



Sistema Conectado de Detección Prematura de Fugas de Gas Refrigerante.

Xavier Albets-Chico¹, Ricard Rovira¹, Xavier Palomino¹, Miguel Ángel González¹

¹ AKO ELECTROMECAÁNICA S.A.L. Av. Roquetes 30-38, St.Pere de Ribes (Barcelona) xalbets@ako.com

Resumen: La actual situación del mercado de gases refrigerantes HFC supone uno de los mayores retos que los usuarios y mantenedores de la refrigeración comercial, industrial y sistemas HVAC han tenido que afrontar en los últimos años a causa del marco regulatorio, la gran inflación y la muy baja disponibilidad de gas refrigerante HFC a partir de 2018. Las fugas de gas refrigerante son la raíz de esta gran problemática y su reducción debe formar parte de su solución. Con el objetivo de minimizar las fugas en sistemas frigoríficos, se presenta un sistema de detección prematura de gas refrigerante basado en transmisores de gas de alta sensibilidad, precisión y selectividad. Los transmisores están permanentemente conectados y permiten informar en tiempo real sobre la localización e impacto de las fugas de gas refrigerante, gracias a su prematura detección (del orden de gramos de refrigerante a la hora) y su respectiva categorización. Una correcta utilización del sistema permite mantener los gases refrigerantes dentro de la instalación con pocas y selectivas intervenciones sobre el sistema frigorífico, manteniendo un registro y control de las fugas de gas refrigerante, minimizando los costes económicos y operativos asociados actualmente a las fugas y asegurando la disponibilidad del frío.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. SITUACIÓN ACTUAL. F-GAS Y ESCASEZ DE REFRIGERANTE

Si bien el primer reglamento de F-Gas (842/2006) supuso un ligero cambio en las prácticas de detección de gas refrigerante en las instalaciones frigoríficas y en los costes de mantenimiento de las mismas (especialmente en España a causa de la tasas a los refrigerantes HFC, agravadas a partir del 1 de Enero de 2017 al finalizar los períodos de gracia sobre las mismas), la aplicación de la enmienda del reglamento F-Gas (517/2014), y el HFC *Phase-down* que este reglamento impulsa, ha generado un muy sensible impacto desde Enero de 2018, con unos incrementos de costes del gas refrigerante que oscilan entre el 100% y el 500% durante solamente los últimos meses.

1.2. ACTUALES TENTATIVAS DE SOLUCIÓN

El sector de la refrigeración en general y el de los usuarios de los sistemas de refrigeración, en particular, se están enfrentando a dichas contracciones del mercado de refrigerantes sin alternativas claras, lo que significa un reto sin precedentes [1]. En concreto, las propiedades de miles de instalaciones orientadas a la refrigeración comercial e industrial, con tasas de fugas altas o muy altas (entre el 15% y el 35% anual [2]) requieren de grandes cantidades de refrigerante para mantener las instalaciones, y con ellas, sus modelos de negocio operativos. Esto es especialmente preocupante cuando dichas instalaciones fueron diseñadas e implantadas durante los últimos diez años, no están todavía amortizadas y son plenamente operativas y eficientes, a pesar de su gran dependencia de refrigerante nuevo para compensar las altas tasas de fugas anuales. El problema hoy se está enfocando tímidamente de dos modos: Por un lado se intenta disminuir los costes mediante la sustitución del refrigerante en las instalaciones por gases menos contaminantes, y por tanto, menos tasados. Por otro lado, se están empezando a implantar sistemas basados en otros refrigerantes, especialmente el CO₂ y gases ligeramente inflamables A2L; y/o diseños basados en sistemas centralizados de CO₂ transcrito, en sistemas centralizados indirectos y en sistemas independientes [3].

