la línea de vida de las comunidades que buscan satisfacer las necesidades de sus habitantes y aportar a su progreso y desarrollo; en general, el diseño y la complejidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable pueden ser diferentes, pero todos ellos tienen los mismos principios básicos: tomar el agua desde la fuente, mejorar su calidad a través de un sistema de tratamiento para potabilización y almacenamiento; y una red de distribución cuyo objetivo es llevar el agua a los usuarios mediante de tuberías (Ghazali, 2012). Con el fin de tener una operación óptima, se pueden instalar en la red diferentes tipos de estructuras como reservorios, estaciones de bombeo, torres de agua y diferentes tipos de accesorios; de la misma manera, se debe asegurar que el agua llegue a los usuarios con suficiente calidad y cantidad, lo cual se logra con una adecuada velocidad y presión dentro de las tuberías, con el fin de garantizar la calidad, especialmente por razones de salubridad el agua no se debe estancar en las tuberías (Trifunovic, 2006).

En las últimas décadas a nivel mundial, el tratamiento y distribución de agua potable se ha incrementado por la demanda y por el aumento de la cobertura en la prestación del servicio, esto le ha generado a las empresas prestadoras del servicio la necesidad de aumentar su capacidad de operación y mejorar la gestión de las redes de distribución de agua -RDA (De Marchis & Milici, 2019), puesto que el objetivo principal de las empresas prestadoras es proveer suficiente agua a los usuarios en términos calidad y cantidad, el control de pérdidas se convierte en una actividad asociada al adecuado manejo de los sistemas de distribución, buscando así minimizar la interrupción del servicio y los daños ocasionados en las tuberías que hacen parte de la infraestructura (Atef et al., 2016)

La detección de fugas en los sistemas de abastecimiento y distribución de agua es un reto importante, debido a que las pérdidas asociadas a las fugas representan entre un 20 – 30% de la producción total de agua para abastecimiento, aunque en ciertas regiones puede alcanzar hasta el 50%, esto ocurre cuando la infraestructura es más antigua y la empresa prestadora no le hace un buen mantenimiento (De Coster et al., 2019; Hunaidi et al., 2004). No obstante, existe un deterioro natural en las tuberías con el paso del tiempo, este deterioro también puede asociarse al movimiento del suelo, la baja calidad de los estándares de construcción, las fluctuaciones en la presión del agua, el exceso de tráfico y vibraciones y en gran medida a los materiales; siendo por lo general las tuberías metálicas las más antiguas y las más propensas a corroerse y a romperse, las cuales actualmente son reemplazadas por tuberías de materiales como PVC (Gupta et al., 2014; Hunaidi et al., 2004), PE y PEAD.

De acuerdo con las cifras del (Banco Mundial, 2013) en América Latina las pérdidas de agua en las redes de distribución son del 45%, en Colombia El (Departamento Nacional de Planeación, 2015) reportó que se pierde aproximadamente el 43% del agua potable que se inyecta en las redes, siendo la Guajira, San Andrés y Providencia, Magdalena, Guaviare y Arauca los departamentos con porcentajes de pérdidas superiores al 50%. Por lo tanto, desde 1995 en Colombia, se implementó un indicador para la medición de las pérdidas de agua: Índice de Agua No Contabilizada- IANC el cual es indicador porcentual que compara el volumen de agua facturada a los usuarios del servicio de acueducto, respecto al volumen agua que se produce en las plantas de tratamiento de agua potable y se estableció que un nivel de pérdidas aceptables es del 30%. Sin embargo, en el transcurso de los años no se ha evidenciado una disminución de este indicador por las empresas prestadoras de servicio,

de acuerdo con el estudio realizado por (González, 2018) los porcentajes de pérdidas en las 10 ciudades con mayor población urbana de Colombia oscilan entre 38 y 74%, esto expone la gestión de las Empresas y la creciente necesidad de intervenir técnicamente, incluso desde la normatividad ya que el IANC no tiene en cuenta las condiciones climáticas ni las reducciones en los consumos; por lo que en el año 2014 se incorporan el Índice de Pérdidas por Suscriptor Facturado – IPUF, el Índice de Agua Suministrada por Usuario Facturado – ISUF (ver numeral 3.1) y el Nivel Económico de Pérdidas - NEP (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

A nivel Latinoamérica las 25 empresas que registran los mejores IPUF en el 2008 tienen un promedio de 0.5 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, dentro de las cuales se encuentran 13 empresas colombianas prestadoras de servicio con un rango de IPUF entre 2.2 y 7.6 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, por lo que se estableció para Colombia un IPUF recomendado como aceptable de 6.0 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes. En el año 2011 el IPUF promedio registrado para los 25 mejores prestadores es de 8.92 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, superando el valor establecido como aceptable (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

En Colombia el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS dispone en el artículo 44 parágrafo El porcentaje de pérdidas técnicas debidas a todos los componentes del sistema, las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable no deberán superar el 25%; así mismo, en el artículo 89 lo siguiente:

Fugas y pérdidas de agua en la red de distribución de agua potable. Para todos los ciclos de facturación deberá establecerse el porcentaje de pérdidas, tanto para cada uno de los sectores hídricos, como para el global del sistema. En los casos en que las pérdidas se encuentran por encima del valor máximo permitido, se deberá diseñar e implementar un programa de control y reducción de las mismas (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017).

Por otra parte, la Ley 373, 1997, por la cual se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, determina que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, debe fijar las metas anuales para reducir las pérdidas en cada sistema de acueducto en el cual se deben tener en cuenta tanto las pérdidas comerciales



como las pérdidas técnicas del sistema. Igualmente, la Ley 812, 2003, por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, hacia un Estado comunitario establece:

En cuanto al agua potable y saneamiento básico, se establecerán medidas que permitan aumentar la eficiencia y calidad del servicio, se ajustará el esquema tarifario y de subsidios para que incentive la inversión, se permita la recuperación de los costos, se evite el traslado de ineficiencias a los usuarios y se generen incentivos para la inversión en esquemas regionales (Ley 812, 2003).

Las pérdidas comerciales son aquellas relacionadas con el funcionamiento comercial y técnico de la empresa y afectan el nivel de facturación e ingresos de la empresa. Se presentan por errores en las lecturas de los medidores, en el procesamiento de la información o por conexiones clandestinas a la red. (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014; Ramírez Cardona, 2014). Las pérdidas técnicas se refieren a fallas en la infraestructura (roturas, fisuras, etc.), estas afectan la producción en términos de niveles y costos, el tratamiento, el bombeo, la distribución de agua, los costos ambientales y sociales; se producen por factores propios del sistema de distribución (materiales, presiones, etc.) o por factores externos no controlables (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014; Ramírez Cardona, 2014), las pérdidas técnicas incluyen también las necesidades propias de la operación de los diferentes componentes del sistema de acueducto como reposición de volúmenes muertos, de estructuras como tanques de almacenamiento, sedimentadores y floculadores, volúmenes para lavado de filtros, etc. Para efectos regulatorios los volúmenes en la operación no forman parte en el cálculo del IANC.

### **3.1. Indicadores de pérdidas**

Mediante la (Resolución CRA 315, 2005) se define el cálculo del IANC con el fin de determinar los costos asociados a las pérdidas de agua en el sistema y se calcula mediante la Ecuación 1. Sin embargo, este indicador se ve afectado por la demanda de agua, el volumen de agua exportado o importado y el volumen facturado.

$$IANC_i = \frac{Vol\ producido + compra\ agua\ en\ bloque - vol\ facturado}{Vol\ producido + compra\ agua\ en\ bloque} * 100 (\%)$$

Ecuación 1. Índice de agua no contabilizada – IANC. Fuente: (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Donde:

i: periodo de análisis.

Vol : volumen

La (Resolución CRA 487, 2009) define el nivel de pérdidas aceptable para los servicios públicos de acueducto debe determinarse de la siguiente manera: estimación del nivel de pérdidas comerciales ( $P^*_{comercial}$ ) aceptable, el cual es equivalente al 7%, estimación del nivel de pérdidas técnicas ( $P^*_{técnica}$ ) aceptable, el cual es particular para cada sistema y debe calcularse usando la Ecuación 2. La suma de estos dos indicadores determina el nivel de pérdidas aceptable, el cual es particular para cada sistema y debe determinarse de acuerdo con la Ecuación 3.

$$P^*_{técnica}(\%) = \frac{54 * Nac}{AP}$$

Ecuación 2. Nivel de pérdidas técnicas aceptable. Fuente (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Donde:

54: factor constante regulatorio.

Nac: número de suscriptores de acueducto en el año base.

AP ( $m^3$ ): volumen de agua producida en el año base.

$$P^*(\%) = P^*_{técnica} + P^*_{comercial}$$

Ecuación 3. Nivel de pérdidas aceptable. Fuente (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Posteriormente en la (Resolución CRA 632, 2013) se recomienda el uso de otro tipo de indicadores diferentes al IANC que reflejen la reducción en el nivel de pérdidas reales y viables de alcanzar en términos financieros y operaciones; los indicadores operacionales buscan cuantificar el volumen de pérdidas de agua en el sistema. A largo plazo se recomienda la implementación de índices que

consideren tanto la parte financiera como la operacional en el sistema como el Índice de Fugas de Infraestructura – ILI (Ecuación 4).

$$ILI = \frac{PRT}{PRI}$$

Ecuación 4. Índice de fugas de infraestructura - ILI (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Donde:

PRT: pérdidas reales (técnicas) totales.

PRI: pérdidas reales (técnicas) inevitables.

Se recomienda que la estimación del PRT se realice a partir del balance hídrico, para el PRI se han desarrollado algunas ecuaciones, sin embargo, estas no tienen la capacidad de considerar todas las particularidades referentes a las pérdidas reales en el SDA.

Con el fin de hacer comparaciones entre las empresas prestadoras esta resolución recomienda utilizar diferentes indicadores unitarios, por suscriptor facturado. El IPUF como complemento del IANC para el análisis de pérdidas, este indicador considera de forma agregada las pérdidas sin diferenciar entre pérdidas técnicas y comerciales e incluye el volumen de los consumos autorizados no facturados (Ecuación 5). Mediante el IPUF se puede establecer un nivel de pérdidas aceptables en el sistema y que permita medir la gestión para el control y reducción de pérdidas.

$$IPUF = \frac{AS - AF_{ac}}{N_{ac} * 12}$$

Ecuación 5. Índice de pérdidas por suscriptor facturado - IPUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Donde:

AS: agua suministrada (m<sup>3</sup>/año).

AF<sub>ac</sub>: consumo de agua facturada para el servicio público domiciliario de acueducto.

N<sub>ac</sub>: número de suscriptores facturados promedio del servicio domiciliario de acueducto.

El índice de agua consumida por suscriptor facturado – ICUF (Ecuación 6). Con este indicador es posible detectar fallas en los registros de facturación y permite la comparación de los consumos entre poblaciones con temperatura ambiente similar.

$$ICUF = \frac{AF_{ac}}{N_{ac} * 12}$$

Ecuación 6. Índice de agua consumida por suscriptor facturado - ICUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014)

Donde:

$AF_{ac}$ : consumo de agua facturada para el servicio público domiciliario de acueducto.

$N_{ac}$ : número de suscriptores facturados promedio del servicio domiciliario de acueducto.

El índice de agua suministrada por suscriptor facturado – ISUF, el cual define el volumen de agua que se debe producir por suscriptor (Ecuación 7). Por medio de este indicador se puede identificar si la empresa está produciendo la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento, en este sentido, el ISUF provee la información para evitar la sobreproducción de agua y puede definirse como la suma del IPUF e ICUF.

$$ISUF = \frac{AS_{ac}}{N_{ac} * 12} = \frac{AP_{ac} + RCSAP - ECSAP}{N_{ac} * 12}$$

Ecuación 7. Índice de agua suministrada por suscriptor facturado - ISUF (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Donde:

$AS$ : agua suministrada ( $m^3/año$ ).

$N_{ac}$ : número de suscriptores facturados promedio del servicio domiciliario de acueducto.

$AP$ : agua producida en el año  $i$  ( $m^3/año$ ).

$RCSAP$ : volumen recibido por contratos de suministro de agua potable ( $m^3/año$ ).

$ECSAP$ : volumen entregado por contratos de suministro de agua potable ( $m^3/año$ ).

Teniendo en cuenta lo anterior, la resolución recomienda que los prestadores de servicio establezcan sus metas de reducción de pérdidas anuales en términos del IPUF, ICUF e ISUF, las cuales deben discriminarse por sectores residenciales y no residenciales (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, 2014).

Es claro que la gestión debe orientarse a la disminución de las pérdidas comerciales y técnicas, fijando unas metas que deberán ser medidas mediante el uso de los índices definidos que serán utilizados como indicadores del éxito o de los objetivos planteados y de las actividades que el gestor defina.

### **3.2. Fugas en las Redes de Distribución de Agua Potable**

Es un hecho que las tuberías de las RDA son susceptibles a la rotura, al desajuste y pérdida de estanqueidad de las uniones entre elementos y no es posible tener una red sin fugas, la detección de estas se ha convertido en una prioridad para las empresas y gobiernos por lo que se ha acelerado la necesidad de contar con mejores métodos para la detección de fugas, debido a que estas se convierten en un problema importante puesto que afectan la calidad y la cantidad de agua que llega al consumidor final, así como a los costos asociados al tratamiento, transporte y distribución no sólo por el desperdicio de agua, sino también en el incremento de energía requerida para el bombeo y las inversiones necesarias para su control y detección, costos que por lo general son trasladados a las tarifas de los usuarios (Abdulshaheed et al., 2017; De Coster et al., 2019; De Marchis & Milici, 2019; Espinosa et al., 2013; Gupta et al., 2014).

Las fugas generan pérdidas colaterales y existen riesgos asociados a estas como los deslizamientos de tierras, infiltración de contaminantes en la red de distribución de agua debido a la intrusión de agentes físicos, biológicos o químicos indeseados, daños en propiedades, entre otras (Jiménez-Cabas et al., 2018). Adicionalmente, las fugas tienen un impacto negativo en términos de conservación de los recursos naturales e implican riesgos a la salud pública pues la existencia de una rotura en la pared de una tubería genera una disminución en la presión, lo que se refleja en deficiencias en el suministro que se convierte en un potencial de infiltración de

contaminantes (Abdulshaheed et al., 2017; De Coster et al., 2019; De Marchis & Milici, 2019; Gupta et al., 2014).

La clave para un programa exitoso de detección de fugas en RDA, es la rápida detección, localización y reparación, actividades que aportan a la reducción de pérdidas de agua y a reducir los daños ocasionados por estas (Lockwood et al., 2005). Para esto se han desarrollado y se han utilizado diferentes métodos en busca de facilitar a las empresas prestadoras de servicio la detección de fugas. Estos métodos pueden agruparse en evaluaciones de arriba hacia abajo y en evaluaciones de abajo hacia arriba: los métodos de arriba hacia abajo evalúan diferentes componentes del balance de agua, los registros de facturación, el sistema de distribución, entre otras; los métodos de abajo hacia arriba se implementan como segunda medida, mediante mediciones zonales por 24 horas o caudal mínimo nocturno (Puust et al., 2010).

Por lo anterior, es importante considerar estrategias regionales y departamentales en el sector de agua potable y saneamiento básico, dirigido a mejorar los indicadores de gestión y alcanzar metas gubernamentales en pro de la detección efectiva de fugas y por ende una disminución en las pérdidas de agua.

### **3.3. Clasificación de Fugas**

Las fugas en una RDA se clasifican en dos grupos llamados ruptura y de fondo: las fugas de ruptura ocurren instantáneamente debido al incremento del flujo sobre la capacidad máxima de la tubería o por el esfuerzo excesivo en las paredes de la tubería; las fugas de fondo ocurren gradualmente en el tiempo, generalmente son causadas por el progreso de la corrosión o bajo situaciones de deterioro, (Abdulshaheed et al., 2017; Jiménez-Cabas et al., 2018). Se puede agregar un tercer grupo en el que se agrupan las pérdidas de estanqueidad debido al deterioro de las uniones entre los elementos que constituyen la RDA, causados por el desplazamiento relativo de sus componentes que puede darse motivado por diferentes causas como sismos, deterioro de los elementos de anclaje, abrasiones y transitorios.

También, pueden ser clasificadas en tres categorías de acuerdo con su magnitud: en la categoría 1 se incluyen las exudaciones o goteos evidenciados principalmente en las uniones de tuberías o accesorios, su localización es posible únicamente mediante inspección visual, lo que significa que es necesario dejar al descubierto la tubería, haciendo que su detección no sea económicamente viable (Figura 1a); en la segunda categoría se incluyen las fugas que generan desperdicios de agua y pueden ser localizadas mediante programas de detección y posteriormente reparadas (Figura 1b); finalmente la categoría 3 hace referencia a las fugas que son evidentes por diferentes mecanismos, como baja presión, falta de agua, agua fluyendo visiblemente (Figura 1c), por lo general este tipo de fugas son reportadas y atendidas rápidamente sin estar dentro de un programa de detección (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983).



a) Categoría 1 Fuente:  
<https://www.hidrotec.com/blog/detectar-fugas-agua-tuberias-enterradas-soluciones/>



b) Categoría 2 Fuente:  
<http://deteccionfugasagua.com/2016/12/12/fuga-de-agua-en-terrazas/>



c) Categoría 3 Fuente:  
<https://dasmecontrol.com/fugas-de-agua/>

Figura 1. Categoría de Fugas

En la actividad de operación y mantenimiento, las empresas de servicios públicos tienen identificado como principales lugares de ubicación de fugas que se deben tener en cuenta en los planes de control de fugas las siguientes partes del sistema;

- Fugas en las tuberías principales, debido a uniones defectuosas. corrosión: fracturas, fallas en las incorporaciones.

- Fugas en los tanques por reventadoras o desborde.
- Fugas en las tuberías de servicio abandonadas o en desuso.
- Fugas en las tuberías secundarias de servicio y en los medidores.
- Fugas dentro de los domicilios por corrosión o roturas en las tuberías internas, por empaques, válvulas y boyas en mal estado.
- En sistemas o sectores de abastecimiento intermitente por rebalse, al dejar las válvulas abiertas en espera de abastecimiento.

### 3.4. Modos de Falla de las Tuberías

Las fugas en las RDA se producen por las fallas en las tuberías, estas se atribuyen a diferentes causas como se explica en el numeral 3.5. como a la presión, corrosión, entre otras: Las fallas pueden presentarse de los siguientes modos (Figura 2): grietas circulares, división de campana, generando agujeros de escape, grietas longitudinales, corte de campana o grietas en espiral (Makar et al., 2001).



Figura 2. Modos de falla en las tuberías. Fuente: (Makar et al., 2001)

### 3.5. Causas que Producen las Fugas

Existen diferentes tipos de fugas, siendo las más representativas las que se dan en las tuberías principales, las empresas de servicios públicos han identificado como principales causas en la generación de fugas los factores estructurales y factores temporales (Lahlou, 2001).

Factores estructurales



- Edad y periodo de instalación: Este es factor que suele clasificarse como el de mayor riesgo para la aparición de fugas en las RDA, debido a que junto con las condiciones del terreno pueden generar debilitamiento en las tuberías por la expansión y contracción del mismo deterioro normal por exposición a esfuerzos y a que el número de conexiones domiciliarias de una red principal con el tiempo aumenta y con ellos el riesgo de la presencia de fugas y el número de roturas previas (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983).
- Corrosión: La corrosión de la tubería puede darse en el interior o en el exterior de la misma. La primera, se debe al efecto del agua en la tubería, el cual se determina con el índice de Langelier, el cual permite conocer la calidad del agua proporcionando información sobre el carácter incrustante o corrosivo del agua y se fundamenta en el equilibrio del anhídrido carbónico, bicarbonatos-carbonatos , el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total en el agua, se puede prevenir con la selección adecuada de materiales de tubería y recubrimientos, la fuga se presenta cuando la pared de la tubería se ha adelgazado al punto que la presión de agua la rompe produciendo un orificio en la tubería; si el índice es 0: el agua está equilibrada y no corroe o incrusta; si el índice es negativo: indica que el agua es corrosiva (agua no saturada de carbonato de calcio); si el índice es positivo: indica que el agua es incrustante (agua sobre saturada de carbonato de calcio). La corrosión externa, se produce por el suelo en el que se encuentre la tubería, se puede prevenir mediante recubrimientos de la tubería con diferentes materiales (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983; Makar et al., 2001).
- Diámetro: Los esfuerzos debidos al peso de la tubería y el agua varía proporcionalmente de acuerdo con el diámetro de la tubería, las de menor diámetro tienen menores esfuerzos, lo que las hace más susceptibles a fallas de flexión longitudinal, las tuberías de mayor diámetro tienen mayor esfuerzos, lo que produce una tendencia a agrietamiento longitudinal y cizallamiento (Makar et al., 2001).
- Longitud de la tubería: este factor aumenta la posibilidad de que se presenten varias fugas en un solo tramo de la red.

- Material de la tubería: Se puede presentar fatiga y/o errores en la fabricación del material de las tuberías, promoviendo la formación de poros que favorecen la formación de las fugas, por lo general los poros se producen por aire que queda atrapado dentro del material de la tubería, aunque también pueden tener inclusiones que no son parte del tejido continuo del material (Fiedler, 2014; Makar et al., 2001).

#### Factores temporales

- Alta presión: es habitual aumentar las presiones para compensar las pérdidas en las RDA, sin embargo el aumento de la presión genera un efecto adverso en el medio ambiente y en las fugas existentes, en otras palabras, para una fuga existente la pérdida de agua aumenta con la presión por cuanto la velocidad de salida es proporcional a la raíz cuadrada de la presión, aunque esta premisa no es necesariamente cierta para todas las fugas, debido a que esto varía de acuerdo con el modo de falla de la tubería (ver numeral 3.4). Este factor también influye en la generación de nuevas fugas en la red que se pueden producir por la rotura de las paredes ya corroídas de las tuberías o por que se producen dentro de la tubería golpes de ariete; igualmente, influye en el aumento del consumo por parte de los usuarios, variable influyente en las pérdidas de agua de la red (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983; Lahlou, 2001).
- Efectos del tráfico: a pesar que la reglamentación existente exige la localización de las redes de distribución de acueducto por las zonas verdes, bajo ciertas circunstancias, es imposible evitar que la totalidad de la tubería quede fuera de la influencia del tráfico, como es el caso de los cruces viales, y en los sectores que por cambios urbanísticos se modifican las secciones transversales de las vías, dejando la tubería expuesta a altas cargas vehiculares, convirtiéndose esto en otra causa de fugas en las RDA (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983).
- La arborización: este se considera como un factor generador de fugas en los sistemas de redes de distribución instaladas sobre zonas verdes. La existencia de árboles en estos sitios provoca daños por fracturas en las

tuberías a causa de las raíces generando grandes pérdidas de agua y fugas no visibles difíciles de detectar.

- Mano de obra: adicional a la mala calidad de los materiales, una mala calidad de mano de obra implica trabajos defectuosos y de mayor duración en la ejecución. Por lo tanto, es indispensable adiestrar al personal en las técnicas de fontanería adecuadas y al mismo deberá dotársele del equipo y herramientas necesarias. (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983).
- Cruces con otros servicios: es muy frecuente que por la misma zona donde se ubica la red de acueducto se instalen otros servicios o se adelanten otro tipo de obras, que generan roturas en las tuberías por falta de conocimiento de la ubicación exacta de la RDA.
- Usuarios: otros factores que deben anotarse son aquellos propios del usuario, quienes deben cooperar en los esfuerzos para control de pérdidas y concientizarse sobre el adecuado manejo de la red doméstica de abastecimiento con el fin de evitar la presencia de fugas internas, las cuales se generan por el mal uso de las válvulas y accesorios por cierres bruscos y fuertes, uso desmedido, el dejar los tubos abiertos sin control (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983; Lahlou, 2001).

### **3.6. Localización de Fugas**

La detección de fugas en una red de tuberías es complicada, ya que en su mayoría no se encuentran visibles, para reducirlas es necesario contar con procedimientos e instrumentos especiales para localizarlas y eliminarlas. Las mediciones de gasto en una red de tuberías de agua potable son complicadas de realizar, mientras que las mediciones de presión son menos difíciles y económicas, por lo que algunos de los métodos usados se apoyan en las mediciones de las cargas de presión en los sitios donde se unen dos o más tuberías (nudos de cruce), además de las características de la red (diámetro, longitud, material, etc.) y los gastos de demanda (Fuentes-Mariles et al., 2011).

Se requieren técnicas de inspección confiables para mejorar la detección de fugas y así optimizar el manejo de las redes de distribución, la mayoría de los métodos

desarrollados para la gestión de las fugas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Métodos de evaluación de fugas: los cuales están enfocados en cuantificar la cantidad de agua perdida.
- Métodos de detección de fugas: los cuales están asociados a la detección del punto de fuga
- Métodos para el control de fugas: los cuales están enfocados en el control efectivo del nivel de fugas actuales y futuras, a su vez estos métodos pueden agruparse en: registro acústico, prueba escalonada, sensores de movimiento de tierra y georradars - GPR (por sus siglas en inglés), tecnologías infra rojas y técnicas basadas en pruebas transitorias. Sin embargo, estos métodos son considerados costosos y demorados, están limitados a ciertos materiales de tuberías y/o se ven afectados por la densidad de la población y de la densidad del tráfico (Atef et al., 2016).
- Diferentes métodos pueden ser empleados, pero la elección más acorde depende del caso específico; en general, las compañías de suministro de agua determinan distritos o áreas de servicio, midiendo con registradores de datos localizados en la entrada y en la salida de estos el flujo de agua en las noches, una vez la potencial fuga es detectada, se apunta a reducir el área de búsqueda. Aparatos electro - acústicos como el geófono son comúnmente empleados para confirmar y refinar la existencia de la fuga (De Coster et al., 2019).

## **Capítulo IV**

### **Estado del Arte**

El control y detección adecuado de fugas, representa un beneficio económico para las empresas prestadoras de servicio, gracias a esto se disminuye la cantidad de agua que se produce y no se vende; que a su vez tiene asociados costos de tratamiento, distribución y beneficios ambientales al disminuir las pérdidas de agua preservando la calidad del agua; finalmente, representa beneficios en la salud pública previniendo la intrusión de contaminantes en la red. A continuación, se describen las metodologías implementadas para el control y detección de fugas.

#### **4.1. Auditoría al Sistema de Distribución**

Se recomienda iniciar el programa de detección de fugas haciendo uso de esta herramienta, en principio se pueden verificar los registros de medición de caudales, los planos actuales de las redes con el fin de verificar que se encuentren actualizados en aspectos como la topología y la topografía de las redes, válvulas y accesorios; así mismo, es importante verificar el estado de operación de todos los componentes de la red. Con esta herramienta es posible obtener un panorama general de las pérdidas de agua en la RDA, ya sea por distritos o en la totalidad de la red, en pocas palabras es importante revisar la información disponible de la red para tener mayor conocimiento sobre la operación del sistema antes de implementar las diversas metodologías existentes para la detección de fugas. Estas auditorías son costosas, debido a que requieren mucha mano de obra para la verificación de la información, tanto en terreno como en las oficinas y no provee información precisa de la localización de las fugas (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983; Hunaidi et al., 2005; Lahlou, 2001).