Desafortunadamente, ambas aproximaciones al problema no son soluciones totalmente definitivas, eficientes o generalizables por el momento:

En primer lugar, los “*retrofits*” conllevan múltiples y sensibles costes. Un ejemplo típico es la sustitución del gas R404A (uno de los más contaminantes) por R448A o R449A. Para que el “*retrofit*” funcione correctamente, además de reemplazar todo el gas de la instalación, con su coste asociado, es necesario también limpiar por completo la instalación, cambiar filtros de refrigerantes, cambiar los lubricantes y sus filtros, cambiar los válvulas de seguridad y, si se desea conservar la eficiencia del sistema, cambiar todos los sistemas de expansión para ajustarse a las especificidades de los nuevos gases, con deslizamientos muy importantes, de



hasta 6 °C. Sin embargo, incluso con todas estas inversiones, los “retrofits” no permiten alcanzar los niveles de capacidad de los diseños originales y las instalaciones pueden llegar a perder algunos puntos de eficiencia. Más preocupantemente, gases como el R448A y R449A son mezclas que tienen una composición entorno al 75% de HFC y, por consiguiente, están igualmente sujetos a los cambios impuestos por el HFC *Phase-Down*. Ello explica que, por ejemplo, el R448A haya sufrido una inflación del 70% en los últimos meses y todo hace pensar que este tipo de gases (mezclas HFC y HFO) alcanzarán los precios del R404A o incluso superiores hacia 2021, cuando un nuevo recorte del HFC *Phase-Down* entrará en vigor. Desde este punto de vista, pues, parece que los “retrofits” pueden tener un recorrido muy corto, a pesar de suponer una inversión notable.

Por otro lado, la implantación de sistemas alternativos no basados en HFC supone, de entrada, un reto tecnológico. Por ejemplo: el CO₂ transcrito empieza a producir sus primeras versiones con cierto nivel de viabilidad y eficiencia en el sur de Europa, utilizando sistemas de eyectores, compresión paralela y aspectos tecnológicos que, en ningún caso, son todavía habituales en el parque de instaladores e ingenierías del sector [3]. Obviamente, y más allá de la capacidad de adaptación tecnológica del sector hacia estos nuevos sistemas, la implantación de sistemas libres de HFC implican el desmantelamiento de los sistemas actuales (estén amortizados o no) y la instalación de sistemas de refrigeración claramente más caros y complejos que los existentes [3,4], basados en refrigerantes HFC. Dichas inversiones, como es lógico, son de difícil ejecución en un tiempo tan corto, especialmente para grandes usuarios de la refrigeración, como por ejemplo cadenas de supermercados e hipermercados, propietarios de miles de instalaciones. Es pues necesario destacar que son necesarios dos aspectos para que dicha aproximación al problema sea viable: a) que exista una tecnología no basada en HFC de fácil acceso dentro del sector profesional, viable, competitiva y eficiente y b) que exista un período para que los usuarios puedan planificar sus inversiones en el cambio tecnológico sin suponer ajustes financieros críticos. A 2018 se puede afirmar que no se dan ninguna de las dos condiciones en Europa, máxime cuando a partir de 2020 no se permitirá (reglamentariamente) mantener instalaciones con, por ejemplo, R404A y R507 mediante refrigerante nuevo (virgen).

1.3. UN SISTEMA PARA MANTENER INSTALACIONES CON BAJAS TASAS DE FUGAS

Ante este poco alentador escenario, la toma de decisiones es obviamente difícil. El objetivo de este artículo es, precisamente, presentar un sistema de detección con un objetivo que revoluciona el tratamiento, mantenimiento y cuidado de las instalaciones frigoríficas para minimizar e incluso erradicar las fugas de gas refrigerante, que son la parte central del actual problema.

En efecto, los usuarios de la refrigeración son, a día de hoy, propietarios de toneladas de gases refrigerantes perfectamente válidos y operativos (como el R404A, R507, R134A, etc.) para instalaciones que son también operativas y eficientes. Dichos gases refrigerantes son hoy muy valiosos a causa de las durísimas contracciones del mercado y, por tanto, pueden y deben pasar por ser la solución y no el problema.