EL artículo 42 de la resolución 0330 de 2017 establece

Debe contarse con un catastro de la red actualizado que incluya un inventario de las tuberías existentes, su localización y el mayor número de anotaciones posible para cada accesorio considerado estratégico en la operación como: tipo de accesorio, material, profundidad y año de instalación. Este catastro debe incluir además las válvulas e hidrantes que formen parte de la red de distribución

(Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017).

#### **4.2. Pérdidas comerciales**

Como se mencionó anteriormente las pérdidas comerciales son aquellas relacionadas con el funcionamiento comercial y técnico de la empresa y afectan el nivel de facturación e ingresos de la empresa. Para la determinación de las pérdidas comerciales es necesario estimar los errores en el registro de la información de consumos y el número de conexiones ilegales en el sistema. Con el fin de determinar el consumo de agua en el sistema se deben considerar todos los suscriptores registrados y su correspondiente consumo facturado y el consumo autorizado no facturado con los que se debe estimar el consumo anual para cada uno de los usuarios, así como el volumen de agua utilizado para propósitos operativos; el consumo no autorizado se atribuye a fraudes, clandestinos masivos (barrios no legalizados) y clandestinos dispersos (predios que alguna vez tuvieron servicio).

La reducción de pérdidas comerciales se puede realizar asegurándose que los usuarios cuenten con micromedidores que operen correctamente para disminuir los errores asociados al registro del volumen de agua consumido por usuario y lo que conlleva a una facturación eficiente. Para esto se recomienda que las empresas prestadoras de servicio realicen mantenimientos correctivos que identifiquen los medidores que no están cumpliendo su función y deben ser reemplazados; dentro del mantenimiento preventivo se consideran los trabajos como calibración, reparación o sustitución de algunas piezas del medidor. El reemplazo de medidores de transmisión mecánica por medidores de una clase metrológica superior ayudará a reducir el volumen de agua que no es facturado.

Igualmente, es importante la revisión de la facturación de cuentas institucionales y grandes clientes como instituciones educativas, parques, canchas polideportivas, centros de salud, hoteles, etc (Aguas de Barrancabermeja S.A., 2017).

### **4.3. Control de Presiones**

El control de presiones es una aproximación muy eficiente para la reducción de fugas en las RDA, como consecuencia, el control de presión adecuadamente administrado permite reducir las pérdidas de agua. En algunos casos, desde un punto de vista técnico, para mejorar el control del flujo la red puede dividirse en distritos de servicio y la presión puede regularse con una válvula reguladora de presión (VRP) instalada a la entrada de la RDA o en la entrada de los distritos de distribución, esta válvula cumple con el objetivo de tener un mejor control de presiones sobre la red. Adicionalmente, la regulación de presiones puede resultar en un aumento de la vida útil de la infraestructura, mejorar la eficiencia operativa algunas veces junto con un sistema para el control supervisado de adquisición de datos (SCADA) (Fontana et al., 2017).

La medición de presiones en los distritos de servicio inicia con la generación de estos dentro de la RDA de acuerdo con las zonas de abastecimiento, posteriormente se sectorizan estas zonas con el fin de detectar las fugas, de tal manera que cada sector cuente con un único nodo de entrada de agua donde se instala el instrumento de medición, a continuación se empiezan a cerrar las válvulas escalonadamente desde el nodo más lejano hacia el medidor con el fin de determinar los tramos con mayor potencial de presencia de fugas (Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1983).

Los artículos 61 y 62 de la resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017) establecen las presiones de servicio mínimas y máximas en las redes de distribución, respectivamente. Siendo 10 m.c.a la presión dinámica mínima en poblaciones de hasta 12.500 habitantes y 15 m.c.a para poblaciones de más de 12.500 habitantes, por otro lado, la presión estática máxima debe 50 m.c.a por lo que se recomienda subdividir en tantas zonas como se requieran para cumplir con las condiciones establecidas. La medición de presiones en horas de bajo consumo permite establecer posibles fugas en los sectores hidráulicos definidos en las RDA.

#### 4.4. Inyección de Trazadores

Gas trazador: en esta técnica, se inyecta en una sección aislada de una tubería de agua un gas no tóxico, insoluble en agua y más liviano que el aire, como helio o hidrógeno. El gas escapa por una fuga y al ser más ligero que el aire, penetra en la superficie a través del suelo y el pavimento (ver Figura 3). La fuga se localiza escaneando la superficie del suelo directamente sobre la tubería con un detector de gases altamente sensible capaz de detectar las trazas del gas. Esta metodología se puede utilizar para detectar varias fugas en una sección de tubería, no obstante, es una técnica costosa, demorada, necesita interrumpir el flujo de agua y el gas puede quedar atrapado cerca de la parte superior de las tuberías llenas de agua, por lo tanto, no podría escapar si las fugas no están cerca de la parte superior de la tubería, es decir, en los laterales o en la parte inferior (De Coster et al., 2019; Hunaidi et al., 2004; Puust et al., 2010).

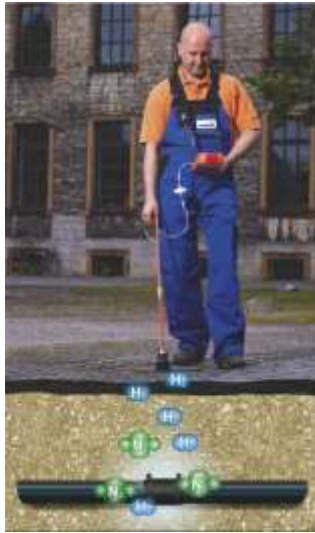


Figura 3 Detección de fugas por gas trazador (sewerin, 2016)

El uso de gas trazador para la localización de fugas en RDA es un método eficaz, inocuo para el medio ambiente, no es tóxico no corrosivo permite la localización de fugas pequeñas en las tuberías (rasgaduras o fisuras) bajo diferentes condiciones permitiendo realizar excavaciones certeras. En el mercado no existen una gran variedad de instrumentos, en la Tabla 1 se presentan algunos equipos para la detección de fugas por gas trazador. Los manuales de los equipos se adjuntan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



Tabla 1 Equipos para la detección de fugas por gas trazador.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Sewerin</i>	Variotec 460	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.
<i>DNK</i>	RD547	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.

#### 4.5. Termografía

El principio de la termografía para la detección de fugas es que el agua que fluye a través de una fuga de una tubería cambia las características térmicas del suelo adyacente, lo que lo convierte en un disipador de calor más efectivo que el suelo seco circundante. Las anomalías térmicas sobre las tuberías se detectan con una cámara infrarroja portátil o ensamblada a un vehículo terrestre o aéreo; aunque, está limitado por la temperatura ambiente y la profundidad de la tubería (Figura 4) (De Coster et al., 2019; Hunaidi et al., 2004, 2005)

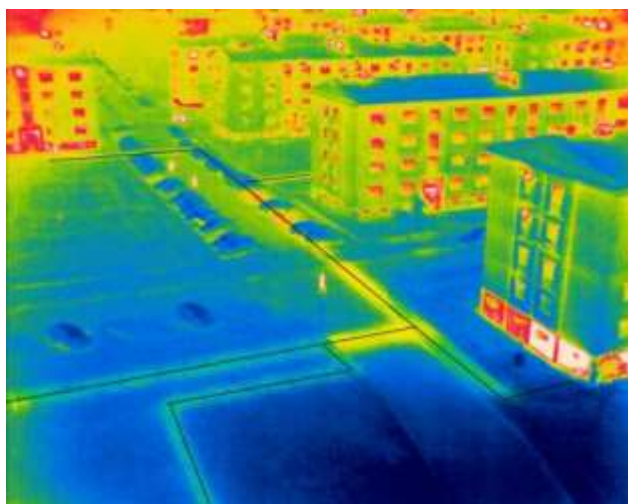


Figura 4 Detección de fugas por termografía (Apliter Tech Partners, 2019)

Las cámaras termográficas han demostrado que son un instrumento útil para la detección de fugas de agua cuando se combinan con gases trazadores o detectores acústicos. En su mayoría los equipos disponibles en el mercado para la detección de fugas por termografía son cámaras infrarrojas estacionarias, capaces de detectar el cambio de temperatura en el suelo circundante a una tubería con fugas, permitiendo realizar excavaciones certeras. En la Tabla 2 se

presentan algunos equipos para la detección de fugas por termografía. Los manuales de los equipos se adjuntan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 2 Equipos para la detección de fugas por termografía.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Fluke</i>	RSE300 Mounted Infrared Camera	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.
<i>Flir</i>	FLIR T540 FLIR ONE Pro FLIR E95 FLIR T860	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.
<i>Sewerin</i>	Thermal Imagen Camera	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.
<i>Apliter</i>	Workswell Wiris	Localización	Por medio de drones. Todo tipo de superficies Diferentes materiales

#### **4.6. Georradar (GPR)**

Georradar es una técnica no destructiva que produce un perfil de la sección transversal del subsuelo, el radar se puede utilizar para localizar fugas en tuberías de agua enterradas, ya sea mediante la detección de huecos en el suelo creados por la fuga de agua a medida que circula cerca de la tubería, o mediante la detección de secciones de tubería que parecen más profundas de lo que realmente son debido al aumento en la constante dieléctrica de suelo adyacente saturado de agua. Las ondas de radar que penetran en el suelo se reflejan parcialmente en la superficie del suelo cuando encuentran una anomalía en las propiedades dieléctricas, por ejemplo, un vacío o una tubería. Una imagen del tamaño y la forma del objeto está formada por trazas de tiempo de radar obtenidas escaneando la superficie del suelo, el lapso entre las ondas de radar transmitidas y reflejadas determina la profundidad del objeto reflectante. Las desventajas de este método es que consume mucho tiempo, anomalías como los objetos metálicos en el suelo pueden llevar a conclusiones falsas y algunos GPR tienen una capacidad de penetración de hasta 2m de profundidad en el suelo, por lo que puede no ser

aplicable en tuberías profundas y en climas fríos donde es necesario enterrar las tuberías al menos a 1.8m de profundidad para evitar el congelamiento del agua, en ese caso se pueden obtener resultados poco confiables (Hunaidi et al., 2004; Puust et al., 2010).

Los sistemas GPR son tecnologías de detección no-invasivas para detectar tuberías enterradas de forma precisa, permitiendo realizar excavaciones certeras. En la Tabla 3 se presentan algunos equipos para la detección de fugas por georradar. Los manuales de los equipos se adjuntan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 3 Equipos para la detección de fugas por georradar.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Radiodetection</i>	RD1500 RD1100	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales. Grandes profundidades.
<i>Mala</i>	Easy Locator Pro WideRange HDR Easy Locator Pro HDR Easy Locator HDR Easy Locator	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales. Grandes profundidades.

#### **4.7. Detección Acústica**

La detección acústica está basada en monitorear el ruido y la vibración generada por un fluido bajo presión escapando por una fuga, el sonido de la fuga se transmite por la tubería y por el suelo circundante. Estas técnicas son laboriosas, debido a que requieren operación manual de los dispositivos de escucha o sensores que deben ser instalados directamente en la RDA. El sonido de la fuga depende del tamaño y el material de la tubería, por lo general, las fugas en las tuberías de hierro fundido, hierro dúctil y acero se pueden detectar a una distancia máxima de 250 metros con acelerómetros y hasta 600 metros con hidrófonos. Los equipos existentes en el mercado para la detección acústica son los siguientes (Figura 5):

- Equipos de escucha: incluyen barras de escucha y micrófonos de tierra. Los dispositivos electrónicos de escucha modernos incorporan

amplificadores de señal y filtros de ruido para que la señal de fuga se destaque. La efectividad de la detección de fugas depende del tamaño de las fugas, el ruido ambiental del tráfico, el consumo de agua, y el grado de detalle de la inspección. Las inspecciones realizadas escuchando únicamente en accesorios como hidrantes o válvulas, detectan principalmente fugas grandes; mientras que, las inspecciones realizadas al escuchar todos los accesorios de las tuberías, incluidos los tapones, pueden detectar pequeñas fugas. Los micrófonos de tierra se utilizan para detectar fugas al escuchar el ruido de fuga en la superficie del suelo directamente sobre las tuberías a intervalos pequeños.

- Registradores de ruido: Son unidades compactas compuestas de un hidrófono y un registrador de datos programable. Se utilizan para filtrar grandes áreas, pero no son adecuados para detectar fugas. Estos dispositivos se instalan en las RDA durante la noche y al día siguiente se recopila la información para realizar el respectivo análisis y detectar la presencia de fugas.
- Correlacionadores de ruido: son equipos portátiles capaces de detectar fugas automáticamente por medio de correlación cruzada haciendo uso de equipos de escucha localizados en accesorios (hidrantes o válvulas), la localización de la fuga se calcula mediante una relación algebraica entre la distancia de los sensores, el intervalo de tiempo y la velocidad de propagación de onda.

La efectividad de la localización de fugas por medio de métodos acústicos está ligada a la experticia del operador de los equipos. Algunas desventajas de este método incluyen: interferencia a través de señales de ruido, variaciones en las condiciones de presión de la tubería debido a los materiales de la tubería, las características de la fuga y la presencia de fugas múltiples; esta metodología no es igualmente efectiva con las tuberías de plástico y asbesto cemento, ya que esta metodología se ha desarrollado principalmente para tuberías metálicas (Fiedler, 2014; Gupta et al., 2014; Hunaidi et al., 2004, 2005).



a) Barra de escucha



b) Micrófonos



c) Correlacionador de ruido

Figura 5. Dispositivos para la detección acústica de fugas. Fuente: (Hunaidi et al., 2005)

Los instrumentos para la detección acústica de fugas deben instalarse en puntos de acceso a las tuberías como válvulas, hidrantes, entre otros. Estos equipos permiten la localización manual o remota de fugas; actualmente, en el mercado hay disponibles un gran número de equipos para la detección acústica de fugas que permiten la prelocalización, localización y/o correlación de fugas bajo diferentes condiciones de superficies, permitiendo realizar excavaciones certeras y con la posibilidad de aislar el ruido del entorno para mejorar su desempeño. En la Tabla 4 se presentan algunos equipos para la detección de fugas por medio. Los manuales de los equipos se adjuntan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 4 Equipos para la detección de fugas por detección acústica.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Sewerin</i>	Aquaphon A 200	Prelocalización Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes longitudes y materiales.
	Aquaphon A 150	Prelocalización Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales.
	Aquaphon A 50	Prelocalización Localización	Todo tipo de superficies.
	Aquatest T 10	Prelocalización	

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Technoac</i>	Success AT-407N Success ATP-434N Success ATG-435.15N Success TPT-522N Success AT-107N	Localización	Todo tipo de superficies. Diferentes materiales. Profundidad < 3m.
<i>Primayer</i>	Mikron 3	Prelocalización Localización	
	Hykron	Localización	

#### 4.8. Correladores

La técnica de correladores se utiliza cuando el sonido producido por la fuga se localiza en dos accesorios de la red simultáneamente mediante micrófonos y los radio transmisores envían las señales a un receptor, por su parte el correlador determina la diferencia de tiempo con la que los sonidos de las fugas llegan a los dos puntos de escucha y calcula la posición exacta de la fuga en tiempo real ya que a diferencia de la detección acústica la localización no depende de la experticia del operador ni se ve afectado por los ruidos externos. Para esto es necesario contar previamente con la información referente a la tubería como diámetro, material y longitud. En la Tabla 5 se presentan algunos equipos para la detección de fugas por medio. Los manuales de los equipos se adjuntan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 5 Equipos para la detección de fugas por correladores.

<b>PROVEEDOR</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>APLICABILIDAD</b>
<i>Sewerin</i>	SeCorrPhon AC 200	Prelocalización Localización Correlación	Todo tipo de superficies. Diferentes secciones, diámetros, longitudes y materiales.
<i>Primayer</i>	Prime touch app	Localización Correlación	Tuberías plástico y de grandes diámetros, largas distancias.

#### **4.9. Detección por Modelos Matemáticos**

El artículo 57 de la resolución 330 de 2017 establece “Todos los sistemas de redes de distribución deben contar con un modelo hidráulico, a través del cual se pueda predecir el comportamiento frente a diferentes condiciones operativas de mantenimiento o de expansión” (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017).

Así mismo, estos métodos se han implementado para superar las limitaciones que tienen los otros métodos en la detección de fugas en tuberías de plástico. Varios modelos matemáticos se han propuesto para detectar fugas en las RDA, estos modelos usualmente aceptan la hipótesis de un rendimiento volumétrico uniforme en toda la red y usualmente involucran técnicas de calibración y optimización para analizar áreas de la red que en algunos casos se pueden realizar al tiempo; el caudal de fugas puede ser evaluado por el algoritmo de cálculo para cada estado. A continuación, se presentan algunos de los modelos matemáticos desarrollados para la detección de fugas en las redes de agua potable (Puust et al., 2010; Vela et al., 1994).

- Método transitorio inverso: este método es un enfoque bien conocido para la detección de fugas y la calibración de sistemas de tubería presurizados, puede ser implementado para la detección y localización de fugas, adicionalmente ha ganado popularidad en la última década por la gran cantidad de datos que se pueden obtener en corto tiempo, este método no se considera un sustituto de los anteriormente mencionados (auditoría al sistema de distribución, control de presiones, inyección de trazadores, termografía, georradar). Este enfoque, podría dar un cálculo más preciso del factor de fricción de la tubería, lo que a su vez podría conducir a un mejor pronóstico de fugas. El método en estado estacionario transitorio es la primera aplicación del análisis de transitorios inversos y se ha utilizado popularmente en problemas de transporte de agua subterránea se basa en un modelo de red de tuberías de estado estacionario; la segunda aplicación es el método de amortiguación transitoria. El factor de fricción en todos los sistemas de tuberías depende del cuadrado de la velocidad del fluido dentro de la RDA, cuando la fuga ocurre se presenta una alteración de la

presión en el sistema, el cambio del factor de fricción durante la alteración (golpe de ariete) juega un rol importante en la estimación de la presión; en la Ecuación 8 se presenta la relación entre el factor de fricción y la onda transitoria del fluido (Abdulshaheed et al., 2017; Vela et al., 1994). En el método transitorio inverso se pueden medir presiones en diferentes nodos de la red y con la ayuda de un modelo transitorio que incorpora fugas, es posible verificar posibles puntos de ubicación de fugas en la red. Se ajustan las cabezas de presión modeladas con las medidas en campo a través del uso de mínimos cuadrados (Ecuación 9) y así determinar si la sospecha de fuga es verídica (Gupta et al., 2014).

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial x} + f \frac{v}{2D} |v| = 0$$

Ecuación 8 Transciente Inverso. Fuente: (Abdulshaheed et al., 2017)

Donde:

$P$ : presión

$v$ : velocidad

$\rho$ : densidad del fluido

$f$ : factor de fricción

$D$ : diámetro de la tubería

$$E = \sum_{i=1}^M (H_i^m - H_i)^2$$

Ecuación 9 Mínimos cuadrados. Fuente (Gupta et al., 2014)

Donde:

$H_i^m$ : cabeza de presión medida

$H_i$ : cabeza de presión modelada

$M$ : número de datos medidos

- Método de detección de fuga por algoritmos genéticos: La metodología empleada para la detección de fugas está basada en el cálculo de un vector residual (Ecuación 10) de la diferencia entre las presiones medidas y las correspondientes presiones modeladas en cada nodo de la red y el vector



de sensibilidad se obtiene mediante la medición de los diferentes efectos en cada nodo de presión por cada posible fuga, tomando una fuga a la vez mediante la Ecuación 11. El aislamiento de las fugas se basa en la proyección entre el vector residual y el vector de sensibilidad, de esta manera el resultado representa qué nodo tiene mayores posibilidades de presentar fugas. Encontrando la proyección del vector residual  $j$ , su vector de sensibilidad está dado por la Ecuación 12 y la fuga está localizada en el nodo  $m$  de acuerdo con la Ecuación 13 (Gupta et al., 2014).

$$r_i = p_i - \hat{p}_i$$

Ecuación 10. Vector residual. Fuente (Gupta et al., 2014)

Donde:

$p_i$ : presión medida en el nodo  $i$

$\hat{p}_i$ : presión modelada en el nodo  $i$

$$S_j = \begin{bmatrix} \frac{\hat{p}_1^{fj} - \hat{p}_1}{f_j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\hat{p}_i^{fj} - \hat{p}_i}{f_j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\hat{p}_n^{fj} - \hat{p}_n}{f_j} \end{bmatrix}$$

Ecuación 11. Vector de sensibilidad. Fuente (Gupta et al., 2014)

Donde:

$\hat{p}_i^{fj}$ : presión medida en el nodo  $i$  considerando el caso de fuga  $f_j$

$\hat{p}_i$ : presión modelada en el nodo  $i$  considerando el caso de fuga libre.

$f_j$ : magnitud de la fuga en el nodo  $j$ .

$$\varphi_j = \frac{r^T S_j}{|r| |S_j|}$$

Ecuación 12. Vector de sensibilidad para el vector residual  $j$ . Fuente (Gupta et al., 2014)

Donde:

$r$ : vector residual, transpuesto y en valor absoluto (Ecuación 3).

$S_j$ : vector de sensibilidad en valor absoluto (Ecuación 4)

$$\varphi_m = \max(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i)$$

Ecuación 13. Localización del nodo con mayor posibilidad de fuga. Fuente (Gupta et al., 2014)

- En el método de reflexión de fugas (LRM): una onda transitoria viaja a lo largo de una tubería y se refleja parcialmente en la fuga. Para esto se envía una señal desde una fuente, el tiempo de llegada de la señal indica la posición del objeto o anomalía desde el origen. En una tubería, la onda transitoria viajará de un lado a otro a lo largo de la tubería, reflejándose en los límites del sistema, la señal viajará más allá de cualquier objeto repetidamente, generando señales reflejadas a intervalos regulares. En el caso de una onda transitoria en una tubería, la señal y las señales reflejadas por fugas podrían tomar múltiples rutas (Figura 6) de onda debido a reflexiones de límites, el tiempo de llegada de la señal reflejada se puede asociar con cualquier ruta, generando una posición diferente de la fuga si no se conoce la ruta de onda. La ubicación de la fuga se puede identificar a partir del trazo de presión medido; para un punto de medición y una fuente transitoria ubicada dentro de una sola tubería, se puede ubicar una fuga en tres zonas, entre un límite y el punto de medición, entre un límite y la fuente transitoria y entre la fuente transitoria y el transductor de medición. La magnitud de la fuga depende de la relación entre el tamaño de la onda transitoria generada y el tamaño del orificio de la fuga. Hasta ahora, los métodos LRM se utilizan solo en estudios de caso de tubería única en condiciones de laboratorio. La distancia entre la localización de la fuga y el punto de medición está dada por la Ecuación 14 (Lee et al., 2003; Puust et al., 2010).

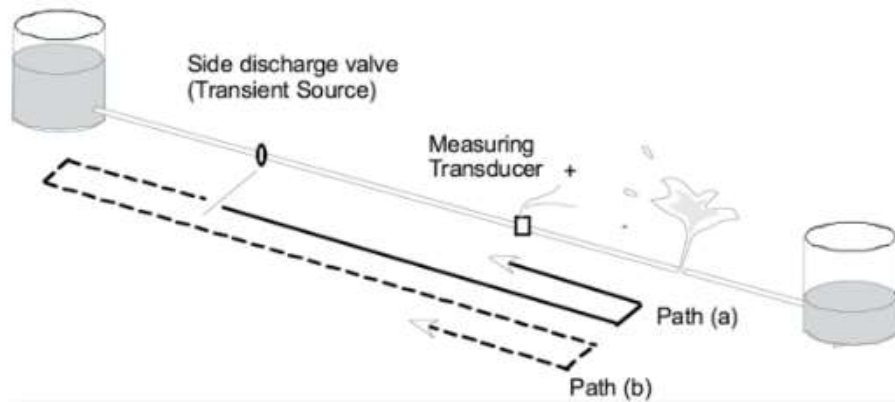


Figura 6. Mecanismo de operación del método de reflexión de fugas. Fuente: (Lee et al., 2003)

$$D_{Leak} = \frac{aT_0}{2}$$

Ecuación 14. Distancia para la ubicación de la fuga. Fuente (Lee et al., 2003)

Donde:

$D_{Leak}$ : distancia de la fuga desde el transductor

$a$ : velocidad de onda

$T_0$ : tiempo de ocurrencia de la perturbación, medido desde el inicio de un período de oscilación hasta la posición de la perturbación inducida por la fuga

El tiempo de ocurrencia de la perturbación se puede determinar mediante la Ecuación 15 y la cual describe el tiempo de ocurrencia más corto de una señal reflejada para una fuga ubicada entre el transductor de medición y la fuente transitoria, y relaciona este tiempo con la ubicación de la fuga dentro de esta zona. En la Figura 7 se representa la configuración del sistema empleado para la derivación matemática de la relación entre el tiempo de ocurrencia ( $T_0$ ) y la localización de la fuga.

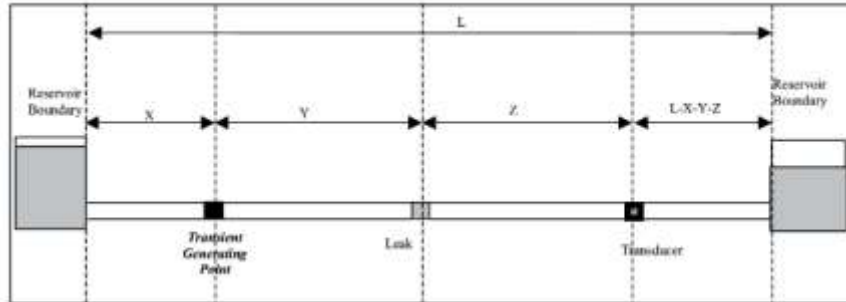


Figura 7. Configuración del sistema usado para la derivación matemática de la relación entre el tiempo de ocurrencia y la localización de la fuga. Fuente: (Lee et al., 2003)

$$T_0 = \frac{2L}{a} - \frac{2X}{a} - \frac{2Y}{a}$$

Ecuación 15. Tiempo de ocurrencia de la perturbación. Fuente (Lee et al., 2003)

#### 4.10. Dificultades en la Detección de Fugas

Como se mencionó en los numerales anteriores, el diámetro y el material de la tubería influyen significativamente la efectividad en la detección de las fugas alterando las frecuencias predominantes de las señales de fuga. Las vibraciones de baja frecuencia como las bombas generan interferencias en las frecuencias de las ondas, así como el tipo de suelo y el nivel freático, siendo más efectiva la detección de fugas en suelos arenosos que en suelos arcillosos, así como en pavimentos asfálticos y de concreto que sobre superficies recubiertas de pastos o vegetación. La presión en la red, el tamaño y forma de la fuga también son factores que pueden dificultar su localización, las fugas ocasionados por corrosión generan señales más fuertes y frecuencias más altas, en general cuanto mayor es la presión en la tubería y mayor sea la fuga, mayor será la señal, aunque esta premisa deja de ser cierta cuando la rotura en la tubería es muy grande (Hunaidi et al., 2005).