Las fugas de gas refrigerante obedecen a múltiples causas y se han aceptado históricamente como un mal endémico en instalaciones de refrigeración, especialmente -aunque no solamente- en aquellas relacionadas con expansión directa, ya sean sistemas individuales o centralizados. Sin embargo, experiencias en otros sectores, como el de gases inflamables o explosivos, demuestran que buenas prácticas de detección y mantenimiento son capaces de mantener los gases dentro de las instalaciones en altísimas tasas. Para ello es necesario contar, por un lado, con un sistema de detección y gestión de las fugas que sea preciso, robusto y fiable y, por otro, con un seguimiento del propio sistema de detección que permita localizar y reparar fugas mínimas (de hasta gramos por hora) en períodos de horas o días, dependiendo de su gravedad.

Para ello, la tecnología de detección (con sus atributos intrínsecos) y el registro y comunicación de indicadores es fundamental, como se describe en las siguientes secciones.

Si bien el sistema de monitorización, gestión y detección prematura de fugas no impedirá que éstas se produzcan, sí permitirá una rápida actuación para su resolución mediante la activación de protocolos de localización y reparación.

Esta aproximación al problema ofrece muchas ventajas respecto a las alternativas existentes en la actualidad. Por un lado, resultan en una inversión del orden de un “retrofit” y varios órdenes de magnitud inferiores al cambio completo de la instalación de refrigeración. Por otro lado, el sistema de monitorización, gestión y detección es un sistema no invasivo, de mantenimiento casi nulo y, en pleno rendimiento, cuando bien diseñado y siempre en conjunto con los protocolos de actuación sobre la fuga, puede reducir las fugas por



debajo incluso del 5% anual en cualquier instalación frigorífica. Ante el reto actual, con escasez de los refrigerantes HFC, los grandes usuarios de refrigeración pueden reciclar parte de su extenso parque de refrigerante (extraído y reciclado de los sistemas más problemáticos o ineficientes, donde se podrían implantar nuevas alternativas no basadas en HFC a modo de evaluación) para mantener con dicho gas reciclado el resto de instalaciones con fugas inferiores a 5%. Esta aproximación (uso de gases reciclados), que se repite en varios estudios del sector, como por ejemplo en [1]), está contemplada y permitida por parte de la F-Gas (517/2014 Artículo 13, Control de uso) hasta el 2030 como mínimo, lo que ofrece una ventaja adicional de esta aproximación al problema: proporciona un marco temporal a los usuarios de la refrigeración para planificar y amortizar todas sus instalaciones mientras las tecnologías alternativas (no basadas en HFC) y su implantación en el sector maduran, lo que ofrece una solución inmediata y que cumple con criterios técnicos, operativos, económicos, medioambientales y normativos.

2. ANÁLISIS DE LAS FUGAS DE GAS REFRIGERANTE EN APLICACIÓN

2.1. CAUSAS DE LAS FUGAS DE GAS REFRIGERANTE

Las instalaciones frigoríficas que funcionan con el ciclo por compresión de vapor, necesitan de un fluido refrigerante que circula por su interior. Este fluido cambia de estado en el interior de la máquina frigorífica, pasando de vapor a líquido en el condensador y de líquido a vapor en el evaporador.

Debido a las características necesarias en un refrigerante, se dan las siguientes circunstancias: (i) los refrigerantes tienen estado gaseoso (vapor) a la presión y las temperaturas ambientales habituales; (ii) el refrigerante confinado en la instalación frigorífica (o envase de refrigerante) se encuentra normalmente a una presión superior a la presión atmosférica.

Estas dos circunstancias conducen a la inexorable conclusión que, ante un fallo, por pequeño que este sea, en la estanqueidad del sistema frigorífico, se producirá emisión de refrigerante a la atmósfera, lo que llamamos comúnmente “una fuga”.

La estanqueidad total de un sistema frigorífico durante toda su vida útil es prácticamente imposible de conseguir, ya que existen variaciones de presión y temperatura, vibraciones y acciones de mantenimiento que pueden alterar la estanqueidad inicial del sistema, por lo que es lógico pensar que es necesario estar preparado para detectar y resolver dichas fugas, que con seguridad se producirán.