## **Capítulo V**

### **Metodología de Selección.**

La selección de la metodología más apropiada para la detección de fugas debe determinarse teniendo en cuenta las condiciones locales, la capacidad de operación de la empresa prestadora de servicio, conocer el índice de pérdidas, entre otras. Con el fin de aportar herramientas a la toma de decisiones a continuación se presenta un análisis comparativo de las metodologías disponibles en el mercado para la detección de fugas y los dispositivos existentes para tal fin, identificando la disponibilidad de equipos que son ofrecidos por diferentes proveedores.

#### **5.1. Comparación Entre Tecnologías**

La comparación de las tecnologías descritas en el numeral Capítulo 0 se inicia con un análisis de las ventajas y desventajas propias de cada herramienta mediante la implementación de una matriz DOFA (Tabla 6).

Tabla 6 Matriz DOFA para las herramientas del control de fugas

Herramientas	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
<b>Auditoría al sistema de distribución</b>	<p>Conocimiento de la topología de la red.</p> <p>Conocimiento de la operación de la red.</p> <p>Clasificación de las redes por su potencial de rotura, de acuerdo con el material, la edad y el diámetro.</p> <p>No requiere instrumentos especializados.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p>	<p>Información incompleta en planos.</p> <p>Desconocimiento del funcionamiento de la red.</p> <p>No provee información sobre la localización precisa de fugas.</p> <p>Es un proceso demorado y costoso.</p>	<p>Plan de renovación de redes.</p> <p>Proyección del presupuesto por la empresa prestadora de servicio y los entes gubernamentales que correspondan.</p>	<p>Puede necesitarse contratar personal externo al de la empresa prestadora de servicio para realizar la actividad, generando gastos adicionales en la operación.</p> <p>Se debe complementar con el uso de otras herramientas para la localización de fugas.</p>
<b>Pérdidas comerciales</b>	<p>Determinación de los consumos en la red.</p> <p>Estimación del agua no facturada.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería</p>	<p>Imprecisión en la estimación de las pérdidas.</p> <p>Dificultades para la detección de usuarios fraudulentos.</p>	<p>Aumento en la facturación por usuario.</p> <p>Aumento de los usuarios facturados.</p>	<p>Incremento de usuarios fraudulentos.</p> <p>Incremento de los clandestinos masivos y dispersos.</p>

Herramientas	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
<b>Termografía</b>	<p>No se afecta el suministro de agua.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p>	<p>Está limitado por la profundidad de la tubería (10&lt;prof&lt;1.5 m).</p> <p>Requiere una cámara infrarroja.</p> <p>Requiere personal especializado</p>	<p>Con la localización precisa de la fuga se disminuye el tiempo afectación de la población.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias.</p>	<p>Temperatura ambiente (&gt; 7°C)</p> <p>tuberías bajo nivel freático.</p> <p>Mantenimiento del termógrafo.</p> <p>Capacitación del personal para realizar esta actividad.</p>
<b>Control de presiones</b>	<p>Creación de distritos de servicio.</p> <p>Permite reducir las pérdidas de agua, mediante la regulación de presiones por medio de válvulas (VRP).</p> <p>Conocimiento de la topología de la red.</p> <p>Conocimiento de la operación de la red.</p> <p>Aumento vida útil de la infraestructura.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p>	<p>Distritos de servicio abiertos, con varios puntos de entrada de agua.</p> <p>Suspensión del servicio de abastecimiento.</p> <p>No provee información sobre la localización precisa de fugas.</p>	<p>Facilidad en la operación y mantenimiento de las redes y accesorios por parte de la empresa prestadora de servicio.</p> <p>Con los distritos de servicio disminuye la población afectada por una fuga.</p>	<p>Una vez determinados los tramos afectados se debe hacer uso de otras herramientas para la localización precisa de las fugas.</p> <p>Se requiere adquirir un sistema para el control supervisado de adquisición de datos (SCADA).</p>

Herramientas	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Inyección de trazadores	<p>EL gas trazador escapa por la fuga y penetra el subsuelo.</p> <p>Detecta varias fugas en una sola sección.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p>	<p>Es necesario aislar las tuberías a analizar, interrumpiendo el suministro de agua.</p> <p>El gas puede quedar atrapado en la parte superior de la tubería y no detectar fugas en los laterales o en la parte inferior.</p> <p>Es un proceso demorado.</p> <p>Requiere personal especializado.</p> <p>Es un proceso costoso.</p>	<p>Con la localización precisa de la fuga se disminuye el tiempo afectación de la población.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias.</p>	<p>Se debe incluir en el presupuesto de la empresa la adquisición de gases trazadores para la correcta localización de fugas.</p> <p>Se debe considerar el mantenimiento del detector de gases.</p> <p>Se debe considerar la capacitación del personal para realizar esta actividad.</p>



Herramientas	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
<b>Georradar</b>	<p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Conocimiento de la operación de la red.</p> <p>Conocimiento de la topología de la red.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p>	<p>Consume mucho tiempo.</p> <p>Presenta anomalías con objetos metálicos enterrados.</p> <p>Profundidad máxima de 2m.</p> <p>Requiere personal especializado.</p> <p>Dificultad de desplazamiento por el tamaño.</p>	<p>Se puede emplear para detectar conexiones fraudulentas.</p> <p>Localización de redes de otros servicios.</p> <p>Con la localización precisa de la fuga se disminuye el tiempo afectación de la población.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias.</p>	<p>Mantenimiento del georradar.</p> <p>Capacitación del personal para realizar esta actividad.</p>
<b>Detección acústica</b>	<p>Variedad de equipos para la detección de fugas.</p> <p>Alcanza grandes profundidades en tuberías de hierro dúctil y acero.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Apta para tuberías metálicas.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p>	<p>Técnica laboriosa.</p> <p>Operación manual de dispositivos de escucha.</p> <p>Diminución de la eficiencia en tuberías plásticas o de asbesto.</p> <p>Experticia del operador de los equipos.</p> <p>No detecta varias fugas en una sola tubería.</p>	<p>Con la localización precisa de la fuga se disminuye el tiempo afectación de la población.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias</p>	<p>Ruido ocasionado por el tráfico.</p> <p>Capacitación del personal para realizar esta actividad.</p>

Herramientas	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
<b>Correladores</b>	<p>Alcanza grandes profundidades en tuberías de hierro dúctil y acero.</p> <p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Apta para tuberías metálicas.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p>	<p>Operación manual de dispositivos de escucha.</p> <p>Diminución de la eficiencia en tuberías plásticas o de asbesto.</p> <p>No detecta varias fugas en una sola tubería.</p>	<p>Con la localización precisa de la fuga se disminuye el tiempo afectación de la población.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias</p>	<p>Capacitación del personal para realizar esta actividad.</p>
<b>Modelos matemáticos:</b> <b>Método transitorio inverso</b> <b>Detección por algoritmos Genéticos</b>	<p>Es una técnica no destructiva.</p> <p>Localiza fugas en tuberías enterradas.</p> <p>Determinación del caudal de fuga.</p> <p>Obtención de gran cantidad de datos en corto tiempo.</p> <p>Conocimiento de la operación de la red.</p> <p>Conocimiento de la topología de la red.</p> <p>No se afecta el suministro de agua.</p> <p>Apta para todo tipo de material de la tubería.</p>	<p>Requiere datos de presiones para la calibración y detección de fugas.</p> <p>Detección de una fuga a la vez.</p> <p>Requiere verificación en terreno de la fuga por otros métodos.</p> <p>Para la calibración las redes deben estar sectorizadas.</p>	<p>Se pueden estimar tuberías/nodos con fugas previos a la exploración en campo, disminuyendo el tiempo de afectación en la prestación del servicio.</p> <p>Evita excavaciones innecesarias.</p>	<p>Capacitación del personal para realizar esta actividad.</p> <p>Software licenciado.</p>

## **5.2. Descripción de la metodología propuesta para la selección de la tecnología**

Para la selección adecuada de la tecnología a implementar en una campaña de detección de fugas es importante que la empresa prestadora de servicios tenga en cuenta las condiciones propias del funcionamiento, los recursos disponibles (tanto físicos como económicos). A continuación, se presentan unas recomendaciones para las Empresas prestadoras que deben considerar antes de iniciar una campaña de detección de fugas.

- Número de suscriptores atendidos: con el fin de establecer los criterios para elaborar el manual de selección de las técnicas para la detección de fugas se tendrá en cuenta que mediante la (Resolución CRA 825, 2017) establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que atiendan hasta 5.000 suscriptores en el área urbana y aquellas que presten el servicio en el área rural independientemente del número de suscriptores que atiendan. No obstante, esta Resolución fue modificada y adicionada por la Resolución CRA 844 de 2018, el cual clasifica en Segmentos la aplicabilidad de la resolución así:
  - Primer: prestadores con suscriptores entre 2.501 y 5.000 principalmente en el área urbana
  - Segundo: prestadores que atienden menos de 2.500 suscriptores en el área urbana o en zona rural. Depende del número de suscriptores atendidos por la Empresa Prestadora de los servicios públicos.

Resolución CRA 688, 2014 por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana

1. Datos de entrada: las Empresas prestadoras de servicio deberán contar con unos datos de entrada que le permitirán calcular el balance hídrico del sistema y los indicadores de pérdidas asociados a la prestación del servicio:
  - a. Volumen de entrada: hace referencia al volumen de agua anuales que ingresan al sistema aguas debajo de la planta de tratamiento de agua potable.

- b. Volumen de agua facturada: Se deben identificar los usuarios registrados con el fin de determinar el volumen de agua facturado por cada uno de ellos.
  - c. Número de suscriptores: La Empresa debe conocer el número de suscriptores a los que les está prestando el servicio, ya que con este valor es posible diferentes indicadores de pérdidas.
  - d. Volumen recibido o entregado por contratos: para la determinación del balance hídrico es necesario conocer el volumen de entrada al sistema por diferentes fuentes y el volumen vendido a otros municipios.
2. Indicador de pérdidas: es necesario conocer el indicador de pérdidas en el sistema de distribución de agua con el fin de tener claras las metas de reducción de fugas, pérdidas comerciales y de establecer estrategias para su reducción. Para esto el Municipio o Empresa prestadora de servicios debe regirse por lo establecido por el RAS, la CRA, esta última mediante las resoluciones 487 de 2009 y 632 de 2013 (ver numeral 3.1) con el fin de establecer los diferentes indicadores y establecer los planes para la reducción de pérdidas, bien sean técnicas y/o comerciales.
3. Capacidad operativa del Municipio o Empresa prestadora del servicio: una vez se conocen el número de suscriptores del sistema y el nivel de pérdidas es necesario que el operador del sistema de acueducto genere un plan para la reducción de pérdidas técnicas que le permita detectar las fugas en el sistema de acuerdo con las condiciones de la red y su capacidad operativa y financiera. Como ejemplo de esta buena práctica se presenta lo desarrollado por la empresa Aguas de Barrancabermeja S.A E.S.P. que en su plan de reducción de pérdidas 2017 – 2025 enfoca sus esfuerzos en la reducción de pérdidas técnicas mediante el control y optimización de la macromedición, mejoramiento de la velocidad y calidad en las reparaciones, mejoramiento y/o renovación de dispositivos y accesorios de medición y control, sectorizaciones y sistemas de gestión de presión, renovación y/o reposición de redes y control activo de fugas. Para dar cumplimiento a esta última actividad la Empresa gestiona recursos para

dotación con equipos especializados, actuación en sectores de bajo consumo y caudales nocturnos altos y la conformación de brigadas diurnas y nocturnas del control de fugas.

- a. En caso de no contar con la capacidad operativa para la ejecución de la búsqueda de fugas, el Municipio deberá definir sus necesidades de contratación y/o capacitación de personal.

4. Auditoría al sistema de distribución: esta actividad facilita la detección de tramos y accesorios con mayor riesgo de generar fugas por su material y edad de instalación, optimizando el proceso de detección de fugas en campo, para esto el Municipio o Empresa debe contar con un catastro de redes dando cumplimiento al artículo 42 de la resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017) (ver numeral 4.1), este catastro debe estar representado mediante planos o fichas técnicas que permitan establecer la ubicación exacta y referenciada, los diámetros y materiales de cada uno de los elementos (tramos de tubería y accesorios) que componen la RDA. En caso de no contar con la totalidad de la información requerida se recomienda que se realice un levantamiento topográfico detallado o se implemente la utilización de un georradar que permita localizar los elementos faltantes con su respectiva topología y en el caso del georradar este a su vez permitirá la detección de fugas y anomalías en la red. Igualmente, deben contarse con los registros de operación del sistema en términos de usuarios, caudales y presiones, lo que facilitará realizar el balance hídrico del sistema y facilitará establecer una mejor operación en estructuras como tanques para identificar la presencia de fugas. Lo anterior se debe realizar siguiendo las recomendaciones establecidas en la normatividad nacional vigente:

- a. La medición de caudal en la RDA se debe realizar siguiendo las recomendaciones establecidas por el artículo 73 de la resolución 0330 de 2017 en el cual se establece que se deben instalar instrumentos de medición (macromedidores) a la entrada y salida de las plantas de tratamiento, a la entrada y salida de los sistemas de bombeo, en la red de abastecimiento, a la entrada de los

sectores hidráulicos y en la salida de los tanques de almacenamiento. El artículo 75 establece que es obligatorio colocar medidores domiciliarios (micromedidores) para cada uno de los suscriptores del servicio. Posteriormente se deben establecer los patrones de consumo los cuales se deben actualizar cada quinquenio o cada que se produzcan cambios significativos en las condiciones hidráulicas de la red, según con lo establecido en el artículo 90 de la resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017).

- b. Los registros de presiones se deben elaborar con base a los artículo 86 y 87 de la resolución 0330 de 2017, el primero establece que semanalmente se debe realizar seguimiento a los resultados arrojados por los equipos de medición de presión instalados en la RDA, los cuales deben cumplir con las presiones de servicio máximas y mínimas como se menciona en el numeral 5.2; el segundo establece que se deben llevar a cabo pruebas de presiones hidrostáticas y estanqueidad la cual se puede realizar siguiendo el procedimiento descrito en la Norma de Construcción para Prueba de Presión Hidrostática en Redes de Agua Potable de la Empresa de servicios públicos de Medellín (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017).
5. Evaluación de las pérdidas comerciales: mediante la estimación del porcentaje de pérdidas comerciales se pueden establecer planes para su reducción, lo que se ve reflejado en el aumento en la facturación de la empresa. De igual forma se reflejará en la reducción de los índices establecidos por la CRA para estimar las pérdidas en los sistemas de distribución de agua potable.
  6. Gestión de presiones: dando continuidad al proceso de auditoría al sistema, específicamente al control de las presiones Los registros de presiones se deben tomar de los medidores de presión instalados en la RDA los cuales deben cumplir con los requerimientos del artículo 74 de la resolución 0330 de 2017. Las presiones registradas por dichos medidores deberán cumplir

con las presiones de servicio establecidas en los artículos 61 y 62 de la resolución 0330 de 2017(Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017).

- a. En caso de tener presiones mayores o menores se deberán generarse sectores de servicio en la RDA siguiendo lo establecido en el artículo 58 de la resolución 330 de 2017 “Todas las redes deben estar sectorizadas con el fin de lograr la racionalización del servicio. El diseño de la sectorización debe estar basado en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica.”(Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017). Con el objetivo de conocer la demanda de caudal por sector y dando cumplimiento al artículo 73 de la misma resolución, deben instalarse macromedidores a la entrada y a la salida de cada sector hidráulico. Para el control de las presiones en los sectores se recomienda la instalación de VRPs siguiendo lo establecido en el artículo 65 de la misma resolución (Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017). Los sectores facilitan la utilización de modelos matemáticos para la detección de fugas, ya que permiten realizar un modelo por cada sector facilitando la detección de los nodos con posibles fugas.
  - b. En el caso de encontrar anomalías en la medición de caudales y presiones en el sector hidráulico como caídas de presión y aumento del caudal, se pueden asociar a la presencia de fugas en la red. El procedimiento para la localización de las posibles fugas se realiza cerrando las válvulas desde el nodo más alejado de la entrada del sector, tal como se describe en el numeral 3.6; sin embargo, esta metodología de detección de fugas genera la suspensión del servicio. Por otro lado, al utilizar los datos registrados por este tipo de anomalías para validar el modelo facilita la toma decisiones respecto a las válvulas que se deben cerrar y así evitar suspensiones del servicio indeseadas.
7. Detección de fugas en campo: una vez se cuenta con la mayor cantidad de información posible y se ha logrado establecer un rango posible para la

localización de fugas, es posible utilizar las metodologías que permiten localizar las fugas en el terreno. Para la selección adecuada de estas tecnologías es importante conocer principalmente las características propias de la tubería y el entorno en el que se encuentra enterrada.

- a. El material puede ser un factor determinante en la selección de la metodología para la detección de fugas en campo, ya que el desarrollo inicial de metodologías como la detección acústica y el georradar se basaron en tuberías metálicas, aunque actualmente es posible utilizar estas tecnologías en la localización de fugas en tuberías plásticas su aceptabilidad es menor.
- b. Ubicación de la tubería: este factor influye considerablemente en la selección de la metodología a emplear, ya que el ruido y vibraciones en la zona de búsqueda limita la búsqueda de fugas mediante sistemas acústicos, así como la profundidad a la que está instalada la tubería y la interferencia de objetos en el suelo, lo que restringe el uso de la termografía, el gas trazador y el georradar, igualmente la profundidad del nivel freático generará afectaciones en el uso de inyección de trazadores y georradares.
- c. Costo de implementación: esto implica el costo de obtención, mantenimiento, capacitación y utilización del equipo, así como el número de personas que se requieren para la implementación de la técnica y los costos asociados al desplazamiento del equipo para la localización de las fugas. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que la metodología más costosa es el georradar, seguido por la termografía y por último la detección acústica y la inyección de trazadores. Los modelos matemáticos están en desarrollo y por lo tanto no se han tenido en cuenta como técnica viable para la metodología de selección de la mejor técnica para aplicar a un caso particular de RDA.



### 5.3. Diagrama de selección de tecnología para la detección de exfiltraciones

De acuerdo con lo expuesto en el numeral anterior a continuación, se presenta un árbol de decisión (Figura 8) que permitirá al Municipio o a la Empresa prestadora seleccionar la metodología más apropiada para la detección de fugas en el sistema, considerando sus condiciones de operación. Por la extensión del diagrama, este presenta en el ANEXO

A

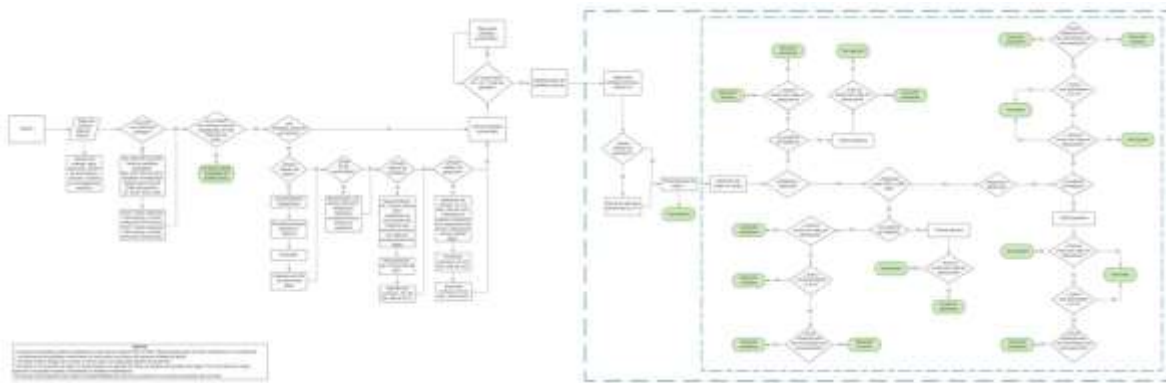


Figura 8. Árbol de decisión para la detección de exfiltraciones.

## **Capítulo VI**

### **Resultados y Contribución**

Se plantea una metodología, para guiar a los municipios o empresas prestadoras de servicios públicos, en las labores de disminución de los índices de aguas no contabilizadas y presentar ante la autoridad competente y la entidad reguladora de tarifas, una política de manejo eficiente del recurso hídrico, mediante un plan que permita establecer y cumplir metas para el control de fugas y de pérdidas comerciales. Se estableció una metodología clara que contribuye a definir las técnicas más adecuadas para detectar las exfiltraciones en las RDA, contribuyendo así a una adecuada planificación de las actividades de recuperación, reparación y rehabilitación de los sistemas de distribución de agua.

## Capítulo VII

### Conclusiones

Cómo estrategias para la detección de exfiltraciones en los sistemas de abastecimiento Municipales inicialmente se debe considerar la reglamentación vigente, para esto se tiene en consideración el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, 2017 en el que se establece el porcentaje de pérdidas técnicas admisibles y la reglamentación CRA que establece la metodología para el cálculo de los diferentes indicadores a tener en cuenta, mediante las resoluciones 487 de 2009 y 632 de 2013. Sin embargo, es fundamental que el operador del sistema conozca la red y los volúmenes de operación, es decir, es indispensable poseer un catastro de redes actualizado. En caso que el índice de pérdidas comerciales sea mayor a 7 es necesario iniciar con un plan de reducción de pérdidas comerciales antes de iniciar la búsqueda de exfiltraciones en terreno.

Basado en la cantidad de usuarios del Municipio es importante que la red se encuentre sectorizada, debido a que en sectores de menor tamaño se facilita la búsqueda de fugas en el sistema y de esta manera se disminuye la afectación a usuarios por suspensión del servicio. Como herramienta inicial para la detección de fugas en la red y los sectores es indispensable el cumplimiento de los artículos 73, 75 y 90 de la Resolución 0330 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, los cuales permitirán establecer variación en el volumen de agua suministrado a un sector mediante la medición de caudales en la red. Así mismo, los artículos 74, 72 y 61, *ibid.*, permiten identificar la variación de las presiones en los diferentes sectores. Para mayor efectividad en el control de caudales y presiones en la red el trabajo en oficina derivado del análisis de datos se debe incluir en la planeación de disminución de pérdidas el monitoreo en campo que permite identificar puntualmente la zona afectada, bien sea por la falla de una tubería o una conexión clandestina.

Dentro del procedimiento planteado en este documento para la detección de exfiltraciones la auditoría del sistema es la herramienta adecuada para la toma de decisiones respecto al plan de reducción de pérdidas a plantear por el Municipio, sin embargo, si el Municipio no cuenta con la información actualizada de la red de distribución los resultados de la toma de decisiones no conllevarán a la identificación temprana de las zonas a intervenir. Dentro de las decisiones a tomar para el plan de reducción de pérdidas se deben considerar las herramientas disponibles para la ubicación de la fuga en campo, como primera medida para

su elección se recomienda tener en cuenta la población y el nivel económico, debido a que estos son indicadores fundamentales para su selección.

La detección acústica, la inyección de trazadores y la termografía son técnicas especialmente recomendadas para la detección de fugas en tuberías metálicas, estas técnicas son manuales y requieren de personal especializado que sea capaz de localizar con precisión la fuga disminuyendo el tiempo de afectación a los usuarios y disminuyendo el tiempo de afectación a los usuarios. Sin embargo, la detección acústica puede verse afectada por el ruido del entorno, en la inyección de trazadores debe incluirse en el presupuesto de la empresa la adquisición de gases y la termografía puede verse afectada por la temperatura del agua y el nivel freático.

El georradar es una herramienta ampliamente recomendada ya que permite optimizar diferentes procesos dentro de la empresa permitiendo la localización de fugas al mismo tiempo que permite realizar la auditoría al sistema, aunque su eficiencia no es muy alta en tuberías plásticas. Es importante tener en cuenta que la adquisición de los equipos y la capacitación del personal son costos, y estos gastos deben tenerse en cuenta a la hora de incluir esta alternativa en el plan de reducción de pérdidas.

Los modelos matemáticos son una herramienta que permite la detección y localización temprana de fugas de manera precisa, esta herramienta aún no ha sido implementada en redes de distribución fuera del laboratorio, sin embargo, con la implementación de esta herramienta sería posible en algunos casos la disminución del tiempo invertido para la localización de exfiltraciones. La implementación de los modelos matemáticos requiere de software y personal especializado para el análisis de datos.

La guía para la selección de técnicas adecuadas para la búsqueda de exfiltraciones en conducciones de agua a presión presentada en este trabajo de grado es una herramienta que permite a los operadores del sistema de acueducto de Municipios colombianos la toma de decisión para la implementación de reducción de pérdidas de forma clara y precisa mediante el seguimiento de un diagrama de flujo.

## Bibliografía

- Abdulshaheed, A., Mustapha, F., & Ghavamian, A. (2017). A pressure-based method for monitoring leaks in a pipe distribution system: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 902–911. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.024>
- Agua. (2015).
- Aguas de Barrancabermeja S.A., E. S. P. (2017). *PLAN DE REDUCCIÓN PÉRDIDAS, 2017—2025*.
- Apliter Tech Partners. (2019). Inspección termográfica de tuberías | Apliter. En *Apliter Tech Partners*.
- Atef, A., Zayed, T., Hawari, A., Khader, M., & Moselhi, O. (2016). Multi-tier method using infrared photography and GPR to detect and locate water leaks. *Automation in Construction*, 61, 162–170. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.006>
- Banco Mundial. (2013). América Latina: ¿Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía? En *World Bank*.
- Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1983). *Manual sobre control de fugas y mediciones en redes de distribución de agua*. Cepis.
- Resolución 315 de 2005, Por medio de la cual se establecen las metodologías para clasificar las personas de acueducto, alcantarillado y aseo de acuerdo con un nivel de riesgo (2005). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia
- Resolución 487 2009, por la cual se presenta el proyecto de resolución "Por la cual se modifica el artículo 2.4.3.14 de la Resolución CRA 151 de 2001" y se inicia el proceso de discusión directa con los usuarios y agentes del sector (2009). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia

Resolución 632 2013, por la cual se presenta el proyecto de Resolución `por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que tengan más de 5.000 suscriptores, se da cumplimiento a lo previsto por el numeral 11.4 de artículo 11 del Decreto 2696 de 2004, y se continúa el proceso de discusión directa con los usuarios y agentes del sector (2013). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia.

Resolución 688 de 2014, por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5.000 suscriptores en el área urbana (2014). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia.

Resolución 825 de 2017, por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que atiendan hasta 5.000 suscriptores en el área urbana y aquellas que presten el servicio en el servicio en el área rural independientemente del número de suscriptores que atiendan (2017). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia.

Resolución 844 2018, por la cual se modifica y adiciona la Resolución CRA 825 de 2017 (2018). Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Colombia.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, C., & Ministerio de Vivienda, M. (2014). *Marco Tarifario para los servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado. Nivel de pérdidas aceptable.*

Ley 373 de 1997, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (1997). Congreso de la República de Colombia. Colombia.

Ley 812 de 2003, Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2003-2006, hacia un Estado comunitario (2003). Congreso de la República de Colombia. Colombia.