2.2. DISTRIBUCIÓN Y TIPOLOGÍA DE LAS FUGAS DE GAS REFRIGERANTE EN INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Para lo que atañe a sistemas de detección prematura es muy interesante el estudio de probabilidad sobre la distribución/ubicación de las fugas a lo largo del circuito frigorífico, puesto que este análisis permite establecer un criterio para ubicar puntos de control (transmisores) lo que definirá en buena medida la magnitud y coste del sistema de detección. Obviamente, no es posible definir con certeza donde ocurrirán las fugas para cada centro, puesto que su naturaleza es probabilística, viéndose afectada por múltiples vectores. La tipología de la instalación frigorífica, diseño, edad, mantenimiento, gas utilizado, etc. son factores que alteran las probabilidades de fuga. Es por lo tanto muy posible que el lector tenga una propia percepción de la ubicación de las fugas de refrigerante, basados en su conocimiento y experiencia en sus propias instalaciones. Desde un punto de vista meramente estadístico, luego generalista, se presenta un análisis realizado sobre todos los centros de una cadena de supermercados (refrigeración comercial) en [5], que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1 Distribución estadística de las fugas de gas refrigerante en la refrigeración comercial [5]

Localización	(%) de fugas
Salas de compresores	39%
Muebles, vitrinas, lineales	21%
Condensadores	12%
Evaporadores en cámaras	10%
Tuberías	10%
Otros	8%

En media, según [5] el grueso de las fugas se concentra en sala de compresores, muebles refrigerados, condensadores y cámaras, lo que coincide de un modo bastante general con los resultados e informaciones en campo que se han obtenido durante los últimos meses por parte de AKO.

2.3. CONSECUENCIAS DE LAS FUGAS DE GAS REFRIGERANTE

Las fugas de refrigerante tienen consecuencias en cuatro aspectos diferenciados, aunque relacionados entre sí: (a) funcionamiento frigorífico, (b) económico, (c) medioambiental y (d) seguridad. Por brevedad, analizamos en las siguientes secciones su impacto en el funcionamiento frigorífico y su impacto económico.

2.3.1. CONSECUENCIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO FRIGORÍFICO

En los sistemas frigoríficos con recipiente de líquido y válvula de expansión (los más habituales en sistemas de refrigeración comercial e industrial), los síntomas de la falta de refrigerante no se manifiestan hasta que se llega a un determinado nivel mínimo de refrigerante en el recipiente. Por debajo de este nivel, por efecto vórtice, empiezan a entrar burbujas de gas en la línea de líquido y se detectan dichas burbujas en el visor de líquido.

Cuando esto sucede, la eficiencia del sistema empieza a deteriorarse, ya que las burbujas de gas en la línea de líquido (el llamado *flash-gas*) disminuyen la capacidad de las válvulas de expansión, aumentan el recalentamiento de los evaporadores y aumentan el tiempo de funcionamiento de los compresores para llegar a la consigna de temperatura. Por tanto, el consumo de energía del sistema aumenta significativamente. A partir de ese momento, si la fuga sigue aumentando, llegará un momento en el que las presiones del sistema disminuirán y no se alcanzará la temperatura de consigna deseada en los servicios frigoríficos (falta de refrigeración).

En el caso de centrales frigoríficas, típicamente, el servicio más alejado es el que primero muestra los síntomas de la falta de refrigerante, con una dificultad evidente para llegar a su temperatura de consigna.

2.3.2. CONSECUENCIAS ECONÓMICAS.

Como ya se ha visto, las fugas de refrigerante disminuyen la calidad del refrigerante que llega a los servicios evaporadores. Ello, como es lógico, aumenta el consumo energético del sistema frigorífico, aumentando el coste económico de su funcionamiento, mayoritariamente debido al *flash-gas* y al excesivo recalentamiento que este conlleva. Por ejemplo, un sistema de refrigeración comercial con un 80% de la carga de refrigerante nominal consume un 15% adicional de energía, en media. En la Figura 1 se observa la evolución del aumento de coste de funcionamiento de la instalación frigorífica con el porcentaje de gas perdido o fugado por la instalación, según [4]. Este efecto es especialmente relevante en la actualidad, cuando la mayoría de centros trabajan a cargas muy inferiores a las nominales para poder advertir cualquier fuga inmediatamente. El uso de un sistema de detección prematura puede evitar este efecto al permitir trabajar con cargas nominales, lo que confiere una ventaja adicional al sistema de detección prematura.