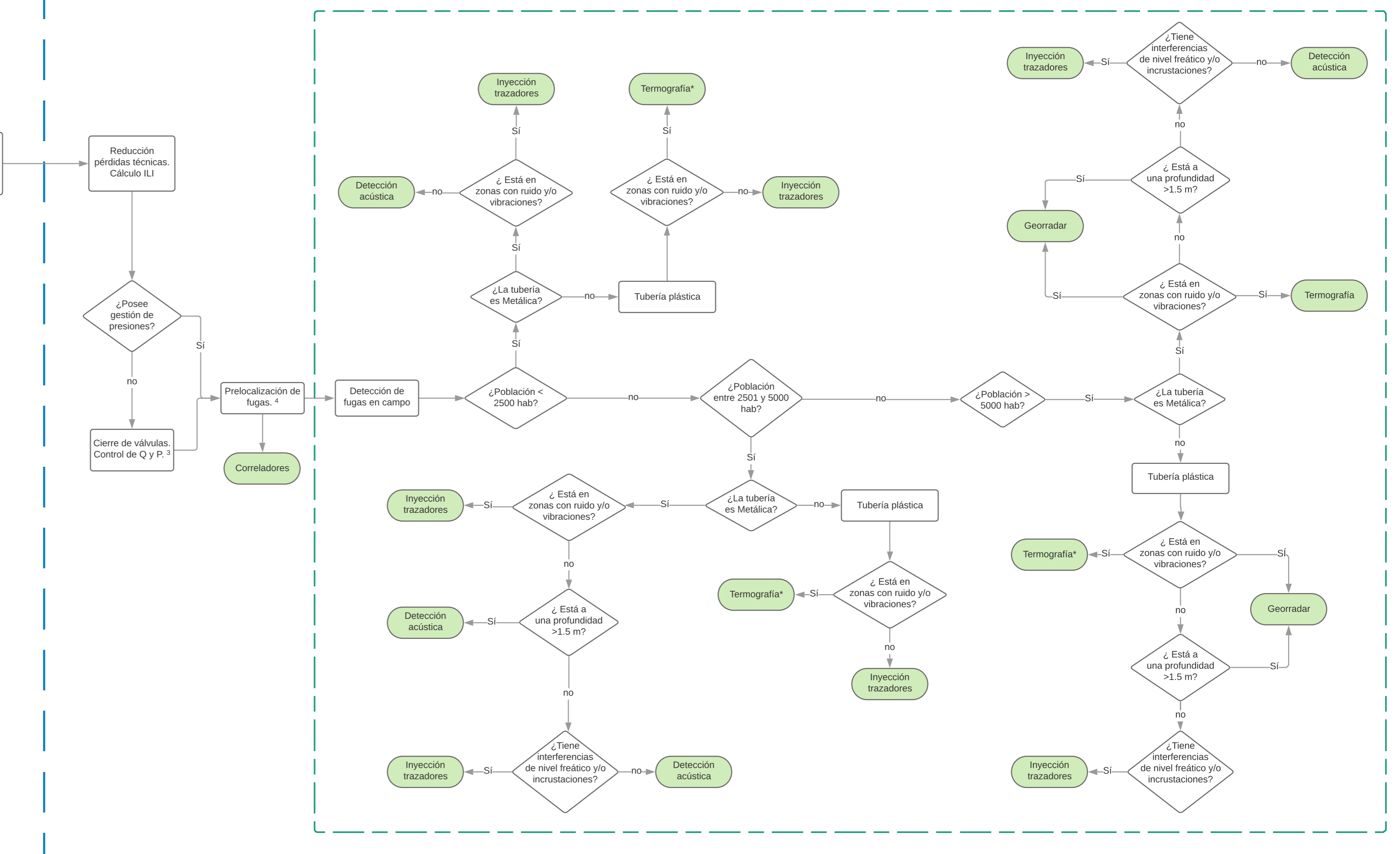
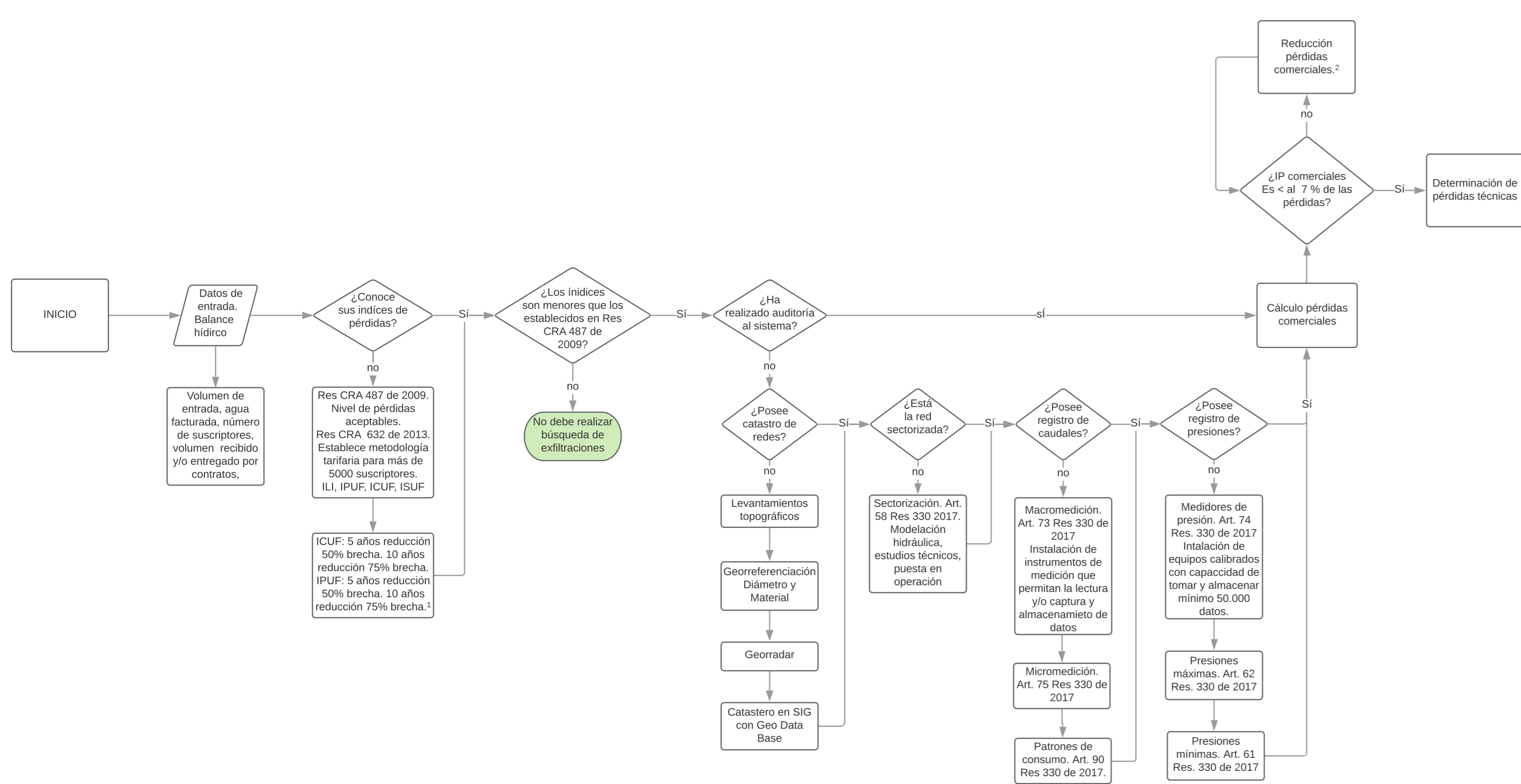
- De Coster, A., Pérez Medina, J. L., Nottebaere, M., Alkhalifeh, K., Neyt, X., Vanderdonckt, J., & Lambot, S. (2019). Towards an improvement of GPR-based detection of pipes and leaks in water distribution networks. *Journal of Applied Geophysics*, 162, 138–151. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2019.02.001>
- De Marchis, M., & Milici, B. (2019). Leakage Estimation in Water Distribution Network: Effect of the Shape and Size Cracks. *Water Resources Management*, 33(3), 1167–1183. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2173-4>
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). En La Guajira se pierde el 82% del agua potable. En *Departamento Nacional de Planeación*.
- Espinosa, M. A. G., Yara, C. C. V., & Álvarez, M. S. G. (2013). Estudio comparativo del índice de agua no contabilizada en Colombia para el periodo 1995-2011. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 10(1).
- Fiedler, J. (2014). An overview of pipeline leak detection technologies. *American School of Gas Measurement Technology (ASGMT), Peabody, MA, US*.
- Fontana, N., Giugni, M., Glielmo, L., Marini, G., & Zollo, R. (2017). Real-time control of pressure for leakage reduction in water distribution network: Field experiments. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(3), 4017096.
- Fuentes-Mariles, O. A., Palma-Nava, A., & Rodríguez-Vázquez, K. (2011). Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12(2), 235–242.
- Ghazali, M. F. (2012). *Detección de fugas mediante el análisis de frecuencia instantánea*. Sheffield.
- González, C. A. H. (2018). *Costos del agua no contabilizada (ANC) en las diez (10) ciudades con mayor población urbana de Colombia*. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO.

- Gupta, S. P., Mahalwar, A., & Udaykumar, P. (2014). Analysis of different techniques for locating leaks in pipes in water distribution system using WSN. *2014 Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with their impact on Humanity (CIPECH)*, 173–177. <https://doi.org/10.1109/CIPECH.2014.7019082>
- Hunaidi, O., Wang, A., Bracken, M., Gambino, T., & Fricke, C. (2005). Detecting leaks in water distribution pipes. *Arab Water World*, 29(4), 52–55.
- Hunaidi, O., Wang, A., Bracken, M. R., Gambino, T. J., & Fricke, C. S. (2004). *1 Acoustic Methods for Locating Leaks in Municipal Water Pipe Networks*.
- Jiménez-Cabas, J., Romero-Fandiño, E., Torres, L., Sanjuan, M., & López-Estrada, F. R. (2018). Localization of leaks in water distribution networks using flow readings. *IFAC-PapersOnLine*, 51(24), 922–928.
- Lahlou, Z. M. (2001). Detección de fugas y control de pérdida de agua. *THE NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER*.
- Lee, P., Simpson, A., Lambert, M., Vítkovský, J., & Misiunas, D. (2003). Leak location in pipelines using transient reflection. *Submitted to ASCE*.
- Lockwood, A., Murray, T., Stuart, G., & Scudder, L. (2005). Locating leaks from water supply pipes using the passive acoustic method. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 54(8), 519–530.
- Makar, J. M., Desnoyers, R. J., & McDonald, S. E. (2001). *Failure modes and mechanisms in gray cast iron pipe*.
- Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico—RAS, Resolución 0330 (2017).
- Puust, R., Kapelan, Z., Savic, D. A., & Koppel, T. (2010). A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water Journal*, 7(1), 25–45.



- Ramírez Cardona, D. (2014). *IANC Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento*.
- sewerin. (2016). *VARIOTEC® 460 Tracergas*.
- Trifunovic, N. (2006). *Introduction to Urban Water Distribution: Unesco-IHE Lecture Note Series*. CRC Press.
- Vela, A., Martínez, F., García-Serra, J., & Pérez, R. (1994). Estrategias óptimas para la reducción de pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento. *Ingeniería del agua*, 1(1). <https://doi.org/10.4995/ia.1994.2630>
- World Water Council. (2009). *Istanbul Water Consensus For Local and Regional Authorities. Proceedings of the 5th World Water Forum*. 28.

**ANEXO A**  
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETECCIÓN DE EXFILTRACIONES



**NOTAS:**  
<sup>1</sup> La persona prestadora deberá establecer la meta de los índices ICUF e IPUF. Discriminadas para el sector residencial y no residencial.  
<sup>2</sup> La estimación de pérdidas comerciales no hace parte del alcance del presente trabajo de grado.  
<sup>3</sup> Se debe realizar trabajo de campo y oficina para una adecuada gestión de presiones.  
<sup>4</sup> Con base en el catastro de redes, la sectorización y la gestión de redes es posible pre-localizar las fugas. Con el fin de tener mayor precisión se pueden emplear correladores o modelos matemáticos.  
 \* El uso de la termografía está sujeto a la disponibilidad de recursos por parte de la empresa prestadora de servicios.

**ANEXO B**  
MANUALES DE EQUIPOS PARA LA DETECCIÓN DE EXFILTRACIONES



# Workswell WIRIS 2ª GEN

---

Ficha Técnica

---

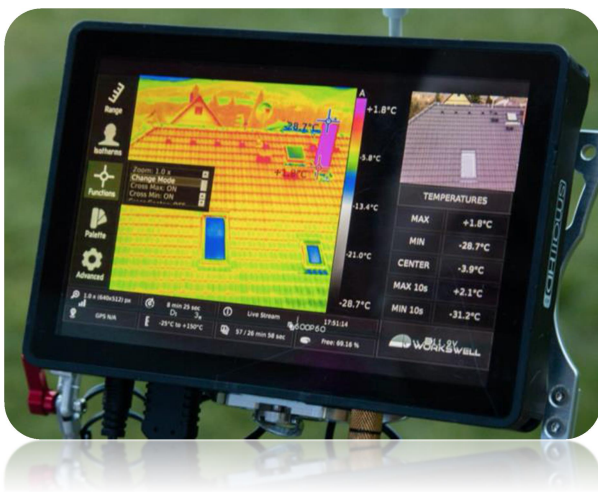
# Workswell WIRIS 2ª Generación

## Introducción

Workswell s.r.o. se complace en presentarles el nuevo sistema de imagen térmica, el Workswell WIRIS de 2ª Generación para sistemas aéreos no tripulados (UAV) o drones. Hemos ido más allá de los límites creando un sistema “todo en uno” que pesa aproximadamente 400 gr. Este equipo puede tener una resolución de hasta **640 x 512 píxeles** con una sensibilidad térmica de hasta 0,03°C y un **rango de temperatura de hasta 1500 °C**. El principal objetivo del sistema es realizar de manera simple la transferencia, almacenamiento y análisis en tiempo real de los datos radiométricos (temperatura) directamente del UAV (drone) y mostrar estos datos en el monitor del operador de vuelo en tiempo real. El sistema puede grabar de forma continua vídeos o imágenes radiométricas en su memoria interna de 32 GB que le permite guardar hasta 80.000 imágenes o 200 minutos de vídeo. Todos los datos se pueden analizar con el Software que se incluye en el paquete Workswell WIRIS. El piloto del UAV puede grabar, tomar imágenes e incluso controlar todo el menú de WIRIS con solo dos entradas digitales (PWM) o mediante SBUS.



Esta funcionalidad permite utilizar el WIRIS en innumerables aplicaciones: industria, agricultura, seguridad, etc. El equipo también ofrece una gran variedad de modos, paletas, alarmas de seguridad, análisis de máximos y mínimos y zoom digital continuo de hasta 16x. Además dispone tanto de visión en infrarrojos como de visión digital durante todo el vuelo, ya que dispone de una cámara digital integrada de alta resolución 1600 x 1200 px.



## Características

- Datos radiométricos (temperatura)
- Temperatura calibrada
- Resolución de hasta 640 x 512 píxeles
- Sensibilidad hasta <30mK (0.03°C)
- Zoom digital continuo 1- 16x
- Conectividad PWM, Sbus y CAN bus
- Análisis de temperatura en tiempo real
- Modo de alarma (seguridad)
- Grabación de imagen (radiométrica)
- Grabación de vídeo (radiométrico)
- Software gratuito Workswell CorePlayer
- Voltage de entrada de 7 – 28 V CC
- Bajo consumo < 4 W
- Peso 400 g

# Especificaciones técnicas WIRIS 2ª Generación

	Workswell WIRIS 2ª 640	Workswell WIRIS 2ª 336
<b>Cámara Termográfica</b>		
Resolución	640 x 512 pixeles	336 x 256 pixeles
Rangos de temperatura	-25°C a +150°C -40°C a +550°C Rango de temperatura opcional de +300°C a +1.500°C con filtro	
Sensibilidad térmica	0.05°C (50mK) 0.03°C (30mK) disponible bajo petición	
Precisión	±2% o ±2°C	
Rango Espectral	7.5 – 13.5 μm	
Calibración	Sí, el pack incluye el certificado de calibración	
Tipo de detector	Microbolómetro no refrigerado VOx	
Lentes	Intercambiables y enfocables, varios campos de visión	
Lentes disponibles	18°, 32°, 45°, 69°	17°, 25°, 35°, 45°
Enfoque	Manual (enfoque al infinito, distancia focal mínima según lente)	
Zoom digital	1 – 14x continuo	1 – 11x continuo
<b>Cámara Digital</b>		
Resolución	1 600 x 1 200 pixeles	
Enfoque	Fijo	
Zoom digital	1 – 16x continuo	
<b>Visualización en pantalla en tiempo real</b>		
Modos	Modo IR, Modo Cámara Digital	
Visualización multimodal (PiP)	Sí, ambos modos en pantalla al mismo tiempo	
Temp. Max/Min/Centro	Detección automática punto caliente y frío. Medida temp. en punto central.	
Rango de Temperatura	Automático o manual, ajustable mediante el controlador del UAV durante el vuelo	
Reloj en tiempo real	Mostrado en el monitor y guardado con cada imagen	
Tamaño de la memoria	Cálculo de la memoria disponible a bordo en tiempo real	
Zoom digital	Hasta 14x en cámara térmica, hasta 16x en cámara digital	
Tiempo para corrección de No-uniformidad (NUC)	Se puede establecer el intervalo de tiempo en que se realizará el NUC	
Información del GPS	Número de satélites, altitud, velocidad, posición GPS	
Idiomas	Inglés, Francés, Español, Aleman y Checo	

Control Remoto	
Entradas digitales	7 entradas digitales PWM para el control total del WIRIS durante el vuelo
Protocolo SBus	Soporta hasta 18 canales utilizando solamente un cable
Trigger PWM	Mediante servo conectores (PMW) vía controlador del UAV
Fuente alimentación PWM	Fuente alimentación integrada para transmisores RC (5 V)
Trigger externo (TTL Trigger)	Imágenes: se pueden guardar cada 500ms con trigger Vídeo: inicio o para de grabación con trigger
Salidas digitales	Trigger confirmación autopiloto y sincronización GPS
Menú de navegación completo	Con solo 2 entradas digitales (Arriba/Abajo - Ok/Cancelar vía controlador del UAV)
Grabación de imagen	Guardadas mediante PWM, SBus o trigger externo (TTL)
Grabación de vídeo	Se puede iniciar/parar mediante PWM, SBus o trigger externo (TTL)
Cambio modo visualización	Se puede cambiar mediante trigger a través de las entradas digitales
Control de paletas	Las 19 paletas se pueden cambiar a través del controlador del UAV durante el vuelo
Otras funciones controlables	Ajustes del rango de temperatura, Modo de Alarma (isotermas), análisis del punto Max/Min/Central, Zoom, captura de imagen, captura de vídeo, modos, etc.
Grabación de Datos y Memoria	
Memoria	Interna: 32 GB (hasta 80 000 imágenes o 200 minutos de video) Externa: grabación directa en pendrive USB
Grabación de imagen	Imagen radiométrica e imagen JPEG digital se puede guardar mediante trigger. Formato de imágenes radiométricas: JPEG o TIFF
Grabación de video	Grabación de vídeo radiométrico se puede iniciar/parar con trigger
Grabación periódica de imágenes	Sí, intervalo ajustable entre 1 y 60 s (IR y digital guardado con trigger)
Información ubicación GPS	Los datos GPS se almacenan en EXIF cuando se conecta un GPS externo.
Control remoto	Los datos se graban mediante PWM, SBus o trigger externo (TTL)
Gestión de archivos	Las imágenes y videos de cada vuelo se almacenan en carpetas separadas
Transferencia de archivos	Las carpetas seleccionadas se transfieren al disco flash USB
Funciones de medida	
Funciones de medida	Punto central, detección punto caliente/frío, detección picos Max/Min
Modo de alarma (isoterma)	Superior, Inferior, Intervalo, Superior & Inferior
Detección punto Caliente/Frío	Detección automática de puntos calientes y fríos con valores de Temperatura
Detección picos Max/Min	Intervalo de medición de 1 a 100s
Unidades de Temperatura	Celsius, Fahrenheit, Kelvin
Corrección de Emisividad	Ajustable directamente en la WIRIS o con el Software
Otras correcciones	Temperatura aparente reflejada y temperatura atmosférica

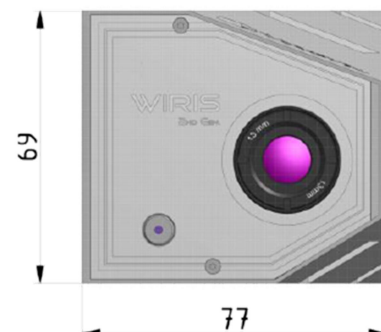
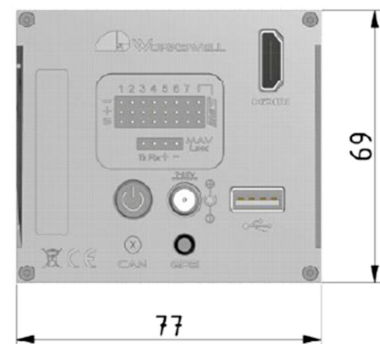
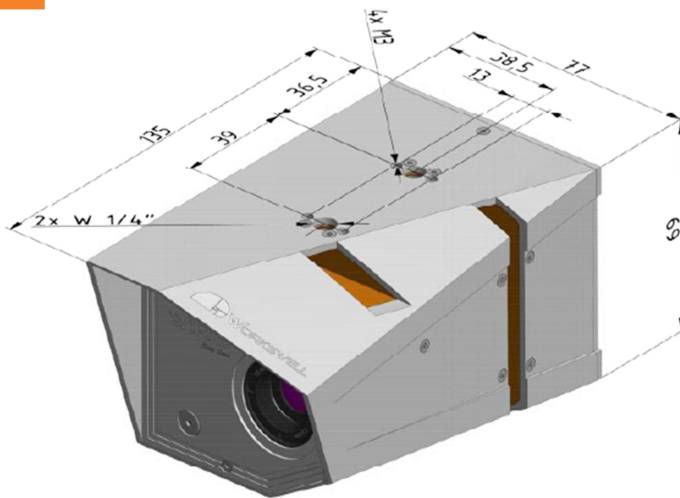


Software	
Workswell CorePlayer	Software de análisis de imágenes y vídeos
Workswell ThermoFormat	Útil para el tratamiento procesamiento masivo de imágenes IR
Salida de vídeo	
Interfaz	HDMI Estándar (digital)
Resolución	1280 x 720, 1024 x 768, 1024 x 600, 800 x 600 pixeles
Formato	16:9
Otra conectividad	
USB 2.0	Transferencia de datos y actualización del sistema a través de flash USB
GPS (10 Hz)	Protocolo NMEA, TTL 5V logic
GPS externo	El GPS se puede conectar mediante Mavlink o CAN bus
SBus	Soporta hasta 18 canales utilizando un único cable
CAN bus (bajo demanda)	Sí
Mavlink	Sí
Ethernet (bajo demanda)	TCP/IP control y streaming de datos
Fuente de alimentación	
Voltaje de alimentación	De 9 a 28 V CC
Energía disipada	< 8 W (máx. 9 W durante la calibración que dura aprox. 0.5 segundos)
Conector de alimentación	Coaxial 2.1 x 5.5 mm, clavija - GND
Dimensiones/Peso	
Dimensiones	135 x 77 x 69 mm
Peso	< 400 g
Montaje	4 x Rosca UNC 1/4-20 (2 en la parte inferior y 2 en superior)
Entorno operativo	
Temperatura operativa	De -15°C a +50°C
Temperatura de almacenamiento	Entre -30°C a +60°C
Humedad	De 5% a 95% sin condensación
Lista de contenido	
	WIRIS con la lente elegida, certificado de calibración, USB Flash drive de 32Gb, Cable HDMI, servo conectores (PWM), Cable de alimentación, Licencia Software CorePlayer, Caja de transporte rígida.

## Lentes

Resolución 640 x 512 pixeles	Campo de visión	Resolución espacial	Tamaño de píxel
Distancia focal 9 mm	FOV 69° x 56°	1.889 mrad a 1 metro	1.9 cm a 10 metros
Distancia focal 13 mm	FOV 45° x 37°	1.308 mrad a 1 metro	1.3 cm a 10 metros
Distancia focal 19 mm	FOV 32° x 26°	0.895 mrad a 1 metro	0.9 cm a 10 metros
Distancia focal 35 mm	FOV 18° x 14°	0.486 mrad a 1 metro	0.5 cm a 10 metros
Resolución 336 x 256 pixeles	Campo de visión	Resolución espacial	Tamaño de píxel
Distancia focal 6.8 mm	FOV 45° x 35°	2.5 mrad a 1 metro	2.5 cm a 10 metros
Distancia focal 9 mm	FOV 35° x 27°	1.889 mrad a 1 metro	1.9 cm a 10 metros
Distancia focal 13 mm	FOV 25° x 19°	1.308 mrad a 1 metro	1.3 cm a 10 metros
Distancia focal 19 mm	FOV 17° x 13°	0.895 mrad a 1 metro	0.9 cm a 10 metros

## Dimensiones WIRIS

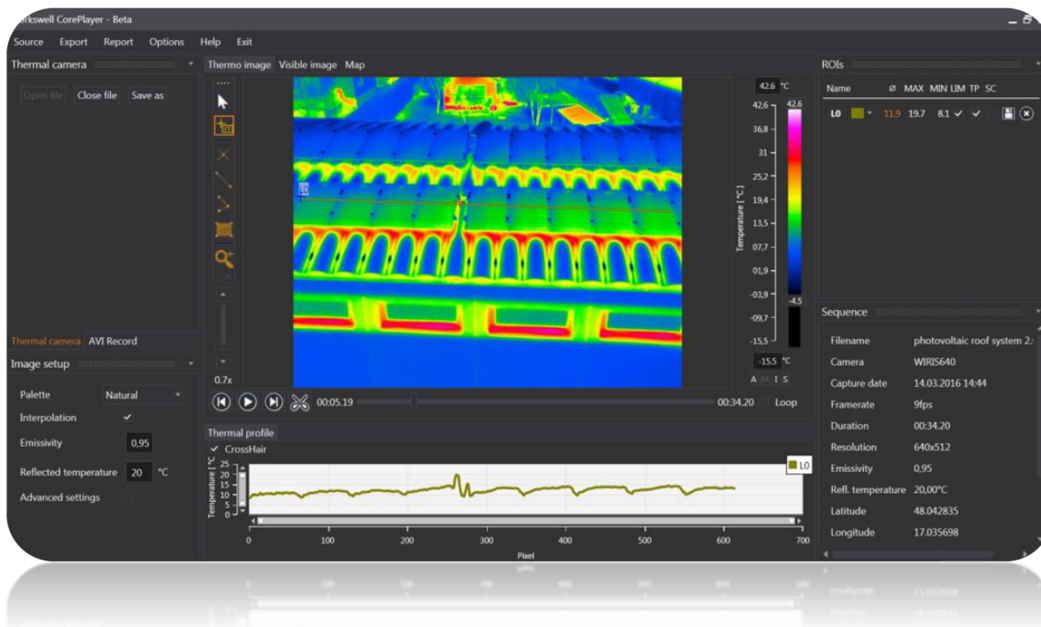


# Software CorePlayer y ThermoFormat

Incluso si inviertes muchas horas de vuelo con el sistema Workswell WIRIS, una porción significativa de tu trabajo se desarrollará delante de un PC en tu oficina, durante el análisis de los datos. Tus clientes y socios requerirán resultados o conclusiones acerca de tus medidas para poder proponer soluciones, ordenar rehabilitaciones o decidir el nivel de inversión.