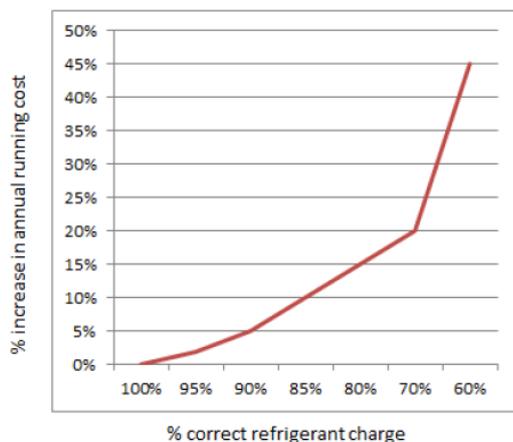


Figura 1: (a) Relación entre pérdida de eficiencia energética en una instalación frigorífica y la carga (sub-nominal) de refrigerante. Figura extraída de [4].



Otros costes económicos asociados, recogidos parcialmente en la Figura 5, son los siguientes:

- Coste del refrigerante recargado, al que se suman las tasas asociadas (por ejemplo, cada kg de R404A cuenta con una tasa de 78 €)
- Coste de la reparación de fugas.
- Coste por posibles pérdidas de mercancía debido a la rotura de la cadena de frío.
- Coste de cese (temporal) de actividad económica a causa de falta de refrigeración.

3. SISTEMA DE DETECCIÓN PREMATURA. COMPONENTES:

El sistema de detección prematura está compuesto de 3 partes fundamentales: (a) la detección prematura mediante sensores de gas, (b) los medios de conectividad que permiten transportar los datos hasta (c) el centro de computación, donde se centralizan y registran los datos y se generan los indicadores de gestión y la comunicación de alarmas, entre otros.

3.1. TRANSMISOR DE GAS REFRIGERANTE NDIR AKO-575400

El sensor es un elemento fundamental en cualquier sistema de detección directo de gases, encargado de detectar y/o medir la concentración de gas en un espacio. Por brevedad, se indica únicamente que el sensor de los transmisores que componen el sistema AKO se basa en la tecnología NDIR, presentando muy altas prestaciones en sensibilidad, selectividad, precisión y exactitud. Concretamente, la sensibilidad es uno de los aspectos fundamentales en la detección prematura de fugas de refrigerante, siendo capaz de detectar valores inferiores incluso a 20 ppm, lo que permite detectar fugas del orden de gramos de refrigerante fugados en el orden de horas.

3.2. CONECTIVIDAD

La conectividad es fundamental para el concepto de sistema de detección prematura, puesto que permite conectar en tiempo real (reduciendo la latencia en el envío de alarmas, notificaciones y categorización de fugas) la medida de los transmisores de gas, encargados de detectar las fugas en su distribución especial a lo largo del sistema de refrigeración. La baja latencia del sistema permite definir el concepto de detección “prematuro”, puesto que aúna las propiedades de gran sensibilidad de los sensores, capaces de detectar fugas muy pequeñas, con tiempos de respuesta mínimos.

3.3. PLATAFORMA DE MONITORIZACIÓN Y REGISTRO AKONET AKO-5012

Otra de las partes esenciales del sistema de detección prematura es la plataforma de monitorización y registro. En efecto, la sola detección de gas refrigerante, incluso si se realiza con transmisores dotados de sensores muy sensibles y precisos, no es suficiente para resultar efectiva. Por un lado la detección sin registro y post-proceso requiere tener un contacto visual directo y continuo con el sensor para poder actuar en el momento de la fuga, lo que a la práctica no es posible.

Es por ello que una plataforma de monitorización y registro es necesaria para que el sistema sea totalmente efectivo. En concreto, las funciones principales de la plataforma son las siguientes:

- Comunicación con los transmisores y comprobación de su estado (a través del bloque de conectividad brevemente descrito en la anterior sección).
- Lectura y registro de concentraciones de gas por transmisor.
- Sistema de alarmas personalizable por cada transmisor y/o zona y/o agrupación en función de la gravedad de la fuga.
- Registro histórico de concentraciones y fugas por zona/transmisor y correlación con otros eventos o períodos del día/mes/año.
- Auditoría sobre las acciones realizadas después de las alarmas (envío personalizado, acuse de recibo, fecha y hora, etc.).

La capacidad de la plataforma de monitorización de registrar ordenadamente datos resulta una herramienta muy valiosa para poder gestionar las fugas, priorizar órdenes de reparación y mantener un registro estructurado y comparable entre zonas, centros, etc.

4. DETECCIÓN Y GESTIÓN DE LAS FUGAS DE GAS REFRIGERANTE MEDIANTE EL SISTEMA CONECTADO DE DETECCIÓN PREMATURA

Una vez definidos el sistema de detección prematura y sus componentes; expuestas brevemente las causas y consecuencias de las fugas de gases, la última pieza del puzle consiste en definir las características técnicas fundamentales del sistema y sus componentes; los protocolos de actuación que consigan ejecutar tareas de supervisión y reparación que sean efectivas y, finalmente, todas aquellas consideraciones que permitirán minimizar las pérdidas de refrigerante de las instalaciones.

Para ello es fundamental diseñar una experiencia de uso entre la propiedad y/o mantenedor y el sistema. El sistema debe estar (a) bien dimensionado, (b) ser fiable, evitando falsas alarmas que pudieran reducir la rigurosidad de las necesarias acciones posteriores a las recepciones de las alarmas. El sistema debe ser (c) sensible, para poder detectar el máximo de fugas relevantes y siempre antes de que supongan una pérdida apreciable para la propiedad. El sistema debe ser (d) preciso, categorizando correctamente la gravedad de varias fugas, y finalmente el sistema debe ser (e) usable y permitir un flujo de información accesible, manejable y efectivo.

Describimos en las siguientes secciones qué atributos construyen dichas cualidades y por qué son esenciales, para finalmente describir los procesos generales que deben acompañar al seguimiento del sistema, haciendo de su uso una herramienta efectiva antes las fugas de gas refrigerante.

4.1. DIMENSIONADO DEL SISTEMA

La cantidad final de transmisores a instalar dependerá de la especificidad del sistema frigorífico en cuestión, su carga de refrigerante y su coste y la información estadística de la distribución de fugas presentada en la sección 2.2. Obviamente, a mayor número de puntos de control la probabilidad de detectar fugas aumentará, aunque también lo hará el coste de adquisición del sistema. Un buen compromiso entre ambos vectores (efectividad/coste) generará los retornos de inversión más rápidos. Generalmente, salas de compresores, cámaras y muebles refrigerados son puntos recomendables por ese orden. Se muestran algunas instalaciones en la Figura 8.



Figura 2: Instalación de transmisores en un equipamiento de refrigeración comercial.

4.2. SELECTIVIDAD: FIABILIDAD DEL SISTEMA

Un aspecto muy importante a subrayar en este tipo de sistemas es la selectividad o capacidad de reaccionar únicamente ante el gas objetivo. Como ya introducido en el capítulo 2, la tecnología NDIR es muy selectiva porque permite definir el “*finger print*” de cada gas y, por lo tanto, reaccionar únicamente cuando dicho gas (o muy similar) aparece en el ambiente. Este punto es especialmente relevante porque es drásticamente distinto a los detectores basados en tecnología semi-conductora, especialmente sensible a otras sustancias. Las falsas alarmas, producidas por concentraciones de alcohol, etileno, gases producidos en fermentaciones o productos de limpieza, por nombrar algunos, son moderadamente habituales en detección mediante sensorica semi-conductora. Como el lector podrá apreciar, un sistema poco selectivo ideado para detectar muy pequeñas concentraciones de gas refrigerante estaría frecuentemente generando falsas alarmas, por lo que la selectividad es un aspecto básico en este sistema.

4.3. SENSIBILIDAD: DETECCIÓN PREMATURA.

Como se ha repetido varias veces a lo largo del artículo, la sensibilidad del equipo es esencial para que el sistema sea capaz de detectar pequeñas concentraciones.