## Workswell CorePlayer

- Ajustes de parámetros como la emisividad, la temperatura aparente reflejada y más.
- Edición de imágenes radiométricas (termografías) para ajustar el nivel y campo, cambiar la paleta, activar/desactivar el modo alarma o el zoom.
- Añadir herramientas de medida: puntos, líneas, polilíneas, rectángulos.
- Mostrar la información almacenada del GPS e incluso el trazado del GPS en un mapa real. En el caso del vídeo radiométrico para cada imagen individualmente.
- Creación de informes PDF de tus mediciones.
- Exportación de fotos de la cámara digital (JPG, PNG).
- Exportación de datos a Microsoft Excel (archivo CSV) o a una imagen PNG.
- Crear gráficos de tiempo desde un vídeo radiométrico (secuencia).
- Exportación de vídeos a formato AVI desde un vídeo radiométrico (secuencia).



## Workswell ThermoFormat

El Workswell ThermoFormat es útil para el procesamiento masivo de termografías (imágenes térmicas). Si deseas cambiar la paleta, la emisividad o el rango de temperatura en un gran número de termografías, entonces utiliza el Workswell ThermoFormat. El Workswell ThermoFormat también se utiliza para exportar imágenes con información GPS en la parte EXIF del archivo para la creación de modelos 3D a partir del conjunto de datos. Por ejemplo, se podría utilizar el software Pix4D.





## Contacto

**Distribuidor Oficial:**



Distribuidor Oficial · [www.apliter.com](http://www.apliter.com)

**Termografía Aplicada, S.L.**

**Teléfono:** +34 93 706 36 79

**E-mail:** [apliter@apliter.com](mailto:apliter@apliter.com)

**Web:** [www.wiris.apliter.com](http://www.wiris.apliter.com)  
[www.apliter.com](http://www.apliter.com)

# RD547

## A MODULAR TOOLKIT FOR WATER LEAK SPECIALISTS

### SUMMARY

The RD547 is a single control unit that enables the water leak specialist to use both acoustic and tracer gas methods for the location and pinpointing of leaks. Optional accessories allow the user to customise their tool kit to match their business needs. For example, adding a pulse wave generator enables the operator to conduct pipeline tracing on most pipe types including plastic. This modular approach provides a cost effective way for a water leak specialist to equip themselves to take on a wide scope of work.

### OVERVIEW

Leaks come in all shapes and sizes and their characteristics vary depending on the pipe material and surrounding geology. A water leak specialist requires multiple tools in their armoury to detect, locate and pinpoint leaks accurately. The greater precision of location, the less likelihood of unnecessary damage or destruction to property. With the RD547 only a single control unit is required, on to which a specialist can attach the most appropriate accessory for the task in hand. Three microphone types, (universal, ground and a test rod), along with extension tips, tripods and magnet allow the user to configure the optimum listening device. Additionally, filter settings on the panel can be customized to take environmental considerations such as background noise or pipe characteristics into account.

When tracer gas is a more effective option, a ground sensor for the detection of hydrogen can be attached. This combination of accessories and filters equips the water leak specialist with a flexible toolkit to tackle a broad range of leak types in a cost effective manner.



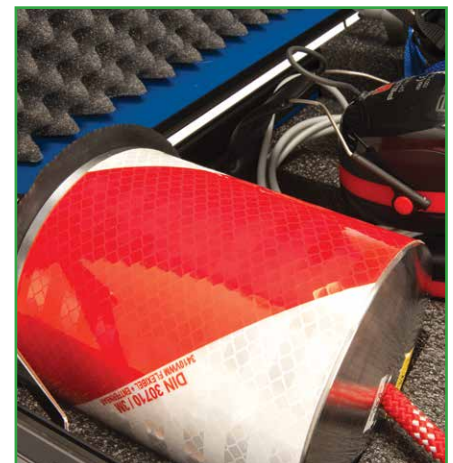
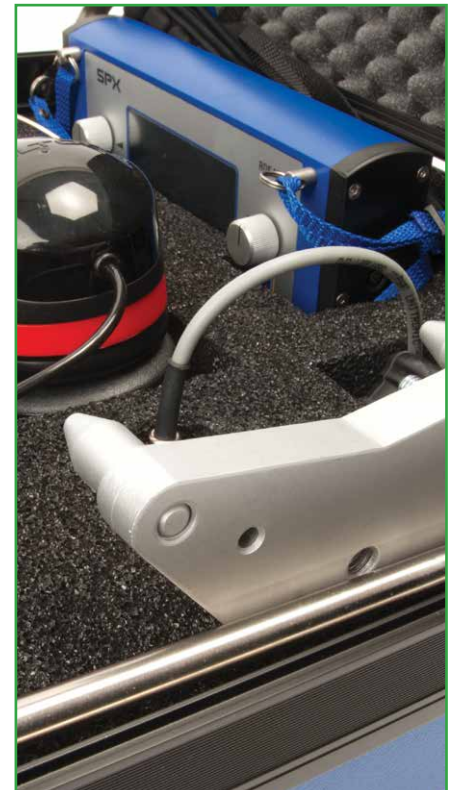
### PRODUCT FEATURES AND BENEFITS

FEATURE	BENEFIT:
Smart Mode	Greater confidence in the leak measurement as advanced signal processing is used to indicate if the sound heard is consistent with a leak.
Preset filters for fittings and ground measurements	Speed and accuracy of results are improved as measurements are focussed on leak specific sound frequencies.
User defined settings	Allows specialist to use site specific knowledge to refine results.
Long-term measurement	Measurements of up to one hour enable user to distinguish leaks from environmental noises such as pump or tap use.
PWG Mode	Allows detection of plastic pipes when used with a pulse wave generator.
LED backlight color display	Display is readable in daylight and colors aid clarity of results.
Results histogram	Clear visual representation of leak location. The higher the bars, the closer the leak.
Customizable hearing-protection headphones	4 safety levels allow the user to choose the appropriate level of protection for them.

RD547 CONTROL UNIT TECHNICAL DATA	
Operation modes	Acoustic leak detection (smart, geophone, long-term measurement), trace gas detection, and acoustic pipe location Measuring modes for minimum levels, average levels, pulse wave measurements
Measurement functions and device functions	Logging function, memory preference for manual filter settings, sound level overmodulation protection, trace gas detection with concentration-dependent signal (optic and acoustic)
Control	Via touch screen, buttons and dials
Amplification	120dB with low noise factor
Filter	Up to 256 freely selectable (for stick and ground microphones)
Display	Color LCD (automatic backlight), 480 x 272 pixels
Battery check	On screen
Warranty	24 months
Power	4 x batteries, type LR14 C, 1.5V
Battery life	Up to 14 hours in non-stop operation Up to 40 hours in normal operation
Connections	Bayonet (microphone / sensor) ¼" / 6.3mm phone jack (headphones)
Protection class	IP54
Housing	Aluminum, powder-coated
Temperature conditions	Operation: 23°F to 130°F / -5°C to +55°C Storage: -10°F to 150°F / -25°C to +65°C
Dimensions (approx.)	L 8¼" x W 6½" x H 2½" / L 210 x W160 x H 60 mm
Weight (approx.)	3lb 1oz / 1,400 g not including batteries

MICROPHONE TECHNICAL DATA	
Sensitivity	900 pC/g
Frequency range	Universal: 100 - 5000Hz Ground: 5 - 3000Hz (optimized for lower frequencies) Test rod: 100 - 5000Hz
Protection Class	Universal: IP68 Ground: IP54 Test rod sensor: IP54 Test rod extensions: IP68
Design	All microphones are piezo-ceramic sensors with the following features: Universal: Versatile microphone with a range of accessories including magnet, tripods and extension tips which can be used for fittings or ground measurements Ground: Optimized for outdoor ground use with wind protected mic and vibration Test rod: Optimized for fittings with extension tips, (up to 3' 7" / 110cm), for access
Temperature conditions	Operation: 14°F to 176°F / -10°C to +80°C Storage: -4°F to 212°F / -20°C to +100°C

HYDROGEN GROUND SENSOR TECHNICAL DATA	
Reaction sensitivity	1ppm H <sub>2</sub>
Measuring range	10ppm H <sub>2</sub> to 20,000ppm H <sub>2</sub>
Resolution	1ppm H <sub>2</sub>
Response time	0.5 seconds
Design	Ground sensor with two-part stick (length approx. 3¼ feet / 100cm) and rubber sleeve, connecting cable (length approx. 6½ feet / 200cm)
Temperature conditions	Operation: 14°F to 140°F / -10°C to +60°C Storage: -4°F to 140°F / -20°C to +60°C



**Radiodetection** 28 Tower Road, Raymond, Maine 04071, USA

Tel: +1 (207) 655 8525 Toll Free: +1 (877) 247 3797 Fax: +1 (207) 655 8535 rd.sales.us@spx.com

**Radiodetection Ltd. (UK)** Western Drive, Bristol BS14 0AF, UK Tel: +44 (0) 117 976 7776 Fax: +44 (0) 117 976 7775 rd.sales.uk@spx.com

To find your local office, please visit: [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

© 2014 Radiodetection Ltd. All rights reserved. Radiodetection is a subsidiary of SPX Corporation. SPX, the green ">" and "X" are trademarks of SPX Corporation, Inc. Radiodetection is a trademark of Radiodetection Ltd. Due to a policy of continued development, we reserve the right to alter or amend any published specification without notice. This document may not be copied, reproduced, transmitted, modified or used, in whole or in part, without the prior written consent of Radiodetection Ltd.

90/RD547\_DATA/ENG/01

**GUIDELINEGEO**

# MALÀ Easy Locator

**GROUND PENETRATING RADAR**

La elección profesional para el mapeo de utilidades



**Introduciendo**  
**Easy Locator**  
**Pro WideRange HDR**  
La antena GPR con el  
mayor ancho de banda  
del mercado

## ► GPR-Sistema diseñado para localizar utilidades

Los Easy Locators de MALÅ ofrecen una solución efectiva de principio a fin para la detección de utilidades e interferencias. Son sistemas GPR robustos y plegables con unas excepcionales capacidades a la hora de adquirir e interpretar datos. Resultados en minutos, in situ, y precisos.

Ahora presentando un producto único la familia de Easy Locators, el Easy Locator Pro WideRange HDR, con la antena de mayor ancho de banda del Mercado para la detección de utilidades e interferencias subsuperficiales. Permite una adquisición ultra veloz de datos con alta calidad de resolución para objetivos a distintas profundidades, todo en un solo equipo.

La familia de productos EL ofrecen mucha variabilidad en funciones, desde lo mas simple a lo mas avanzado, en todos respetando la calidad y facilidad de uso. ObjectMapper 2.0 también se ofrece junto con EL Pro WideRange HDR, un software con una interfaz de usuario mejorada y soporte de mapas online.

Las interferencias causadas por la presencia de cañerías ó cables en el subsuelo son elementos que para poder protegerlos previo a trabajar en esa zona, se debe contar con un método confiable para su localización precisa.

Los sistemas GPR son tecnologías de detección NO-invasivas para detectar utilidades metálicas como no metálicas. Diseñado con una interfaz del usuario simple, de un solo botón de navegación en giro y empuje.

La tecnología de muestreo en tiempo real de MALÅ HDR ofrece una más alta resolución de datos y con mejor penetración en subsuelo en comparación con los GPR tradicionales.

La tecnología MALÅ HDR reduce el ruido, proporcionando datos más limpios y claros.

Los equipos MALÅ Easy Locators están protegidos por una carcasa robusta de alta calidad, que soporta condiciones duras de ambiente y transporte. Están diseñados para caber en espacios reducidos como un maletero de un automóvil.

El Pro Cart, rediseñado y mejorado notablemente, permite mejorar la estabilidad y el plegado para el transporte, reduciendo de esta manera el tiempo operativo.

### Tecnología HDR

- ▷ Adquisición de datos más rápido
- ▷ Mejor relación Señal/Ruido
- ▷ Mayor ancho de banda
- ▷ Rango dinámico y mejor resolución
- ▷ Mayor número de bits
- ▷ Mayor penetración
- ▷ Mejores capacidades de detección



*Los equipos son plegables y están diseñados para caber en el maletero de un automóvil*



# MALÅ Easy Locator Pro WideRange HDR

## Adquisición de datos ultra rápida para objetivos superficiales y profundos.

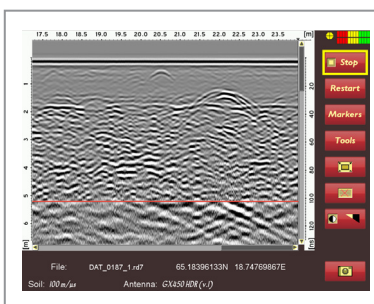
MALÅ Easy Locator Pro WideRange HDR es la nueva opción de antena para Easy Locator Pro y ofrece el ancho de banda más amplio del mercado (80-950 MHz). Por la tanto, la antena es adecuada tanto para estudios superficiales de alta resolución como para investigaciones más profundas. Los ingenieros de MALÅ han hecho todo lo posible para mantener la simplicidad de la interfaz de usuario simple, obteniendo un fácil acceso a los beneficios de la nueva antena.

La pantalla de alta resolución presentará los datos de WideRange con un divisor horizontal móvil en el centro de la pantalla. Al mover el divisor (hacia arriba o hacia abajo), el usuario podrá ver más (o menos) de la alta resolución o de los datos de penetración profunda, respectivamente.

El EL Pro Cart rediseñado ha mejorado la estabilidad, la mecánica de plegado y un codificador completamente encapsulado montado en el eje de la rueda. El nuevo compartimento de la batería está completamente rediseñado mecánicamente, lo que permite un manejo mucho más suave y más espacio en la batería.

EL HDR WideRange se ofrece con el software MALÅ ObjectMapper 2.0. ObjectMapper es un software fácil de usar y orientado para profesionales dedicados a la detección de utilidades. La nueva versión 2.0 incluye una interfaz mejorada e intuitiva y soporte para mapas online.

Los mapas de fondo se manejan por ej. de Google Maps, OpenStreet map u Open Aerial. El Nuevo software también ofrece exportación DXF mejorada, funcionalidad incorporada de GPS Mapper y exportación a archivos KMZ.



Divisor horizontal móvil El usuario controla la visión moviendo un divisor arriba y abajo.

### Características

- ▷ Ancho de banda efectivo: 80-950 MHz, sin puntos ciegos”
- ▷ Datos de alta resolución y profunda
- ▷ Vista de datos alternativa: mas datos de alta resoluçi
- ▷ Pro Cart con estabilidad mejorada, mecánica de plegado, compartimento de la batería, opciones de neumáticos
- ▷ Soporte de mapas online
- ▷ Interfaz mejorada e intuitiva
- ▷ Funcionalidades de exportación mejoradas



# MALÅ Easy Locator Pro HDR

El equipo MALÅ Easy Locator Pro HDR (EL Pro HDR), es la tercera generación con características adicionales para profesionales de servicios públicos y detección de interferencias.

Permite exportación de datos de 32 bits para procesamiento y visualización.

MALÅ EL Pro HDR es capaz de realizar grillas compatibles con Objet mapper.

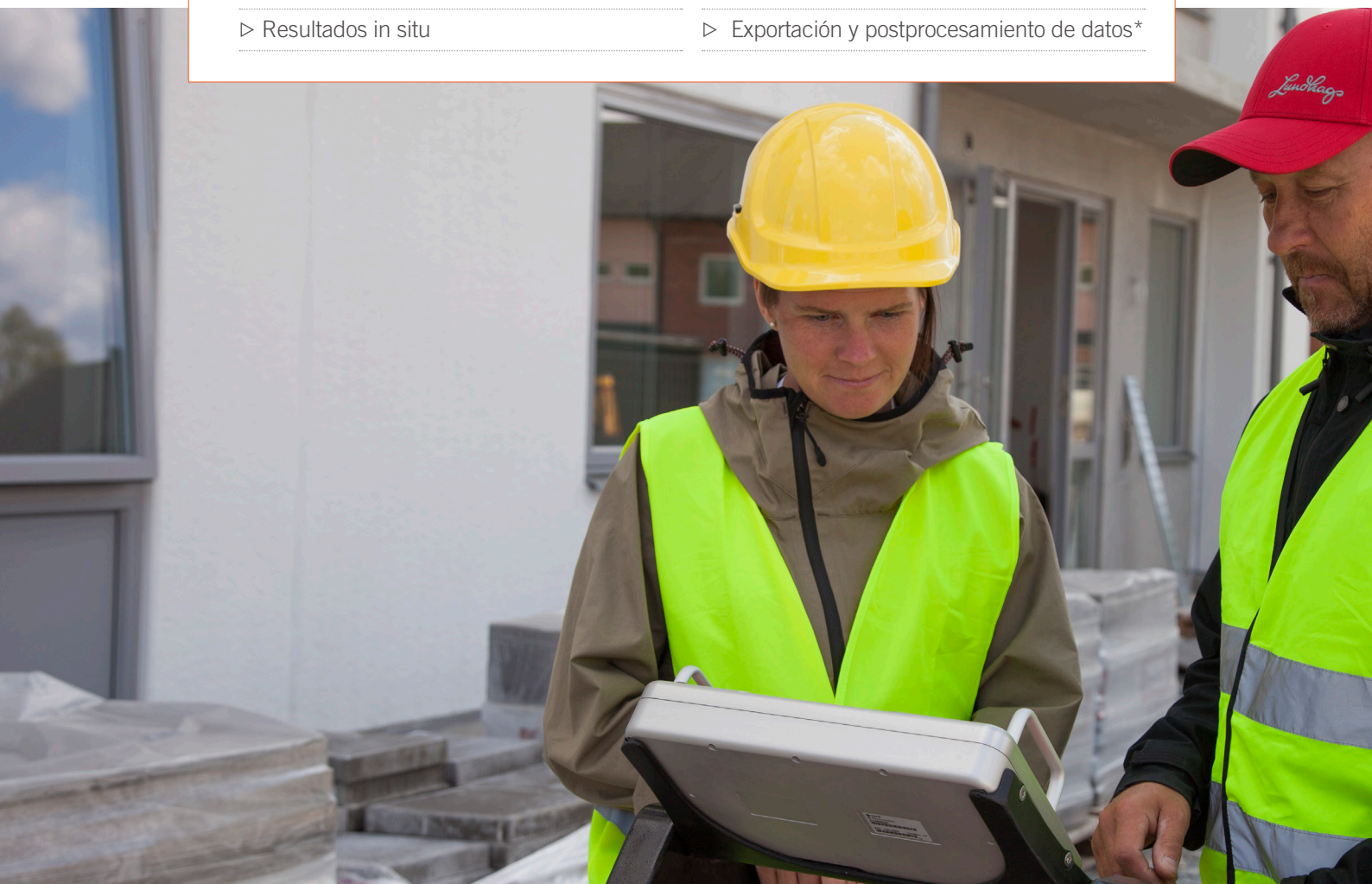
El Sistema DGPS (SBAS) para posicionamiento, admite posicionamiento mejorado a través de varios sistemas autónomos de GPS de alta precisión.



\* SOLO EN 'MALÅ EASY LOCATOR PRO'

## Características

- ▷ Todo en uno plegable fácil de usar
- ▷ Calidad de datos excepcional
- ▷ Inicio en minutos
- ▷ Resultados in situ
- ▷ Excepcionales capacidades de detección
- ▷ Adquisición de datos veloz
- ▷ DGPS incorporado para posicionamiento\*
- ▷ Exportación y postprocesamiento de datos\*



# MALÅ Easy Locator HDR

MALÅ Easy Locator, el EL de segunda generación, es un sistema compacto y efectivo entregando resultados directamente en el campo.

El sistema tiene un cursor de respaldo para una rápida y marcador de utilidades precisa y múltiple gestión de la batería, que permite hasta 14 horas de tiempo de funcionamiento continuo.



## Carro para terreno irregular

La antena, la unidad de control y el monitor MALÅ Easy Locator también se pueden montar en el carro de terreno irregular (RAL) MALÅ, lo que aumenta las capacidades operativas en terrenos más accidentados.



CARRO OPCIONAL PARA TERRENO IRREGULAR



# MALÅ Easy Locator

La elección profesional para el mapeo de utilidades

La serie Easy Locator ofrece GPR plegable todo en uno son sistemas especialmente diseñados para ubicación de la utilidad. Con tecnología HDR única, los EASY LOCATOR de MALÅ brindan nivel incomparable de calidad de datos, y capacidades de detección excepcionales. Sistema GPR fácil de usar, eficiente y robusto, que ofrece resultados en minutos, directamente en el sitio de adquisición.



**ABEM | MALÅ** Marcas líderes mundiales

*Guideline Geo es el líder mundial en la geofísica y la geo-tecnología ofreciendo sensores, software, servicios y apoyo necesarios para trazar un mapa y visualizar el subsuelo. Guideline Geo opera en cuatro áreas de mercado internacionales: Infraestructura - examen en la puesta en marcha y mantenimiento de infraestructura, Medio ambiente - mapeo de los riesgos ambientales y geológicos, Agua - mapeo y estudio de los suministros de agua y Minerales exploración eficiente. Nuestras oficinas y socios regionales prestan servicios a clientes en 121 países. Guideline Geo (GGEO) aparece en NGM Equity.*

**GUIDELINE**

**GUIDELINE GEO**  
Löfströms Allé 6A  
SE-172 66 Sundbyberg, Sweden  
Tel: +46 8 557 613 00  
info@guidelinegeo.com  
www.guidelinegeo.com

**MALÅ GEOSCIENCE**  
Skolgatan 11  
SE-939 31 Malå, Sweden  
Tel: +46 953 345 50  
sales@guidelinegeo.com  
www.guidelinegeo.com

**ABEM INSTRUMENT**  
Löfströms Allé 6A  
SE-172 66 Sundbyberg, Sweden  
Tel: +46 8 564 883 00  
sales@guidelinegeo.com  
www.guidelinegeo.com

**MALÅ GEOSCIENCE AMERICAS INC.**  
465 Deanna Lane  
Charleston 29492, USA  
Tel: +1 843 852 5021  
sales@guidelinegeo.com  
www.guidelinegeo.com

RADIODETECTION®

# Radars de penetración terrestre RD1100™ y RD1500™

Una gama completa de radares de ubicación de servicios públicos



SPX®

# Radars de penetración terrestre RD1100 y RD1500 de Radiodetection

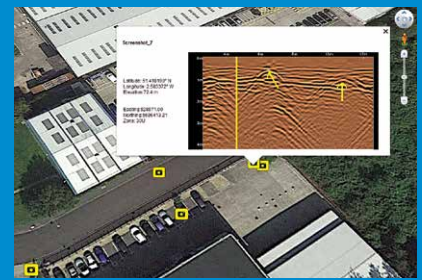
Herramientas innovadoras para encontrar servicios públicos enterrados



**RD1100** ofrece a los profesionales encargados de la ubicación de servicios, inspectores y a otros usuarios la herramienta que necesitan para localizar y marcar la posición de todo tipo de cables y tuberías, incluyendo las de plástico y cerámica. Posee integrada como estándar la habilidad de realizar capturas de pantalla que se almacenan en la memoria interna para enviarlas por correo electrónico de forma inmediata a través de una red Wi-Fi o exportarlas posteriormente a una memoria extraíble USB. El posicionamiento GPS se captura para la integración con Google Earth™.

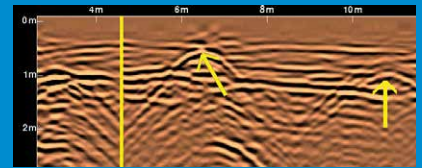
**RD1500** lleva la ubicación de servicios al siguiente nivel al ofrecerle a los usuarios cortes de profundidad de fácil interpretación, así como visualizaciones de líneas tradicionales.

Uso de la tecnología patentada **FrequenSee™** para destacar servicios enterrados de tamaño pequeño y en niveles superficiales o de gran tamaño y a grandes profundidades. Mejore el RD1500 con software para exportar los datos del GPR y realizar análisis detallados y con un GPS externo para una mayor precisión de posición.



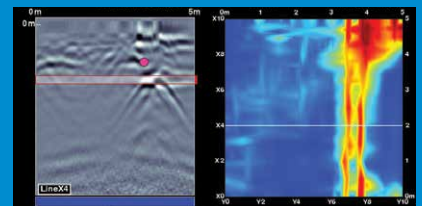
## Datos geo-referenciados

Muestre la posición de sus inspecciones en Google Earth™ y en otros programas de geo-referencia.



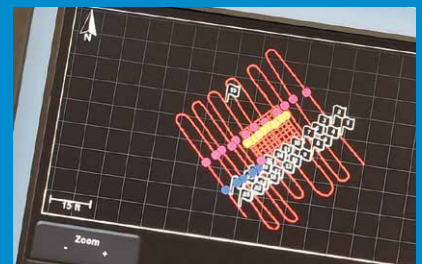
## Capturas de pantalla

Añada marcadores mediante la pantalla táctil para resaltar características de interés.



## Cortes de profundidad (RD1500)

Visualice cortes horizontales a diferentes profundidades para mostrar cables, tuberías y otros servicios con una claridad sin precedentes.



## Visualización de mapas en el sitio (RD1500)

Vea sus características identificadas en una visualización de mapa mediante el GPS externo opcional.

# Informes avanzados con el software para PC de análisis de datos del RD1500

El RD1500 Enhancement Package incluye la solución de software completa para PC EKKO\_Project para el análisis y gestión de datos, que le permite:

- **Hacer cortes** a través de los datos de profundidad en su computadora
- **Generar** informes en PDF que incluyen imágenes, capturas de pantalla y fotos junto con su texto y el logo de su compañía
- **Exportar** los datos en formatos como CSV, SEG-Y, etc.

En Utility Suite están disponibles 3 módulos adicionales que se suman al Enhancement Package para niveles de análisis aún mayores:

- **LineView** modifica y muestra las líneas GPR
- **SliceView** procesa y muestra celdas de datos y puede mostrar datos de visualización 3D y de programas de software de geo-referencia
- **Interpretación** para agregar puntos, múltiples líneas, cuadros e interpretaciones de anotaciones a líneas del GPR en el tratamiento posterior

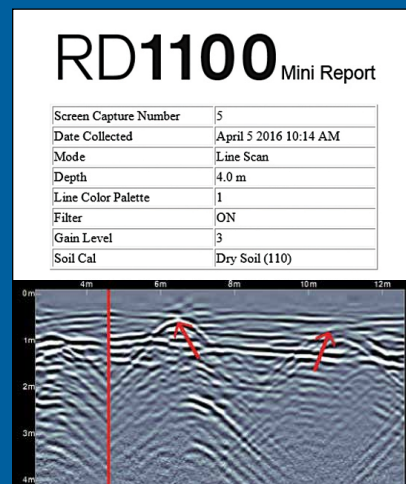
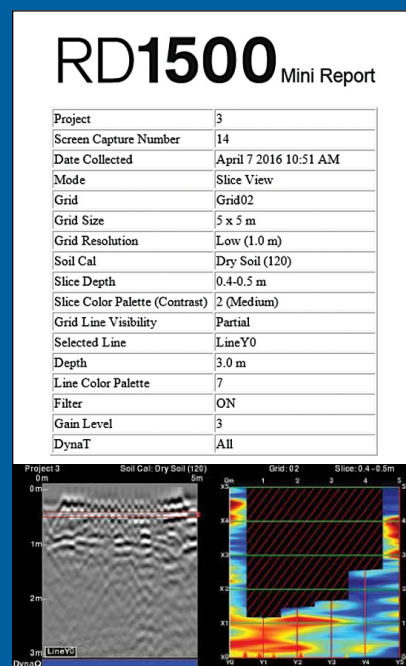
## Tabla de especificaciones

	<b>RD1100 y RD1500</b>	<b>Opciones y comentarios</b>
Frecuencia del sensor	250 MHz banda ultra-ancha	<b>RD1500:</b> Incluye FrequenSee
Mejora de señal	DynaQ (optimiza la calidad de los datos con velocidad de transporte). Filtrado espacial.	
Análisis de datos	Análisis en el campo	<b>RD1500:</b> Análisis del tratamiento posterior con EKKO_Project y Utility Suite (opcional)
Pantalla táctil	Tamaño: 21 cm (8") diagonal	<b>Mejoras:</b> Paquete de unidad de visualización mejorada
Potencia	Consumo: 1,25 A a 12 V Batería: 12 V, 9 Ah ácido de plomo	Duración normal de la batería 4-6 horas
Intervalo espacial	5 cm (2")	
Alcance de profundidad	Hasta 8 m (27') máximo	Depende de las condiciones del terreno
Escala de profundidad de visualización	1 m-8 m (3'-30')	
Idiomas	Íconos no lingüísticos, inglés, español, francés y alemán	
Dimensiones (alto x ancho x profundidad)	100 x 70 x 115 cm (39,4 x 27,6 x 45,3")	
Peso	22 kg (48 lb)	
Rango de temperatura de funcionamiento	Monitor: -10 °C a +50 °C (14 °F a +122 °F) Sensor: -40 °C a +50 °C (-40 °F a 122 °F)	
Protección ambiental	IP65	
Cumplimiento de estándares	CE, FCC, ETSI, Industry Canada	
Garantía estándar	1 año	



## Correo electrónico instantáneo

Genere y envíe informes breves desde el lugar de inspección conectándose a una red Wi-Fi o usando su teléfono como punto de acceso. Información instantánea, mayor productividad.



# Accesorios del sistema de GPR

Una completa gama de accesorios complementan el RD1100 y el RD1500 para ampliar su rango de aplicación y ofrecer protección adicional durante el transporte.

Los diseños modulares de los productos también permiten el reemplazo de distintos componentes clave sin necesidad de usar herramientas especiales.

## Juegos de ruedas

Juego de ruedas grandes para carros GPR  
Nro. de parte: 10/GPRLGWHEELS



Juego de 4 ruedas para el GPR  
Nro. de parte: 10/GPRWHEELSET  
1 rueda de GPR  
Nro. de parte: 10/GPRWHEEL



## Opciones de transporte

Carcasa rígida para el monitor del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRDISPLAYCASE



Funda blanda para el monitor del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRDISPBAG

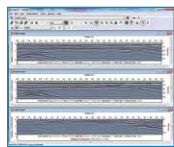


Carcasa de vuelo para el sistema de GPR  
Nro. de parte: 10/GPRFLIGHTCASE

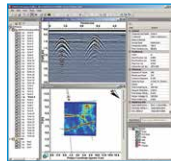


## Software

Actualización de mejoras para el RD1500  
Nro. de parte: 10/RD1500EUPGRADE



Software de análisis Utility Suite para el RD1500  
Nro. de parte: 10/UTILITY\_SUITE



## Piezas de repuesto

Conjunto de ensamble del sensor del RD1100  
Nro. de parte: 10/RD1100SENSOR

Conjunto de sensor del RD1500  
Nro. de parte: 10/RD1500SENSOR



Reemplazo para la Almohadilla de deslizamiento del sensor  
Nro. de parte: 10/GPRSKIDPAD



Monitor del RD1100  
Nro. de parte: 10/RD1100DISPLAY



Monitor del RD1500  
Nro. de parte: 10/RD1500DISPLAY



Conjunto de montaje del monitor  
Nro. de parte: 10/GPRMOUNT



Agarradera del carro GPR RD1100  
Nro. de parte: 10/RD1100HANDLE



Agarradera del carro GPR RD1500  
Nro. de parte: 10/RD1500HANDLE



Conjunto inferior de ensamble del carro GPR (sin ruedas)  
Nro. de parte: 10/GPRCART



Paquete de baterías de repuesto del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRBATTERY



Cargador de batería 100 V-240 V para uso universal  
Nro. de parte: 10/GPRCHARGE



Cables de alimentación del cargador de baterías  
Números de parte:  
Para EE. UU. y Canadá: 04/MC-1020  
Para Europa: 04/MC-3020  
Para el Reino Unido: 04/MC-5020  
Para Australia: 17/GP3071-C13-25-BK-10A-I



Cable de la batería del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRBATTCCABLE



Cable de conexión del monitor al sensor  
Nro. de parte: 10/GPRDISPCABLE



Conjunto y cable del cuentakilómetros del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRODOMETER



Correa para la batería  
Nro. de parte: 10/GPRBATTSTRAP



Correa de apoyo para el sensor de 13" del GPR  
Nro. de parte: 10/GPRSTRAP



Pasador de la agarradera del GPR x 2  
Nro. de parte: 10/GPRPIN



Paquete de GPS para el RD1500  
Nro. de parte: 10/RD1500GPSPACKAGE





Pantalla táctil de alta resolución

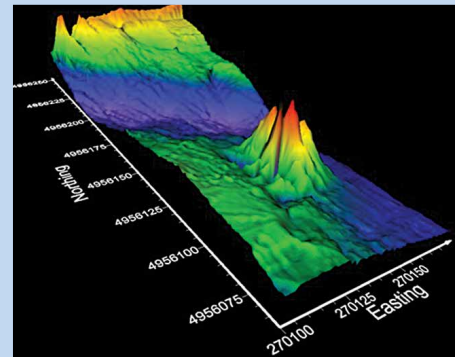
Transferencia de datos mediante Wi-Fi y USB. GPS integrado

Opción de GPS externo para el modelo RD1500

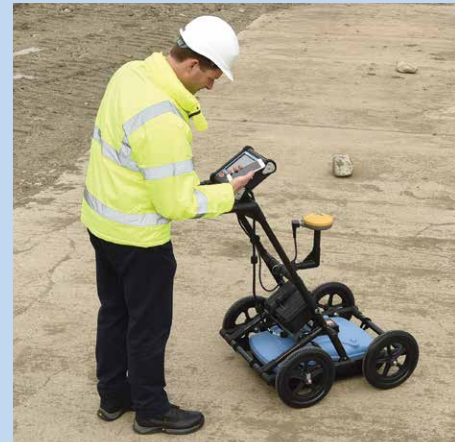
Batería

Sistema de antena optimizado para la ubicación de servicios públicos subterráneos. La versión RD1500 incluye FrequenSee™

Cuentakilómetros



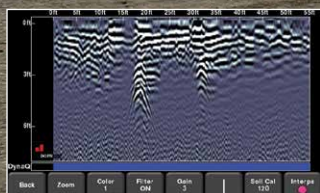
Exportación de datos en 3D mediante Utility Suite



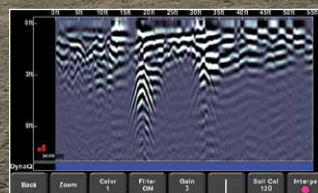
## FrequenSee™

Permite al usuario seleccionar las partes bajas, medias y altas del espectro de frecuencia, lo que proporciona los beneficios de usar varias antenas, mientras mantiene la calidad de un sistema de una sola antena.

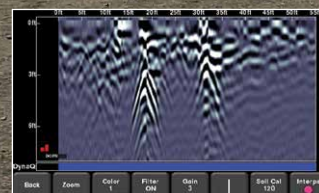
FrequenSee explota el amplio ancho de banda de la antena RD1500 realizando selectivamente los objetivos pequeños y superficiales, de tamaño mediano y a profundidades medias o de gran tamaño y a grandes profundidades. ¡O todos a la vez!



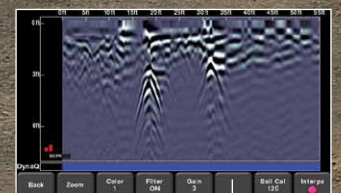
Pequeño



Mediano



Grande



Todos

## Oficinas globales

### Radiodetection (Estados Unidos)

28 Tower Road, Raymond, Maine 04071, Estados Unidos

Tel.: +1 (207) 655 8525 Línea gratuita: +1 (877) 247 3797 [rd.sales.us@spx.com](mailto:rd.sales.us@spx.com) [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

### Pearpoint (Estados Unidos)

39-740 Garand Lane, Unit B, Palm Desert, CA 92211, Estados Unidos

Tel.: +1 800 688 8094 Tel.: +1 760 343 7350 [pearpoint.sales.us@spx.com](mailto:pearpoint.sales.us@spx.com) [www.pearpoint.com.com](http://www.pearpoint.com.com)

### Radiodetection (Canadá)

344 Edgeley Boulevard, Unit 34, Concord, Ontario L4K 4B7, Canadá

Tel.: +1 (905) 660 9995 Línea gratuita: +1 (800) 665 7953 [rd.sales.ca@spx.com](mailto:rd.sales.ca@spx.com) [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

### Radiodetection Ltd. (Reino Unido)

Western Drive, Bristol, BS14 0AF, Reino Unido

Tel.: +44 (0) 117 976 7776 [rd.sales.uk@spx.com](mailto:rd.sales.uk@spx.com) [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

### Radiodetection (Francia)

13 Grande Rue, 76220, Neuf Marché, Francia

Tel.: +33 (0) 2 32 89 93 60 [rd.sales.fr@spx.com](mailto:rd.sales.fr@spx.com) <http://fr.radiodetection.com>

### Radiodetection (Benelux)

Industriestraat 11, 7041 GD 's-Heerenberg, Países Bajos

Tel.: +31 (0) 314 66 47 00 [rd.sales.nl@spx.com](mailto:rd.sales.nl@spx.com) <http://nl.radiodetection.com>

### Radiodetection (Alemania)

Groendahlscher Weg 118, 46446 Emmerich am Rhein, Alemania

Tel.: +49 (0) 28 51 92 37 20 [rd.sales.de@spx.com](mailto:rd.sales.de@spx.com) <http://de.radiodetection.com>

### Radiodetection (Asia-Pacífico)

Room 708, CC Wu Building, 302-308 Hennessy Road, Wan Chai, Hong Kong SAR, China

Tel.: +852 2110 8160 [rd.sales.asiapacific@spx.com](mailto:rd.sales.asiapacific@spx.com) [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

### Radiodetection (China)

Ming Hao Building D304, No. 13 Fuqian Avenue, Tianzhu Town, Shunyi District, Beijing 101312, China

Tel.: +86 (0) 10 8416-3372 [rd.service.cn@spx.com](mailto:rd.service.cn@spx.com) <http://cn.radiodetection.com>

### Radiodetection (Australia)

Unit H1, 101 Rookwood Road, Yagoona NSW 2199, Australia

Tel.: +61 (0) 2 9707 3222 [rd.sales.au@spx.com](mailto:rd.sales.au@spx.com) [www.radiodetection.com](http://www.radiodetection.com)

Radiodetection es líder mundial en el suministro y desarrollo de equipos de pruebas utilizados por empresas de servicios para ayudar a instalar, proteger y mantener sus redes de infraestructura.

# Hykron

## Sistema de escucha de pérdidas

**Hykron** es un sistema de escucha de pérdidas fácil de utilizar con una sensibilidad acústica muy elevada. Es ideal para la escucha directa de pérdidas en empalmes de agua disponibles y para utilizar como micrófono de suelo.

### Características

- Elevada sensibilidad acústica
- Funcionamiento sencillo
- Estructura duradera
- Pila alcalina con sustitución sencilla in situ
- Bajo coste

### Funcionamiento

El ruido de pérdida se desplaza a través del agua y puede ser detectado escuchando en válvulas, hidrantes o cualquier empalme disponible en la tubería. **Hykron** detecta el ruido de pérdida por medio de su sensor de alta sensibilidad para escuchar a través de los auriculares. Funciona con variedad de varillas de extensión o con escucha de suelo.

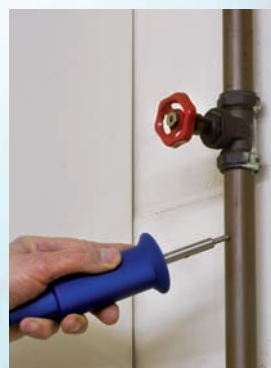
### Especificación

Sensor	Acelerómetro piezoeléctrico
Rango de frecuencia	30 – 5.000 Hz
Amplificador de cinta	Pulsar para escuchar / control de volumen
Pila	Pila alcalina 9V sustituible
Vida operativa	60 horas de uso continuo
Protección	IP54
Auriculares	Ligeros, de alto rendimiento



### Componentes del sistema

- Sensor manual
- Amplificador (con sujeción de cinta)
- Varillas de extensión (3 piezas)
- Sujeción con imán
- Auriculares de alta calidad
- Funda de transporte
- Trípode de suelo (opcional)



### Número de pieza

Hykron - para escucha directa	GXG 777
Hykron - con trípode de suelo	GXG 778

*Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso*

 **Primayer**

AQUA TECHNOLOGY SOLUTIONS

### Primayer Limited

Primayer House, Parklands Business Park  
Denmead, Hampshire PO7 6XP, Reino Unido  
Tel: +44 (0)2392 252228 Fax: +44 (0)2392 252235  
Email: sales@primayer.com Internet: www.primayer.com

Primayer



## Flexible technology for acoustic leak location

**Mikron3** is designed for optimum leak pinpointing and confirmation. The combination of advanced sensors with low-noise processing electronics gives excellent acoustic performance. With its choice of sensors and processors, **Mikron3** is a flexible operational tool.

### Benefits

- High quality piezo sensors for optimum sound quality
- Sensor gain control for quiet leaks
- Wireless sensor communications for reduced airborne noise pick-up
- Dynamic listen control
- Listening rod and ground microphone sensors
- Choice of three processors;
  - Mini
  - Pro
  - PrimeTouch App
- In-case battery charging

### Acoustic leak location principle

Water escaping from pressurised pipes generates a noise which is propagated through the water and pipe material. This noise can be detected at available fittings such as valves and hydrants. The noise also travels directly from the leak through the ground to the surface where it is detected by the ground microphone.

### Leak pre-location

The Listening Rod is placed upon available pipe fittings such as valves or hydrants. Comparison of the noise levels indicates which section of pipe includes the leak. The Listening Rod has an ergonomic design that is balanced and comfortable to hold. It also has LED lights to help find fittings in deep chambers.

### Pinpointing/confirming the leak position

The high sensitivity ground microphone is for use on flat surfaces above the suspected leak position. The rubber cushioned housing is decoupled from the advanced piezo sensing element providing excellent isolation from airborne noises. A tripod adaptor can be fitted for use on rough surfaces and softer ground.





**Mikron3 Processor options for maximum flexibility**

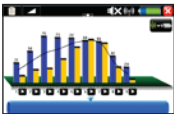


**Mini.** This is a small and simple-to-use device suitable for clipping onto the operator's belt.



**Pro.** This unit displays the Minimum Noise Level which is the background noise level without transient noises such as road traffic. A bar graph allows the operator to see the position of maximum

leak noise. Filters allow for background noise suppression. A sound logging mode displays the noise level whilst valves are closed to isolate potential leaking pipes.



**PrimeTouch App.** The Mikron3 is available as an App on PrimeTouch which optionally also hosts the Eureka3 leak noise correlator. This option provides many technology features including

Minimum Noise Level and frequency level display to aid accurate leak location together with an audio recording feature for later analysis. It also has a pipe tracing mode. Further information on this App is available.

**Dynamic Listen Control**

The *Dynamic Listen Control* continuously monitors the detected noise level. If the noise level changes rapidly, for example due to traffic noise, then the sound to the operator headphones is switched off. When the source of louder noise disappears, the *Dynamic Listen Control* automatically reconnects sound to the headphones. This control both protects the operators hearing and is an automatic 'press-to-listen' feature.



**System components**



Model	Alpha	Gamma	Alpha+Gamma	Options
<b>Systems – add Processor from options</b>				<b>Processor</b>
Listening Rod + extensions	●		●	Mini
Ground Microphone + tripod		●	●	Pro
Headphones	●	●	●	PrimeTouch
Mains charger + vehicle charge cable	●	●	●	<b>Sensor</b>
Transport case	●	●	●	Accelerometer

**Products**

Mikron3 Alpha	GXG-792
Mikron3 Gamma	GXG-793
Mikron3 Alpha+Gamma	GXG-794
Mini	GXG-783
Pro	GXG-784
PrimeTouch	CXG 950
Accelerometer	CXG 352



**Primayer Limited**

Primayer House, Parklands Business Park  
Denmead, Hampshire PO7 6XP, United Kingdom  
T +44 (0)2392 252228 F +44 (0)2392 252235  
E sales@primayer.com  
www.primayer.com



# Leak location App's on *PrimeTouch*<sup>®</sup>

## Eureka<sup>3</sup>

Real-time correlation for leak pinpointing

## Enigma

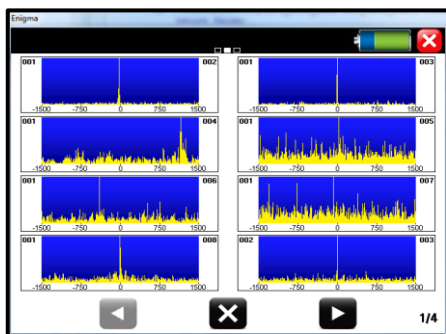
Off-line multiple sensor correlation for optimum performance or pipe access difficult

## Mikron<sup>3</sup>

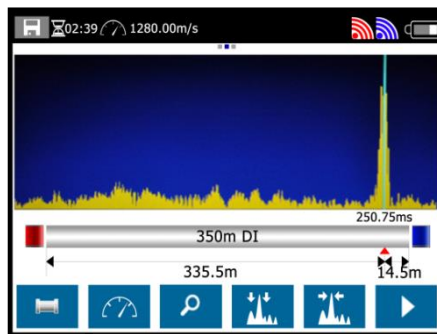
Leak confirmation using sensitive ground microphone

### PrimeTouch Features

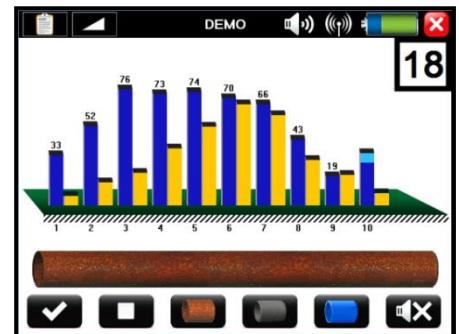
- High definition colour touch screen for operation in sunlight
- Large virtual buttons for use when gloves are worn
- Interactive 'screen swipe'
- Street working friendly
- GPS leak locations saved
- Includes 'Training App'



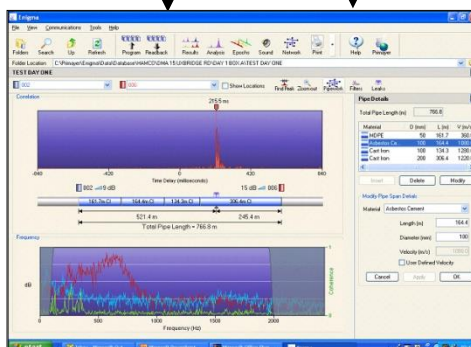
Enigma



Eureka<sup>3</sup>



Mikron<sup>3</sup>



### Correlation post-processing using powerful Enigma PC software

- Advanced filtering and coherence functions
- Auto velocity determination
- Entry of detailed pipe schematics



### Primayer Limited

Primayer House, Parklands Business Park  
Denmead, Hampshire PO7 6XP, United Kingdom  
T +44 (0)2392 252228 F +44 (0)2392 252235  
E sales@primayer.com  
www.primayer.com



## AQUAPHON® A 50

Acceso asequible a la localización de fugas de agua con un desempeño electroacústico profesional compacto – preparado – eficiente



# AQUAPHON® A 50: compacto – preparado – eficiente

El sistema AQUAPHON® se ha desarrollado para la localización electroacústica y profesional de fugas de agua. Junto con sus diferentes micrófonos, el receptor A 50 permite realizar tanto una pre-localización del área de fuga, como una localización precisa del punto de fuga. Combinado con micrófono y auriculares, el equipo convence por su alta calidad de reproducción. Como apoyo, la pantalla muestra la intensidad los sonidos de forma gráfica para realizar evaluaciones fiables y diferenciadas. Si la batería está totalmente cargada, el receptor A 50 tiene autonomía para funcionar durante una semana de trabajo. Ligero, manejable y de tamaño muy reducido. Cuando el A 50 con módulo de radio SDR (Sewerin Digital Radio) se utiliza en combinación con los auriculares inalámbricos F8, no hay molestos cables que puedan afectar a la calidad del sonido o a la libertad de movimientos. Gracias a los filtros ajustables, es posible adaptar los rangos de frecuencia individualmente al oído del usuario, así como reducir a un mínimo las interferencias. El sistema AQUAPHON® con el receptor A 50 es el acceso asequible a la localización de fugas de agua con un desempeño electroacústico profesional.

## Pre-localización y localización eficientes

El micrófono universal UM 50 y el bastón de escucha TS 50 incorporan la mejor tecnología acústica y, con ello, garantizan una excelente calidad del sonido. El receptor A 50 se recomienda para la pre-localización de accesos o la localización en diferentes superficies, ya sea al aire libre o en el interior de edificios. En este caso, las mediciones se inician o finalizan por medio de la cómoda tecla de activación. La pantalla de apoyo muestra el nivel mínimo actual y el anterior, tanto de forma numérica como gráfica. Una característica especialmente práctica consiste en que la pantalla se lee siempre con facilidad, pues tiene un ángulo de inclinación optimizado y gira 180° automáticamente en función de la posición en la que se sostenga. El volumen, los límites de filtrado y la protección para los oídos, se pueden adaptar individualmente de forma óptima.

## Transporte muy cómodo y gran autonomía

Con unas dimensiones y un peso muy reducidos, el compacto receptor A 50 resulta perfecto para el uso diario. Aparte de poder utilizarse en bandolera, este ligero receptor puede fijarse cómodamente al cinturón mediante un clip. Libertad de movimientos, transporte sencillo, ausencia de elementos que supongan un obstáculo. La potente batería garantiza una autonomía óptima sin necesidad de realizar una recarga; una carga completa es suficiente para una semana de trabajo.

## Aproveche las ventajas del AQUAPHON® A 50

- **Solución especialmente eficaz** para la localización electroacústica de fugas de agua
- **Gran autonomía** incluso sin una recarga, gracias a la potente tecnología de la batería
- **Carcasa extremadamente compacta, ligera y manejable** con clip para el cinturón, para un **transporte cómodo y sencillo** y una máxima libertad de movimientos; **listo para el uso en cualquier momento**
- Filtros ajustables: **rangos de frecuencia adaptables individualmente** para reducir las interferencias
- Pantalla iluminada con ángulo de inclinación optimizado, que puede girarse automáticamente hasta 180° para **facilitar la lectura** del receptor, **independientemente de la posición**
- Dos variantes de producto disponibles: con o sin módulo de radio SDR
- Visualización de apoyo adicional de los ruidos en la pantalla para la **evaluación fiable** de los sonidos de fugas.



## Volumen de suministro

- Receptor A 50 con o sin módulo de radio SDR
- Auriculares K3 o auriculares inalámbricos F8
- Bandolera con almohadillado para el cuello
- Sistema de recarga
- Tecnología de micrófono con accesorios
- Mochila o bolsa de transporte

## Accesorios opcionales

- Sistema de recarga para automóviles
- Amplia gama de accesorios para micrófonos

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.



## AQUAPHON® A 150

La tecnología de micrófono premium  
llega ahora en su versión pequeña  
y manejable:  
compacta – universal – fiable



# AQUAPHON® A 150 – Compacto – universal – fiable

El sistema **AQUAPHON®** en su sistema de localización de fugas de agua de primer nivel. El receptor **A 150**, junto con la tecnología de micrófono que ya se ha probado y consolidado en el mercado procedente del sistema **AQUAPHON® A 200**, constituyen una opción profesional para la localización exacta de los puntos de fuga. Combinado con micrófonos de alta tecnología y unos auriculares inalámbricos, el equipo convence por su excelente calidad de reproducción. Como apoyo, la pantalla muestra la intensidad de los sonidos de forma gráfica para realizar evaluaciones fiables y diferenciadas. Ligero, manejable y de tamaño muy reducido; el receptor destaca por su diseño compacto e inteligente y por su cómodo transporte. Gracias a los filtros ajustables y a un escaneado automático de la frecuencia, es posible adaptar las gamas de frecuencia individualmente al oído del usuario, así como reducir al mínimo los ruidos molestos y optimizar la calidad del sonido para conseguir una evaluación fiable de la situación de la fuga.

## Alto grado de comodidad y perfecto manejo

Con unas dimensiones y un peso muy reducidos, el compacto receptor **A 150** resulta perfecto para el uso diario. Aparte de poder utilizarse en bandolera, el receptor puede fijarse cómodamente al cinturón mediante un clip. Libertad de movimientos, transporte sencillo y ausencia de elementos que supongan un obstáculo. Una característica especialmente práctica consiste en que la pantalla se lee siempre con facilidad, pues tiene un ángulo de inclinación optimizado y se gira 180° automáticamente en función de la posición en la que se sostenga. Un cambio rápido de micrófono en el bastón portador **TS 150** ofrece el máximo nivel de comodidad. De este modo, el **AQUAPHON® A 150** puede adaptarse sin esfuerzo a las circunstancias y a los requisitos más exigentes.



## Prelocalización y localización eficientes

El receptor **A 150** se recomienda para la prelocalización en accesos o la localización en diferentes superficies, ya sea al aire libre o en el interior de edificios. En este caso, las mediciones se inician o finalizan por medio de la cómoda tecla de activación. La pantalla de apoyo muestra el nivel mínimo actual y el anterior, tanto de forma numérica como gráfica. El volumen, los límites de filtrado y la protección para los oídos se pueden adaptar individualmente de forma óptima.

## Resultados fiables y disponibilidad

Los micrófonos piezoeléctricos de alta calidad, con una respuesta de frecuencia optimizada para la detección de fugas, así como el procesamiento digital de la señal, garantizan el logro de propiedades acústicas excepcionales. Gracias a la brillante calidad del sonido y a la reducción a un mínimo de los ruidos molestos, podrá identificar y localizar las fugas de forma segura, incluso en el caso de una baja intensidad sonora de la fuga o de la existencia de fuertes sonidos ambientales.