En efecto, es posible alcanzar valores de concentración suficientemente grandes (superiores a 2000 ppm) bajo fugas pequeñas (del orden de gramos en el orden de horas) solamente para volumetrías muy pequeñas (del orden de pocos litros) y/o que los recintos sean estancos (herméticos). Como conocido, no se da generalmente ninguna de las dos condiciones en el marco de la refrigeración comercial e industrial, por lo que es necesario poder medir con fiabilidad valores incluso inferiores a 20 ppm para la detección de pequeñas fugas.

Así mismo, si las condiciones de tránsito y difusión a través de los cierres de la volumetría en cuestión son importantes es incluso posible que grandes fugas (roturas, accidentes) no generen altas concentraciones a causa del gran “mixing” del refrigerante en el aire, lo que genera altas diluciones, luego imposibles de detectar si no es a valores de concentración muy bajos. Esta fenomenología es habitual en centros de refrigeración industrial como centros logísticos, donde los espacios son fácilmente superiores a 5000 m³. En efecto, a pesar de que el valor de fuga sea muy importante, la dilución y salida del refrigerante de la volumetría de análisis también lo es, con lo que la acumulación genera concentraciones muy pequeñas.

Es pues fundamental subrayar que la sensibilidad del sensor juega un papel crucial en un sistema de detección en general y de detección prematura, en particular.

4.4. PRECISIÓN:

Como indicado previamente, para poder categorizar las fuga es necesario que la precisión y exactitud del sensor de gas sea muy alta. Errores de lectura superiores al 20% podrían producir indicadores incorrectos que desinformen sobre la urgencia de la reparación de la fuga o su gravedad relativa respecto a otra que pueda darse simultáneamente. Es por todo ello que un sistema de estas características debe contar con transmisores precisos y exactos, con errores de medición pequeños y controlados.

4.5. CAPACIDAD DE REGISTRO Y ACCESIBILIDAD

La usabilidad del sistema se basa en la capacidad del sistema de resumir los datos generados por los transmisores en información mediante gráficas e indicadores, y en la facilidad de acceso a la información mediante la plataforma de monitorización y registro, con generación de alarmas automática y sus envíos/acuse de recibo pertinentes.

Las figuras 3 y 4 presentan el entorno gráfico del sistema de detección, en su visión general de todos los transmisores del sistema (sinóptico) y en detalle sobre el histórico de concentración leída por uno de ellos, respectivamente.

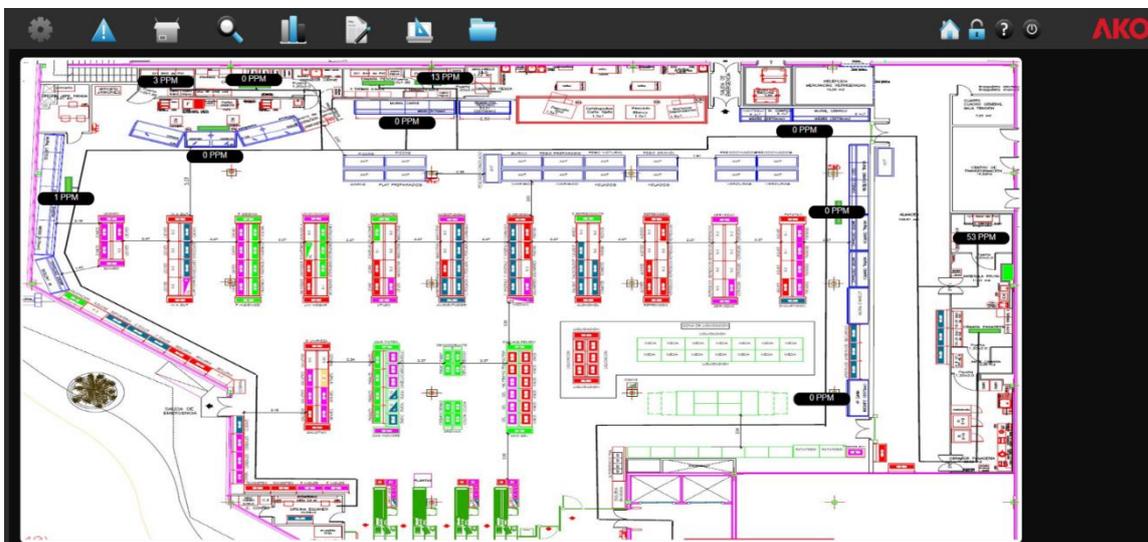


Figura 3: Caso real en supermercado. Pantalla de sinóptico en AKONET donde se ubican físicamente los transmisores del sistema conectado de detección prematura y estado actual de concentraciones de gas leídas por los transmisores.