El receptor **AQUAPHON® A 150** calcula filtros automáticamente y selecciona las gamas de frecuencia apropiadas. También puede definir manualmente límites de filtro de acuerdo con el oído individual y seleccionar gamas de frecuencia que resalten el sonido de la fuga. De este modo, puede concentrarse únicamente en la fuga, sin interferencia de ruidos molestos.

Además, la potente batería garantiza una autonomía óptima sin necesidad de realizar una recarga; una carga completa es suficiente para al menos dos días de trabajo.



## Tecnología de micrófono **AQUAPHON® A 150**

El micrófono de contacto **TM 200** se desarrolló específicamente para la prelocalización en accesorios de la red de tuberías. Su respuesta de frecuencia permite tanto la detección fiable de ruidos bajos y graves, como los que aparecen por lo general en las tuberías de plástico, como la de sonidos de fugas altos y agudos de tuberías metálicas. La barra de escucha y los diferentes prolongadores disponibles permiten conseguir una adaptación óptima a las circunstancias estructurales de todas las redes de tuberías. Para la colocación segura en las extensiones de las barras de válvula, incluso en la oscuridad de la caja de válvulas, el **TM 200** dispone de una función de linterna que se activa automáticamente en el **AQUAPHON® A 150**.



El micrófono de sonido propagado **UM 200** está equipado con una amplísima respuesta de frecuencia dentro de la gama de frecuencias bajas y dispone de una sensibilidad muy alta. De este modo, el **UM 200** resulta especialmente adecuado para captar de forma óptima sonidos muy bajos, sobre todo en tuberías de plástico. El cable es extremadamente robusto y presenta una máxima capacidad de carga mecánica, lo que garantiza una larga vida útil, incluso en las condiciones más duras del uso diario. Un conector de alta calidad y un adaptador de contacto convierten al **UM 200** en un micrófono profesional apto para cualquier ocasión.



El micrófono de suelo **BM 200** está especialmente indicado para superficies regulares. La robusta carcasa está desacoplada de forma óptima de la cápsula real del micrófono. Un sistema mecánico de elevación garantiza que siempre existe un contacto perfecto con el suelo. Así pues, las pequeñas irregularidades dejan de suponer un problema.



El micrófono de suelo **BM 230** se utiliza preferentemente en superficies irregulares. El robusto trípode garantiza siempre una alta estabilidad. En el caso de suelos especialmente blandos se puede clavar una pica de tierra, lo que permite una transferencia del ruido aún mejor.



## Interfaz de sensor universal

Mediante un tornillo de mando estrellado y un robusto alojamiento en arrastre, los diferentes micrófonos se conectan con el bastón portador **TS 150**. La interfaz de sensor del bastón portador garantiza que los micrófonos se detecten de forma segura. Mientras que hasta ahora se necesitaban un bastón de escucha especial y un bastón portador para micrófonos de suelo, el **TS 150** puede realizar ambas funciones. Dependiendo del caso de aplicación de que se trate, utiliza los micrófonos adecuados. El **TS 150** no tiene que cargarse. La alimentación eléctrica de los micrófonos se realiza a través de una batería de alto rendimiento en el **A 150** y garantiza un funcionamiento seguro durante al menos 16 horas.



La maleta de transporte ofrece espacio suficiente para guardar todos los componentes del sistema. El receptor y los auriculares inalámbricos **F8** pueden cargarse al mismo tiempo en su interior. Existen adaptadores de carga disponibles tanto para vehículo como para el taller o la oficina.

## Aproveche las ventajas del **AQUAPHON® A 150**

- **Carcasa extremadamente compacta, ligera y manejable** con clip para el cinturón, para un **transporte cómodo y sencillo** y una máxima libertad de movimientos.
- Micrófonos piezoeléctricos de alta calidad con una respuesta de frecuencia optimizada para la detección de fugas, que pueden cambiarse cómodamente para cada caso de aplicación
- **Gamas de frecuencia y escaneo de frecuencia automático** adaptables de forma individual al oído para reducir los ruidos molestos y seleccionar el filtro óptimo
- **Gran autonomía** incluso sin una recarga, gracias a la potente tecnología de la batería
- Pantalla iluminada con ángulo de inclinación optimizado, que puede girarse automáticamente hasta 180° para **facilitar la lectura** del receptor, **independientemente de la posición.**

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.

**AQUAPHON®** | Detección electroacústica de fugas de agua  
profesional – flexible – inteligente



# AQUAPHON® – profesional – flexible – inteligente

## Ideal para la localización de fugas en las redes de distribución de agua

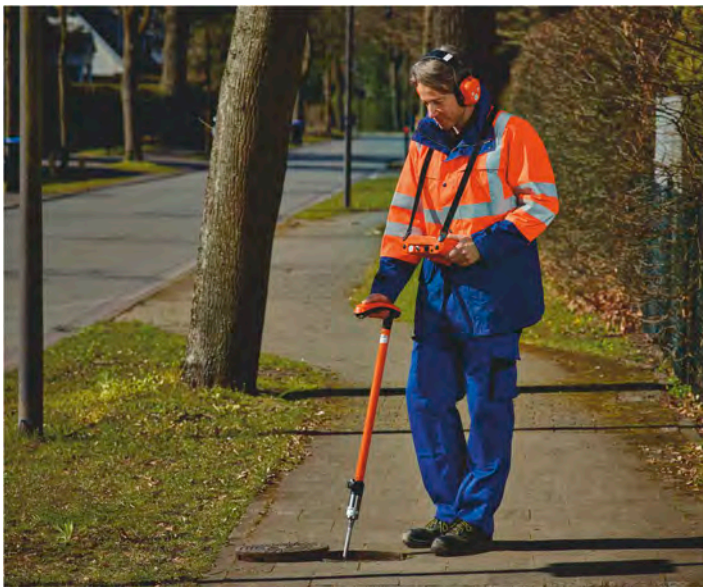
En la localización electroacústica de fugas de agua en redes de distribución son muy importantes tanto la experiencia del usuario como su capacidad de escucha. El sistema **AQUAPHON®** mejora y simplifica este proceso de localización con una técnica de medición y unos nuevos micrófonos de extraordinaria calidad, así como con funciones inteligentes de análisis y una representación práctica de los resultados en la pantalla.

## Encuentre las fugas de forma más segura que nunca

El nuevo **AQUAPHON®** le ofrece un manejo cómodo y sin cables, así como un uso sencillo, una enorme flexibilidad en la aplicación y un diseño robusto y ergonómico. El sistema **AQUAPHON®** resulta adecuado para todas las fases de la detección de fugas, tanto para la prelocalización, así como para la localización certera del punto exacto de fuga. De este modo, podrá enfrentarse a cualquier reto relacionado con la localización de fugas y podrá detectarlas de forma segura y fiable.

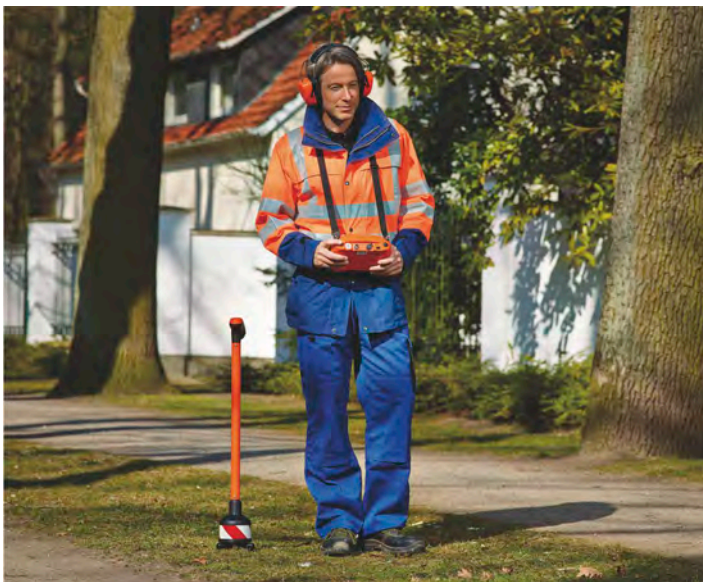
## El principio de medición

El agua que sale por la fuga provoca vibraciones en el material de la tubería. Dichas vibraciones se transfieren a la red y pueden registrarse como sonido estructural incluso en puntos alejados, como son los accesorios: medidores, válvulas, hidrantes, etc. Las vibraciones también se transfieren hasta la superficie a través del suelo, si bien de forma fuertemente atenuada. El sistema **AQUAPHON®** ayuda a los usuarios en la detección de fugas, pues convierte las vibraciones en sonidos audibles para el oído humano y, además, registra el volumen y el espectro de frecuencias. También los representa gráficamente.



## Prelocalización de fugas

Coloque el bastón **TS 200**, con el micrófono de contacto **TM 200** conectado, sobre los accesorios que se encuentran a lo largo de la tubería y evalúe los valores de sonido mostrados. Comparando y determinando los valores, puede identificar la sección de la tubería en la que existen más probabilidades de que se encuentre la fuga.



## Localización

Evalúe los valores de sonido mostrados en la sección de tubería revisada, utilizando el micrófono de suelo **BM 200** (para superficies regulares o pavimentadas) o **BM 230** (para superficies irregulares). Ambos pueden utilizarse con el bastón **TS 200** y escuche, a intervalos cortos, la superficie del suelo por la que transcurre la tubería. La señal acústica y la representación gráfica de la intensidad hacen que la localización del nivel máximo sea muy sencilla. De este modo, la fuga se localiza con precisión.

## Flexibilidad de aplicación

- Gracias a la alta clase de protección del receptor **AQUAPHON® A 200** (IP67), es posible su uso incluso cuando las condiciones del entorno sean extremas. El receptor está protegido contra la suciedad, el polvo y la humedad. Además, el micrófono de contacto **TM 200**, diseñado para la prelocalización, puede utilizarse sin problemas bajo el agua (dispone de protección IP68).
- La carcasa con estructura simétrica del receptor **AQUAPHON® A 200** permite un uso sencillo, tanto a personas diestras como a zurdas.
- Tiene todo a la vista: La estructurada pantalla de 5,7 pulgadas del receptor muestra la intensidad actual del sonido tanto de forma gráfica como por valores numéricos. También son mostrados los valores anteriores para realizar la comparación con más facilidad, así como consultar el análisis de frecuencia del sonido actual.



- Una carga completa de la batería de iones de litio incorporada en el receptor **AQUAPHON® A 200**, de los auriculares inalámbricos **F6** y del bastón **TS 200** son todo lo que se necesita para un día de trabajo.
- Trabaje sin fatigarse y sin sufrir molestias en la espalda. El bastón **TS 200**, con su diseño equilibrado y ergonómico, se adapta perfectamente a la mano. El sistema de transporte para el receptor, con dos correas cruzadas, puede adaptarse de forma individual y permite diversas posiciones de transporte.



## Sistema inteligente para la práctica

- El sistema **AQUAPHON®** es totalmente inalámbrico. El bastón **TS 200**, el receptor **AQUAPHON® A 200** y los auriculares inalámbricos **F6**, se comunican vía radio: **Sewerin Digital Radio (SDR)**. De este modo, no solo disfrutará de una libertad de movimientos total, sino que también se aprovechará de una calidad de sonido claramente mejor y sin ruidos molestos debidos a cables que se mueven.
- El manejo se realiza sin botones o interruptores gracias a la robusta pantalla VGA de 5,7 pulgadas, que dispone de funciones táctiles. También se lee sin problemas, aun con luz solar intensa, y puede manejarse incluso con guantes. La representación se realiza de forma clara con símbolos grandes e inequívocos.
- El receptor **AQUAPHON® A 200** guía al usuario por los diferentes casos de aplicación dándole las debidas instrucciones, por lo que incluso los usuarios menos experimentados, o los usuarios ocasionales, pueden utilizar el equipo con éxito.
- Seguridad a través de una protección para los oídos ajustable de forma individual: En el caso de ruidos molestos altos e intermitentes, por ejemplo, por el paso de vehículos o el deslizamiento de la extensión de la barra de válvula, la señal de los auriculares se amortigua o incluso puede desconectarse por completo. Si la fuente de la interferencia desaparece, la protección para los oídos se vuelve a desconectar y se activa de nuevo la escucha automáticamente.

## Técnica profesional para tareas exigentes

- Los micrófonos piezoeléctricos de alta calidad, con una respuesta de frecuencia optimizada para la detección de fugas, así como el procesamiento digital de la señal, garantizan el logro de propiedades acústicas excepcionales. Gracias a la brillante calidad del sonido y a la reducción a un mínimo de los ruidos molestos, podrá identificar y localizar las fugas de forma segura, incluso en el caso de una baja intensidad sonora de la fuga o de la existencia de fuertes sonidos ambientales.
- Con solo pulsar un botón, el receptor **AQUAPHON® A 200** calcula filtros adaptados al sonido actual y selecciona automáticamente las gamas de frecuencia más apropiadas. También se pueden definir manualmente los límites de filtro de acuerdo con el oído del operario y seleccionar gamas de frecuencia que resalten el ruido de la fuga. De este modo, puede concentrarse únicamente en la fuga, sin la interferencia de ruidos molestos.
- Puede registrar los sonidos de la fuga con el reproductor de audio integrado a fin de realizar una comparación posterior. Cree una base de datos de sonidos de fuga para poder evaluar in situ los sonidos captados con mayor sencillez, o bien utilice esta función para fines de formación o demostración.

## Componentes



El bastón **TS 200** puede conectarse a 3 micrófonos distintos. Mientras hasta ahora se necesitaban un bastón de escucha especial y un bastón portador para micrófonos de suelo, el **TS 200** puede realizar ambas funciones. Dependiendo del caso de aplicación de que se trate, se conecta a los micrófonos adecuados. La fuente de alimentación del **TS 200** está formada por una batería de alta potencia, que garantiza su funcionamiento durante una jornada laboral completa. La carga se realiza en menos de 4 horas, directamente en la maleta de transporte.



El micrófono de contacto **TM 200** se desarrolló específicamente para la prelocalización en accesorios de la red de tuberías. Su respuesta de frecuencia permite tanto la detección fiable de ruidos bajos y graves, (como los que aparecen por lo general en las tuberías de plástico), como la de sonidos de fugas altos y agudos (de tuberías metálicas). La barra de escucha y los prolongadores disponibles en diferentes longitudes permiten conseguir una adaptación óptima a las circunstancias estructurales de todas las redes de tuberías. Para la colocación segura en las extensiones de las barras de válvula, incluso en la oscuridad de los registros, el **TM 200** dispone de una función de linterna, que consiste en una luz led que se activa en el extremo del bastón **TS 200**.



El micrófono de suelo **BM 200** está especialmente indicado para superficies regulares (pavimentadas). Las cápsulas de contacto al suelo y la del micrófono son oscilantes. Un sistema mecánico de elevación garantiza que siempre existe un contacto perfecto con el suelo. Así pues, las pequeñas irregularidades dejan de suponer un problema.



El micrófono de suelo **BM 230** se utiliza preferentemente en superficies irregulares (no pavimentadas). El robusto trípode garantiza siempre una alta estabilidad. En el caso de suelos especialmente blandos se puede clavar una pica de tierra, lo que permite una transferencia del ruido aún mejor.



La maleta del sistema ofrece espacio suficiente para guardar todos los componentes del sistema **AQUAPHON®**. El bastón portador **TS 200**, el receptor **AQUAPHON® A 200** y los auriculares inalámbricos **F6** pueden cargarse al mismo tiempo en su interior. Adaptadores de carga están disponibles tanto para el vehículo de transporte como para el taller o la oficina.

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.



## **AquaTest T10**

Robusto bastón de escucha para la detección de fugas de agua



El **AquaTest T10** es un bastón de escucha que combina una tecnología innovadora con un diseño ergonómico. Su principal aplicación es la pre-localización de fugas en redes de distribución de agua. El **AquaTest T10** es el primer bastón de escucha de SEWERIN que no necesita un receptor adicional. La escucha de los sonidos no se activa por medio de una tecla convencional, sino por medio de un sensor de detección especial. Los sonidos captados se visualizan en una pantalla que se encuentra integrada en el mango. En el modelo con módulo de radio **SDR** (Sewerin **D**igital **R**adio), el bastón de escucha puede utilizarse con auriculares inalámbricos. De este modo, el trabajo se vuelve más cómodo debido a la ausencia de cables.

## Aplicación principal – Pre-localización

La tecnología del micrófono de alta calidad del **AquaTest T10** permite una excelente captación de los sonidos. El bastón de escucha detecta, incluso, las fugas más pequeñas.

Si fuese necesario hacer contacto con el bastón de escucha sobre objetos a gran profundidad, se pueden conectar prolongadores disponibles en diferentes longitudes. Con el fin de optimizar los resultados acústicos de forma individual, existe la posibilidad de elegir entre ocho bandas de frecuencia diferentes. En el modo de contacto, con sólo situar el pulgar sobre el campo del sensor, se activa la escucha. De este modo, se evitan los molestos sonidos en los auriculares producidos al presionar cualquier otro tipo de botón de mando. El **AquaTest T10** muestra en su pantalla el nivel de sonido mínimo actual y el mínimo de la medición anterior, así como el nivel actual de sonido. Los niveles de sonido mínimos se indican como valores numéricos, el nivel de sonido se representa en un gráfico de barras. Por tanto, los usuarios menos experimentados pueden obtener un apoyo visual para decidir si están cerca de una fuga.

## Otras posibilidades de aplicación - Localización del punto exacto de fuga y localización acústica de tuberías

Con el **AquaTest T10** también se puede determinar el punto exacto de fuga. Para ello, la barra de escucha se reemplaza por un trípode. Éste capta el sonido de la fuga desde la superficie. Otra aplicación es la localización de redes: Si se aplica una vibración a una tubería, p. ej. con el "Striker" o con el "Stopper" del sistema **COMBIPHON**®, la situación de la tubería se podrá localizar con el equipo **AquaTest T10**. Para ello, se escucha la superficie a intervalos cortos. Al acercarse a la tubería, sometida a vibración, aumenta el nivel de sonido. El sonido es más fuerte directamente sobre la red.



## Características

- Innovadora combinación de amplificador electrónico y bastón de escucha sin cables
- Permite trabajar sin cansancio gracias a su diseño ergonómico
- Acabado de alta calidad en material robusto para su utilización en el exterior
- Excelente calidad de sonido debido a la tecnología de su micrófono de alta calidad
- Visualización clara de los sonidos en su pantalla para ayudar a los usuarios con menos experiencia
- Sin ruidos molestos en los auriculares gracias al novedoso campo táctil del sensor
- Ajuste individual de las bandas de filtro, volumen y función de protección de los oídos. Todo ello permite una óptima percepción del sonido
- Dos modelos disponibles: con módulo **SDR** (inalámbrico) y sin módulo **SDR**

## Alcance de suministro

- **AquaTest T10**
- Sistema de recarga
- Auriculares
- Maleta de transporte
- Barra de escucha

## Accesorios opcionales

- Trípode
- Prolongadores de la barra de escucha

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.

## SeCorrPhon AC 200

Combinación de correlador y localizador de fugas de agua profesional – flexible – inteligente



# SeCorrPhon AC 200 – profesional – flexible – inteligente

El **SeCorrPhon AC 200** es un detector de fugas multifunción que ofrece tres funciones en una, prelocalización, localización y correlación. La inteligente combinación de estos métodos en un solo sistema le ofrece la seguridad de que localizará el punto exacto de fuga, independientemente de las condiciones ambientales. En tan solo unos pasos, puede cambiar de forma rápida y cómoda entre los diferentes casos de aplicación.

## El principio de funcionamiento de la localización de acústica fugas de agua

El agua que sale por la fuga provoca vibraciones en el material de la tubería. Dichas vibraciones se transfieren a la tubería y pueden registrarse como sonido estructural incluso en puntos de contacto más alejados, como son los accesorios. Las

vibraciones también se transfieren hasta la superficie a través del suelo en forma de ruido del suelo, si bien de forma fuertemente atenuada. El sistema **SeCorrPhon** ayuda a los usuarios en la detección de fugas de forma ideal, pues convierte las vibraciones en audibles para el oído humano y, además, registra el volumen y el espectro de frecuencias y los representa gráficamente.



## Prelocalización de fugas

Conecte el bastón portador **TS 200** al micrófono de contacto **TM 200**, escuche sobre los accesorios que se encuentran a lo largo de la tubería y evalúe el volumen correspondiente. Evaluando la intensidad del sonido puede identificar la sección de la tubería en la que existen más probabilidades de que se encuentre la fuga.

## Localización

Evalúe los volúmenes en la sección de tubería detectada utilizando el micrófono de suelo **BM 200** (para superficies pavimentadas) o **BM 230** (para superficies irregulares). Utilice a tal fin el bastón portador **TS 200** con un micrófono de suelo y escuche sobre la vertical de la tubería a intervalos cortos. La señal acústica y la representación óptica de la intensidad hacen que la localización del nivel máximo sea muy sencilla. De este modo, la fuga se localiza con precisión permitiendo una excavación certera.



## El principio de funcionamiento de la correlación

Cuando la localización se realiza con un correlador, los sonidos provocados por una fuga en la tubería se miden en dos de sus elementos al mismo tiempo (tales como válvulas o bocas de riego). A tal fin, unos micrófonos altamente sensibles registran los sonidos en estos accesorios, mientras que los radio transmisores envían las señales a un receptor, a saber, el correlador que, por su parte, determina la diferencia del tiempo interaural, es decir, la diferencia temporal con la que los sonidos llegan a los dos puntos de escucha. A partir de la longitud especificada de la tubería, así como del material y del diámetro de la misma, el correlador calcula la posición exacta de la fuga.

## Comparación de los procedimientos de localización acústicos y de correlación

Como la medición se realiza de forma simultánea en dos accesorios, el método de correlación se diferencia radicalmente de la localización clásica de fugas de agua mediante el método acústico, en el que la comprobación sistemática de los accesorios (prelocalización) y la localización subsiguiente se llevan a cabo con micrófonos de suelo en una única posición cada vez. Así, en el método acústico de localización, el usuario compara y evalúa los diferentes sonidos captados. Esta técnica puede utilizarse en muchas estructuras de red, pero el éxito de la localización depende del oído humano y, en gran medida, de la experiencia del usuario. Por el contrario, la localización de fugas mediante el método de correlación ofrece valores medidos exactos, independientemente de la capacidad auditiva del usuario y, en su mayor parte, sin la influencia de las interferencias externas.





## Profesional:

La interfaz de usuario del **SeCorrPhon AC 200** es muy fácil de entender y tiene una estructura muy sencilla. Dispone de numerosas funciones adicionales para situaciones de localización complejas.

Los micrófonos piezoeléctricos de alta calidad, con una respuesta de frecuencia optimizada para la detección de fugas, así como el procesamiento digital de señal garantizan el logro de propiedades acústicas excepcionales. Gracias a la brillante calidad del sonido y a la reducción al mínimo de los ruidos molestos, podrá identificar y localizar las fugas de forma segura, incluso en el caso de una baja intensidad sonora de la fuga o de la existencia de fuertes sonidos ambientales.

Con solo pulsar un botón, el **SeCorrPhon AC 200** calcula filtros adaptados a los sonidos actuales y selecciona automáticamente las gamas de frecuencia más apropiadas. También es posible definir manualmente límites de filtro de acuerdo con el oído individual y seleccionar gamas de frecuencia que resalten el sonido de la fuga, evitando la interferencia de los ruidos molestos.

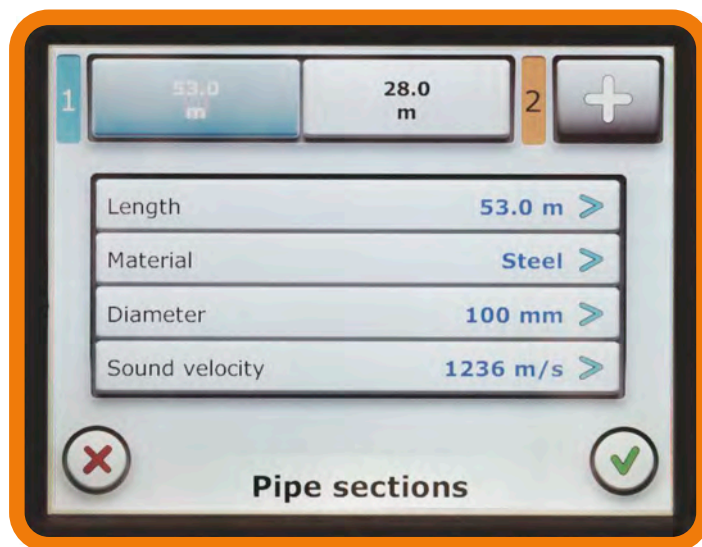
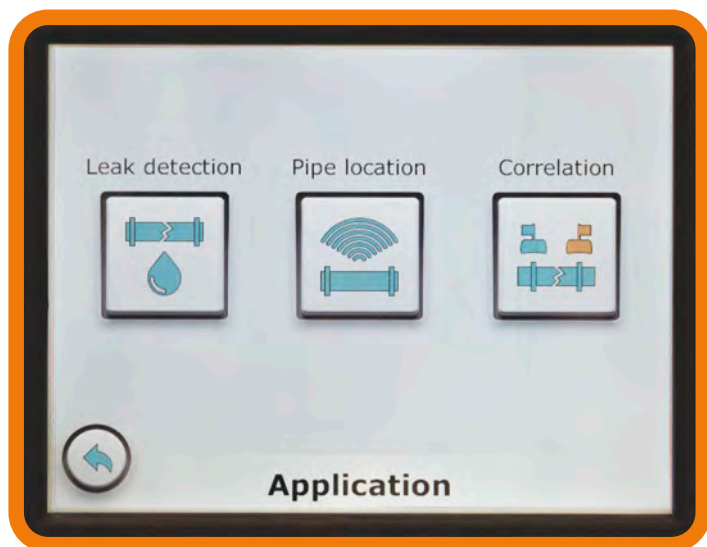
Además, puede registrar los sonidos de la fuga con el reproductor de audio integrado a fin de realizar una comparación posterior. Cree una base de datos de ruidos para poder evaluar in situ, y por comparación, los sonidos de la fuga con mayor sencillez, o bien utilice esta función para fines de formación o demostración.



## Flexible

Todo en un solo aparato: prelocalización, localización y correlación. La inteligente combinación de estos métodos en un solo sistema le ofrece la seguridad de que localizará el punto de fuga exacto, independientemente de las condiciones ambientales.

El **SeCorrPhon AC 200** resulta recomendable para todos los usuarios que realicen localizaciones de fugas de fugas de forma profesional, puesto que permite hacer frente a todas las situaciones de localización. Además, es posible medir sin problemas una gran variedad de secciones, materiales, diámetros y longitudes de tuberías.

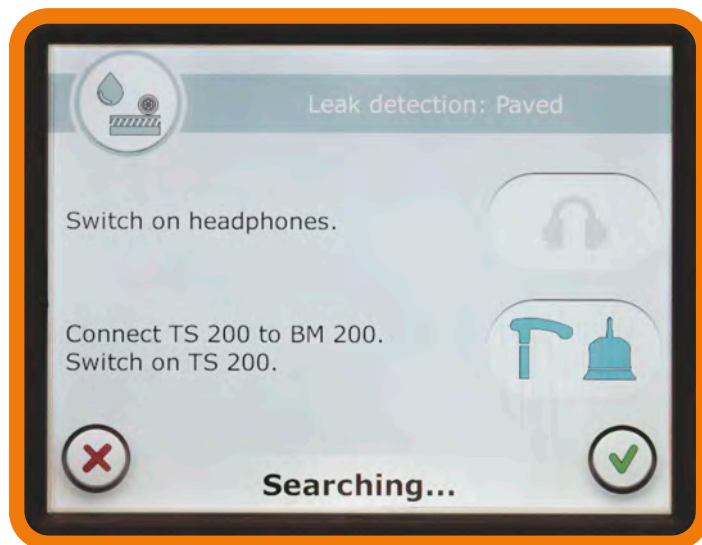
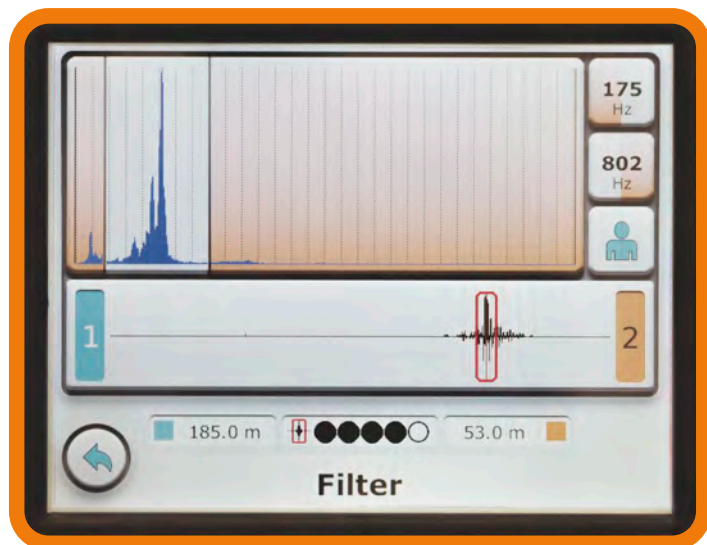


En la función localización acústica de fugas, la estructurada pantalla de 5,7 pulgadas del receptor muestra la intensidad actual del sonido de forma gráfica y como valor numérico. Asimismo, puede ver los valores anteriores para realizar la comparación con más facilidad, así como mostrar el análisis de frecuencia actual del ruido.

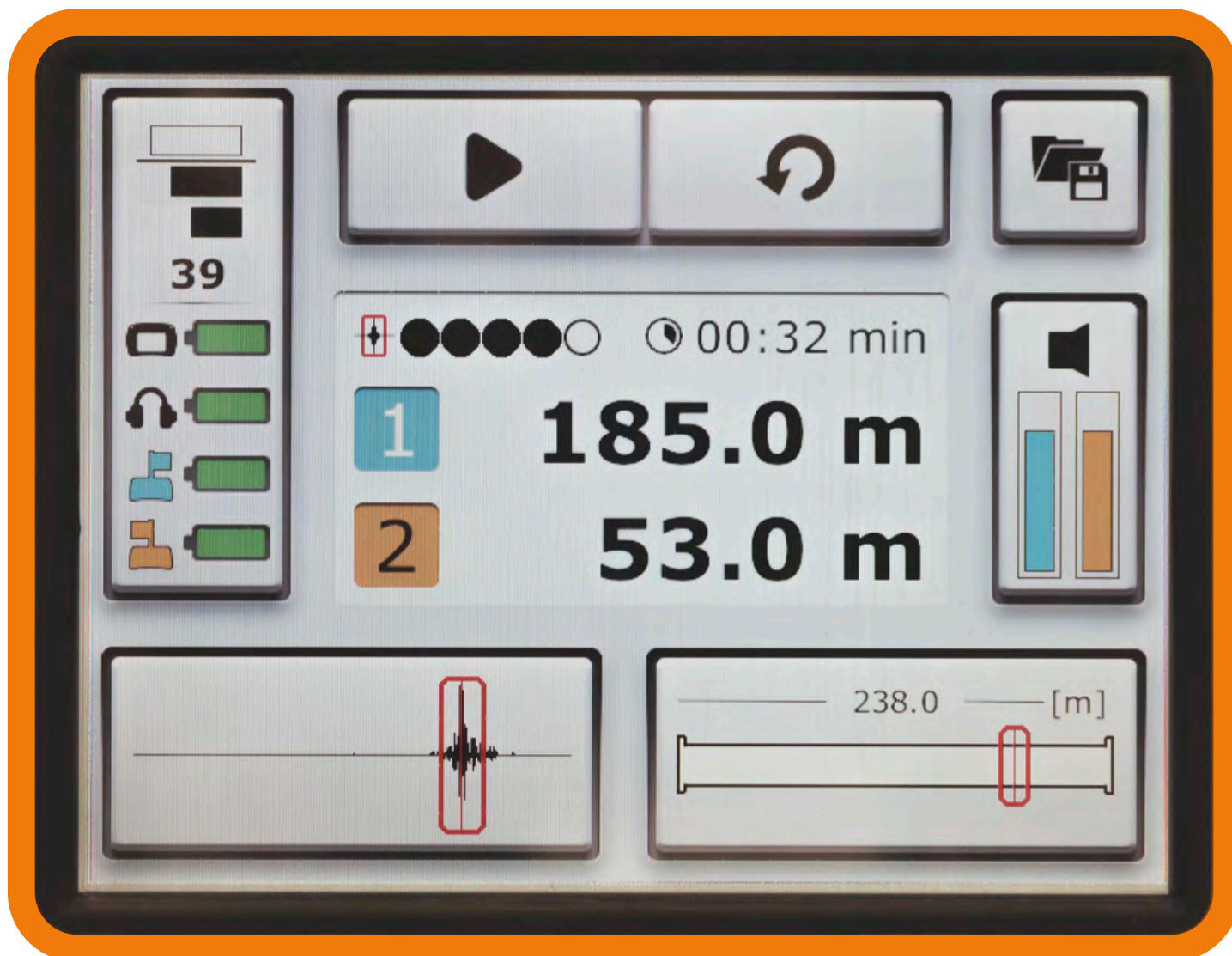


## Inteligente

El firmware altamente desarrollado del **SeCorrPhon AC 200** permite al usuario realizar las mediciones de forma prácticamente automatizada. De hecho, tras introducir los datos de la tubería e iniciar la medición, todos los demás pasos se llevan a cabo sin intervención del usuario. Los sonidos medidos se analizan siempre en segundo plano para poder elegir la configuración de filtrado óptima.



El **SeCorrPhon AC 200** guía al usuario por los diferentes casos de aplicación dándole las debidas instrucciones, por lo que incluso los usuarios menos experimentados o los usuarios ocasionales pueden utilizar el aparato de forma fiable. El **SeCorrPhon AC 200** optimiza por sí mismo los resultados de medición a través de la selección automática de los filtros, sin necesidad de intervención del usuario. De todos modos, también es posible determinar los filtros de forma manual. Una particularidad del correlador es que los datos se presentan en la pantalla de forma sencilla y orientada a los resultados. En el primer plano, se muestran informaciones concretas sobre la posición de la fuga, sin utilizar curvas complejas que tengan que interpretarse. Por otro lado, el detalle sobre la calidad de los cálculos que se muestra en la pantalla ofrece información constante al usuario sobre la fiabilidad de la medición realizada. Además, gracias a la vista orientada a los resultados, el usuario puede iniciar otros pasos de inmediato, como la localización por métodos acústicos.





## Sistema SeCorrPhon –

### componentes del sistema para la localización acústica de fugas de agua

El bastón portador **TS 200** puede conectarse con tres micrófonos distintos. Mientras hasta ahora se necesitaban un bastón de escucha especial y un bastón portador para micrófonos de suelo, el **TS 200** puede realizar ambas funciones. Dependiendo del caso de aplicación de que se trate, seleccione el micrófono adecuado. La fuente de alimentación del **TS 200** está formada por una batería de alta potencia, que garantiza un funcionamiento seguro durante una jornada laboral completa. La carga se realiza en menos de 4 horas, directamente en la maleta del sistema.



El micrófono de contacto **TM 200** se desarrolló específicamente para la prelocalización en accesorios de la red de tuberías. Su respuesta de frecuencia permite tanto la detección fiable de ruidos bajos y graves, como los que aparecen por lo general en las tuberías de plástico, como la de sonidos de fugas altos y agudos de tuberías metálicas. La barra de escucha y los prolongadores disponibles en diferentes longitudes, permiten conseguir una adaptación óptima a las circunstancias estructurales de todas las redes de distribución. Para la colocación segura y precisa de las extensiones de las barras de contacto en las válvulas, incluso en la oscuridad de la caja de registro, el **TM 200** dispone de una función de linterna que se activa en el bastón **TS 200**.



El micrófono de suelo **BM 200** está especialmente indicado para superficies pavimentadas. La robusta carcasa está desacoplada de forma óptima de la cápsula real del micrófono. Un sistema mecánico de elevación garantiza que siempre exista un contacto perfecto con el suelo. Así pues, las pequeñas irregularidades dejan de suponer un problema. El micrófono de suelo **BM 230** se utiliza preferentemente en superficies irregulares. El robusto trípode garantiza siempre una alta estabilidad. En el caso de suelos especialmente blandos se puede clavar una pica de tierra, lo que permite una transferencia aún mejor del ruido.



## Sistema SeCorrPhon – componentes del sistema para la correlación



Los radio transmisores **RT 200** están equipados con emisores inalámbricos de alto rendimiento de 500 mW. Con ello, ofrecen una transferencia de datos sin ruidos, incluso en las mediciones de varios cientos de metros de red. Los radio transmisores **RT 200** se encienden automáticamente al insertar el cable del micrófono. Tres pasos de banda distintos permiten un perfecto tratamiento de los sonidos incluso antes de la transmisión inalámbrica. De este modo, la configuración del radio transmisor **RT 200** puede adaptarse a los diferentes materiales de tubería y a cualquier sección de red. El teclado de membrana permite activar la función de linterna del micrófono.



El micrófono de sonido propagado **UM 200** está equipado con una amplísima respuesta de frecuencia dentro de la gama de frecuencias bajas y dispone de una sensibilidad muy alta. De este modo, el **UM 200** resulta especialmente adecuado para captar de forma óptima sonidos muy bajos, sobre todo en tuberías de plástico. El cable es extremadamente robusto y presenta una máxima capacidad de carga mecánica, lo que garantiza una larga vida útil, incluso en las condiciones más duras del uso diario. Un conector de alta calidad y un adaptador de contacto convierten al **UM 200** en un micrófono profesional apto para cualquier ocasión.



Los hidrófonos **HY 200** convierten al sistema **SeCorrPhon** en un sistema de medición excelente para el uso en redes de transporte de gran diámetro y para cuando existan largas distancias entre los diferentes puntos de escucha. Mediante la conexión directa en la columna de agua, los hidrófonos no utilizan el sonido estructural que se propaga a lo largo de la tubería, sino el sonido que se conduce a través del agua. Los **HY 200** son extremadamente sensibles en la gama de frecuencias muy bajas, que se encuentran claramente por debajo del umbral audible. Con ello, también son el complemento perfecto para el sistema **SeCorrPhon** cuando se utilizan en redes de tuberías de plástico. El conjunto se entrega en una maleta específica, por lo que todos los componentes, como los hidrófonos, los adaptadores para la incorporación en bocas de riego subterráneas y los cables de conexión, están siempre a mano.



La robusta maleta del sistema ofrece espacio suficiente para guardar de forma segura todos los componentes. Así, tiene capacidad para el **SeCorrPhon AC 200**, dos radio transmisores **RT 200**, dos micrófonos **UM 200**, dos micrófonos de suelo **BM 200 / BM 230**, un micrófono de contacto **TM 200**, el bastón portador **TS 200**, los auriculares inalámbricos **FB** y un accesorio opcional, y permite transportar dichos elementos de forma óptima. Dispone de las conexiones necesarias para que todos los componentes del sistema puedan cargarse, en el taller o en el vehículo, mientras se encuentran en su interior.

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.

**VARIOTEC® 460 Tracergas** | El especialista en detección de fugas con gas trazador e hidrógeno



**LEAK DETECTION**  
made in Germany

# VARIOTEC® 460 Tracergas



## Una apuesta por la precisión y seguridad

**VARIOTEC® 460 Tracergas** es un detector de fugas de gas y medidor de gas que ha sido desarrollado específicamente para la detección de fugas en tuberías enterradas aplicando gas trazador. Se caracteriza por su excelente relación calidad-precio.

- Preciso:** La extremadamente baja sensibilidad cruzada del sensor semiconductor sensible al gas frente a la humedad y al metano, garantiza hallazgos absolutamente seguros y una definición de hasta 0,1 ppm de  $H_2$ .
- Funcional:** Gracias al innovador diseño del mando, a su pantalla de gran tamaño y al sencillo menú de navegación, el trabajo se realiza de manera rápida y segura.
- Eficiente:** En combinación con la sonda de campana D80 se obtienen excelentes tiempos de respuesta.
- Flexible:** El rango de medición ampliado del sensor de conductividad térmica hasta 100 %Vol. de  $H_2$  permite realizar otras tareas de medición sin problemas.
- Integrado:** Guarde sus medidas y transfiera los resultados al ordenador por medio del puerto USB.
- Portátil:** Las 4 baterías mignon (tipo AA) se cargan en tan sólo 3 horas. La autonomía del equipo es de un mínimo de 8 horas. Alternativamente también se pueden usar pilas.
- Fiable:** Los equipos de medición de Sewerin son conocidos por su destacada calidad y durabilidad. Aún así, y en caso de que fuese necesario, nuestro servicio técnico nacional asegura unos muy cortos plazos de mantenimiento y de reparación.

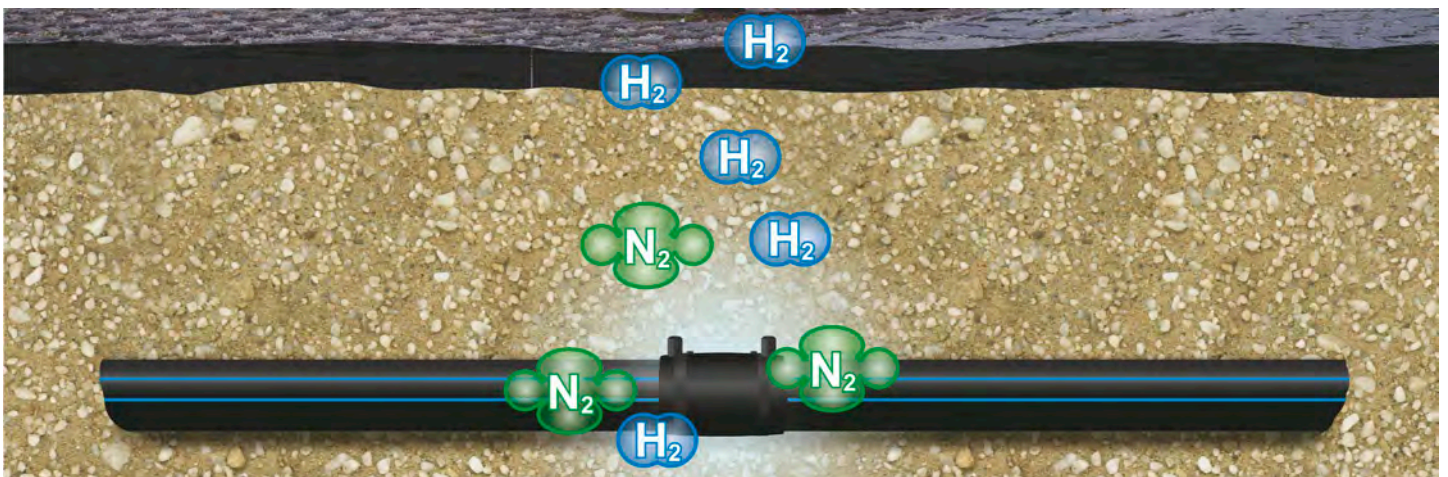
## Un método probado

El uso de gas trazador es un método de probada eficacia para la localización de fugas. Este método se puede aplicar en redes de distribución de gas y de agua, en tuberías domésticas, en instalaciones de calefacción y/o de piscinas, para conductos de cables de comunicaciones presurizados, en líneas de alta tensión llenas de gas o en vertederos de basuras sellados con membranas de doble capa. Este método también es adecuado para la prueba de estanqueidad de equipos industriales, como tuberías, bombas, bloques de motor, equipos climatizadores o, incluso, alas de aeronaves.

El método de detectar fugas mediante gas trazador consiste en la introducción de una mezcla de gas compuesta por un 95% de nitrógeno, (que actúa como gas portador), y un 5% de hidrógeno, (que actúa como gas trazador), en las tuberías o en los equipos o elementos que se vayan a inspeccionar. El hidrógeno se escapa por la fuga y es detectado por el sensor especializado y altamente sensible.

Este método no implica riesgos gracias al bajo contenido de hidrógeno (sólo el 5%). Tal y cómo se indica en la norma ISO 10156, el gas es incombustible debido a la aplicación de nitrógeno que actúa como gas portador. No es tóxico ni corrosivo y, por consiguiente, también está permitida su aplicación en redes de agua potable.

El gas trazador es económico y fácil de adquirir en empresas suministradoras de gases técnicos o gases de soldadura. Además, es inocuo para el medio ambiente y penetra en todas las capas y tipos de cobertura, tales como asfalto o cemento, así como en otros materiales de sellado de superficies. El gas trazador busca siempre el camino más corto desde punto de fuga hasta la superficie.



# VARIOTEC® 460 Tracergas



## Inspección en superficie

Con el equipo **VARIOTEC® 460 Tracergas** y con una sonda de campana o de alfombra se detectan concentraciones muy bajas de gas por lo que se pueden revisar, desde la superficie, tuberías enterradas y determinar correctamente el punto de rotura o de fuga.



## Inspección doméstica

Detecte fugas de gas (por muy pequeñas que sean) en tuberías interiores y ocultas de edificios y localice su posición exacta.



## Medición en perforaciones





En combinación con una sonda de localización determine la concentración de gas en el suelo. De esa manera, se localiza con precisión el posible punto dañado.



## Medición de gas

Compruebe el llenado completo de gas o la ausencia de gas durante la puesta en marcha o la puesta fuera de servicio de tuberías de hidrógeno.

## Casos de aplicación

Casos de aplicación		Rango de medición (H <sub>2</sub> )	Sensores
Inspección en superficie		0,0 ppm – 5 %Vol.	Semiconductor sensible al gas Sensor de conductividad térmica
Medición en perforaciones		0,0 %Vol. – 100 %Vol.	Sensor de conductividad térmica
Inspección doméstica		0,0 ppm – 5 %Vol.	Semiconductor sensible al gas Sensor de conductividad térmica
Medición de gas		0,0 %Vol. – 100 %Vol.	Sensor de conductividad térmica



## Los datos técnicos

Medidas	
(An x F x Al):	aprox. 148 x 57 x 205 mm
Peso:	aprox. 1000 g
Clase de protección:	IP54
Certificado:	TÜV 07 ATEX 553353 X II2G Ex d e ib IIB T4 Gb Equipo básico sin bolsa de cuero para: CH <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , gas trazador con un máximo de 5 % H <sub>2</sub> en N <sub>2</sub> II2G Ex d e ib IIC T4 Gb Equipo básico con bolsa de cuero para: CH <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , gas trazador, H <sub>2</sub>
Tensión de carga:	12 V DC (máx. 1 A)
Temperatura de trabajo:	-20 °C – +40 °C
Temperatura de almacenaje:	-25 °C – +60 °C
Presión ambiente:	800 – 1100 hPa
Humedad del aire:	5 – 90 % Hr, sin condensación
Interfaz:	USB
Memoria:	8 MB
Pantalla:	320 x 240 píxeles



## Valor añadido mediante accesorios útiles

- Sonda de campana D80, sonda de alfombra, sonda de localización
- Maleta de transporte
- Generador de gas de prueba PGG H<sub>2</sub> para generar pequeñas cantidades de hidrógeno que permiten la inspección del equipo para los casos de aplicación “Inspección en superficie” e “Inspección doméstica”

Solicítenos oferta detallada así como información sobre datos técnicos, componentes, accesorios o cualquier otra que precise.

# DETECTORES DE FUGAS

## RECEPTOR MULTIFUNCIONAL DE LOCALIZACIÓN DE FUGAS, CON INDICACIÓN LED

- **Aplicación:**  
localización de fugas de líquidos desde tuberías metálicas y de plástico

### Alcance de utilización:

- bajo aceras y superficies no pavimentadas
- mediante contacto directo con el tubo
- apoyando el sensor contra pared

La localización de fugas se efectúa mediante el receptor «AP-027» y sensor acústico «AD-227». El sensor acústico recibe la señal acústica generada por el ruido del líquido en ubicación de una fuga.



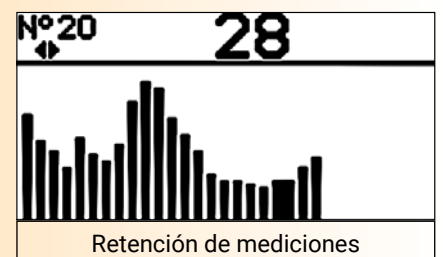
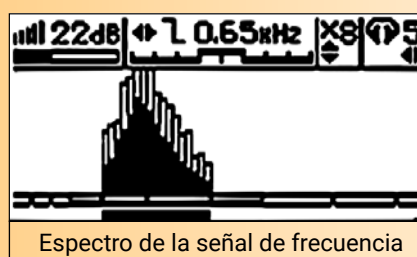
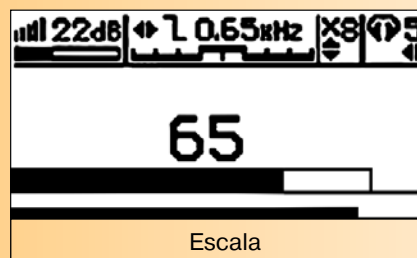
## RECEPTOR DE LOCALIZACIÓN DE FUGAS «AP-027»



### Particularidades del receptor «AP-027»:

- alta sensibilidad
- protección contra ruido ambiente
- visualización del espectro de la señal acústica
- indicación extendida del nivel de señal
- escala de dos segmentos con extracción de la señal constante en entornos de los ruidos aleatorios
- regulación de la banda pasante del filtro de frecuencias
- grado de protección ambiental IP54
- memorización de valores para 30 mediciones

### INDICACIÓN VISUAL DE LA SEÑAL



## JUEGOS CON RECEPTOR «AP-027»

### DETECTOR DE FUGAS «SUCCESS AT-407N»

Juego básico del detector acústico de fugas que sirve para localización de fugas en tuberías subterráneas metálicas y no metálicas ubicadas bajo aceras y superficies no pavimentadas.

**Particularidades:**

- receptor digital de localización «AP-027»
- sensor acústico «AD-227»
- indicación visual y acústica del nivel de la señal
- corte del ruido parásito
- ajuste preciso de sensibilidad

**Componentes del juego:** receptor AP-027, sensor acústico AD-227, auriculares, barra para traslado del AD-227, barra de extensión para AD-227, barras de contacto para AD-227, contacto magnético para AD-227, portador del AP-027, destornillador, Manual de Usuario, Certificado Técnico, funda - bolsa



### DETECTOR DE FUGAS «SUCCESS ATP-434N»

Detector acústico de fugas que sirve para localización de fugas en tuberías subterráneas metálicas y no metálicas, con función adicional de búsqueda de cables subterráneos que se encuentran bajo tensión.

**Particularidades:**

- receptor digital de localización «AP-027»
- sensor acústico «AD-227»
- sensor electromagnético «EMD-247»
- tres modos de funcionamiento: localización de fugas, detección pasiva
- de cables, banda ancha
- protección contra ruido acústico ambiente

**Componentes del juego:** receptor AP-027, sensor acústico AD-227, auriculares, barra para traslado del AD-227, barra de extensión para AD-227, barras de contacto para AD-227, contacto magnético para AD-227, portador del AP-027, sensor electromagnético EMD-247, destornillador, Manual de Usuario, Certificado Técnico, funda - bolsa



### DETECTOR DE FUGAS EN LÍNEAS «SUCCESS ATG-435.15N»

Detector acústico de fugas avanzado, combinado con el juego potente de localización de líneas, que es ideal para fontaneros y organizaciones de servicio.

**Particularidades:**

- localización de cables y tuberías metálicas a la profundidad hasta 6 m
- localización acústica de fugas en tuberías metálicas y no metálicas
- generador «AG-105» con potencia de 20 W
- antena inductiva integrada
- métodos pasivo y activo de localización de instalaciones subterráneas

**Componentes del juego:**

receptor AP-027, generador AG-105, sensor acústico AD-227, auriculares, barra para traslado del AD-227, barra de extensión para AD-227, barras de contacto para AD-227, contacto magnético para AD-227, portador del AP-027, sensor electromagnético EMD-247, cables de conexión, destornillador, Manual de Usuario, Certificado Técnico, funda - bolsa



### DETECTOR DE LÍNEAS PARA TUBOS METÁLICOS Y NO METÁLICOS CON FUNCIÓN DE LOCALIZACIÓN DE FUGAS «SUCCESS TPT-522N»

Juego de localización más avanzado, el cual comprende las funciones de tres dispositivos: detector de líneas, detector de fugas, así como localizador de tuberías no metálicas. El juego comprende receptor AP-027, generador potente y mecanismo a percusión especial destinado a efectuar el trazado de tuberías no metálicas.

**Particularidades:**

- receptor digital de localización «AP-027»
- generador «AG-144.1» de 60 W
- función de localización acústica de fugas
- mecanismo a percusión «UM-112» que sirve para localización de tuberías no metálicas

**Componentes del juego:** receptor AP-027, generador AG-144.1, sensor acústico AD-227, auriculares, barra para traslado del AD-227, barra de extensión para AD-227, mecanismo a percusión UM-112, barras de contacto para AD-227, contacto magnético para AD-227, portador del AP-027, sensor electromagnético EMD-247, cables de conexión, destornillador, Manual de Usuario, Certificado Técnico, funda - bolsa



## ACCESORIOS



**Marco pegado «NR-117»**  
Está destinado a determinar precisamente el cable «propio» en el haz de otros cables



**Pinzas de inducción «CI-110»**  
Suministro de una señal a la línea de cables o tubería dedicada desde el generador según el método sin contacto (de inducción).



**Sensor de control de calidad de aislamiento «DKI-117»**  
Está destinado a controlar la calidad de aislamiento de los recubrimientos protectores de conductos de agua, gas y petróleo, así como localizar deterioros de las líneas de cables de fuerza según el método de diferencia de potenciales.

**Sensor acústico de pequeñas dimensiones «ADM-227» con función del sensor magnético**  
El sensor acústico de pequeñas dimensiones ADM-227 está destinado a efectuar localización de fugas de agua según el método acústico en los juegos con receptor AP-027.



**Fuente de alimentación externa (portátil) Power Bank**



**Sensor-detector de defectos de instalaciones «DODK-117»**  
Está destinado a localizar defectos de aislamiento de líneas de cables en caso de su cortocircuito a tierra