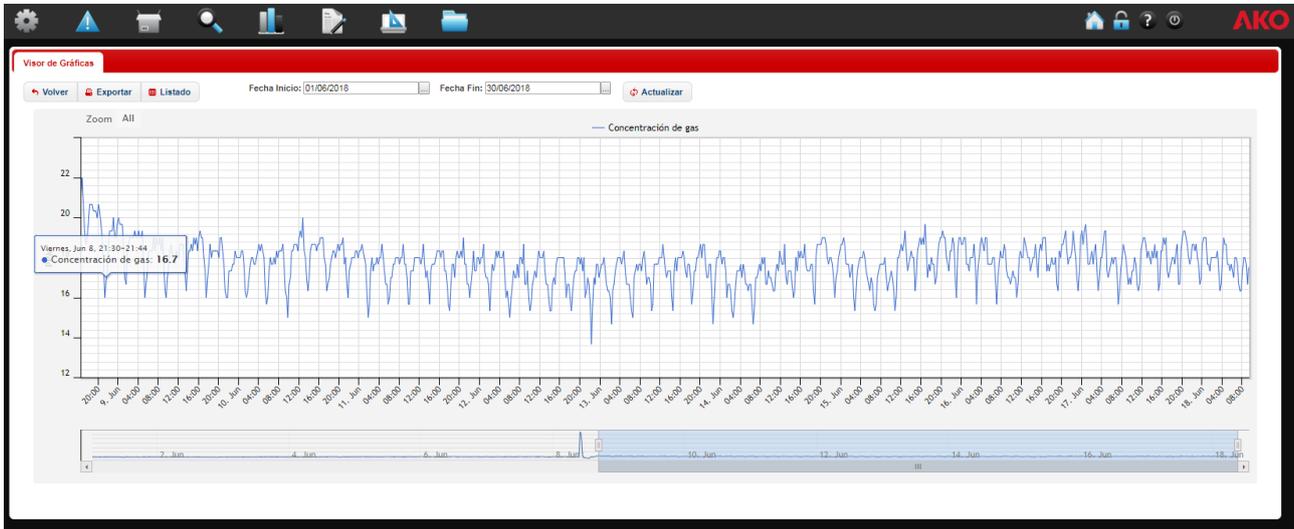


Figura 4: Caso real en supermercado. Gráfico continuo de la concentración de gas en cámara frigorífica (Cámara charcutería). Esta lectura permitió identificar una pequeña fuga en el evaporador de la cámara, que suponía unos 20kg de gas refrigerante anuales.

Por todo ello, la plataforma de monitorización y registro es de gran importancia ya que permite un gran procesamiento de datos, generando indicadores en clave operativa y de fácil acceso a la información (desde cualquier lugar, con cualquier dispositivo y en todo momento).

5. REFERENCIAS

- [1] Putting into Use Replacement Refrigerants (PURR). Report of British Refrigeration Association Action Group. 2nd Edition-January 2018
- [2] Détection de fuite. Etude sur les moyens de détection de fuite des installations de refrigeration et de climatisation. ADEME. Febrero 2017.
- [3] INFORME DE LA COMISIÓN de 4.8.2017 de evaluación del requisito para 2022 de evitar los hidrofluorocarburos con elevado potencial de calentamiento atmosférico en ciertos sistemas de refrigeración comercial
- [4] Refrigerant Loss, System Efficiency and Reliability– A Global Perspective; GEA Refrigeration UK Ltd for Institute Of Refrigeration (IOR). ©Institute of Refrigeration Annual Conference 2013
- [5] GreenChill. Best Practices Guideline Commercial Refrigeration Leak Prevention & Repairs 2011