

# TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE SERVICIOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Rodrigo Agosta <sup>1</sup>, Fabián Gon <sup>2</sup>, Matías Orué <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo GIEDI – UTN Facultad Regional Santa Fe  
Lavaisse 610, Santa Fe, Argentina- [ragosta@frsf.utn.edu.ar](mailto:ragosta@frsf.utn.edu.ar).

<sup>2</sup> Grupo GIEDI – UTN Facultad Regional Santa Fe  
Lavaisse 610, Santa Fe, Argentina- [fgon@frsf.utn.edu.ar](mailto:fgon@frsf.utn.edu.ar)

<sup>3</sup> Grupo GIEDI – UTN Facultad Regional Santa Fe  
Lavaisse 610, Santa Fe, Argentina- [morue@frsf.utn.edu.ar](mailto:morue@frsf.utn.edu.ar)

## RESUMEN

La incidencia ambiental de los grandes sistemas de refrigeración, demandan técnicas apropiadas de detección de fallas. Los cambios sutiles producidos por las pérdidas graduales de capacidad quedan ocultos por las etapas de operación propias de cada unidad servida, las reposiciones de productos, la frecuencia de observación y la capacitación de los observadores. La observación intuitiva de parámetros de funcionamiento y las revisiones periódicas de las instalaciones pueden ser influenciadas por factores climáticos.

La inversión en tecnología digital puede reducir significativamente los costos operativos actuales. Puede optimizar los procesos empresariales existentes y reducir costos de mantenimiento de equipos, gasto energético y gastos en gestión de recursos humanos.

La recolección y procesamiento estadístico de los datos, puede aportar importantes avances sobre la detección temprana de fallas que progresivamente reducen la capacidad de la instalación.

Este trabajo presenta el desarrollo de un proceso de transformación digital aplicado sobre los equipos de una cadena comercial, con el objetivo de su mejorar la gestión de inspección y mantenimiento del servicio de refrigeración para productos perecederos.

**Palabras Clave:** Refrigeración Comercial, Transformación Digital, Detección Temprana de Fallas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desempeño inadecuado de las instalaciones de refrigeración tiene un fuerte impacto económico, afectando tanto a la relación con el cliente, como a la reputación de la empresa. Por este motivo, los Supermercados e Hipermercados implementan algún tipo de control y asignación de responsabilidades.

Para la detección de fallas en el suministro del servicio de refrigeración, las empresas pueden abordar múltiples metodologías. Por ejemplo, los reglamentos de aplicación europeos obligan



inspecciones periódicas [1]. En Argentina, no existen reglamentos de regulación federal. Por lo tanto, los procedimientos y objetivos quedan a criterio de las partes interesadas. En la práctica, es común tercerizar el servicio de mantenimiento a empresas de servicio con competencia en el rubro.

Mientras que las acciones preventivas incluyen inspecciones mensuales y actividades programadas, las acciones correctivas que requieren solución a muy corto plazo deben ser detectadas por los encargados locales.

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1. Práctica tradicional

A diferencia de las unidades autocontenidas (equipo de refrigeración incluido en el mueble) o de los sistemas “split uno a uno” (unidades condensadores remotas, que sirven a un solo puesto de servicio), los sistemas remotos centralizados (SCR) de expansión directa o “centrales de refrigeración” sirven a más de un consumidor (Figura 2). La capacidad de refrigeración es modulada con la con la variación del tándem de compresión y del conjunto de condensación. El fluido frigorífico es distribuido a las unidades evaporadoras, de acuerdo a la demanda individual. La instalación se dimensiona con la capacidad adecuada para extraer el calor de los diversos equipos conectados [2].

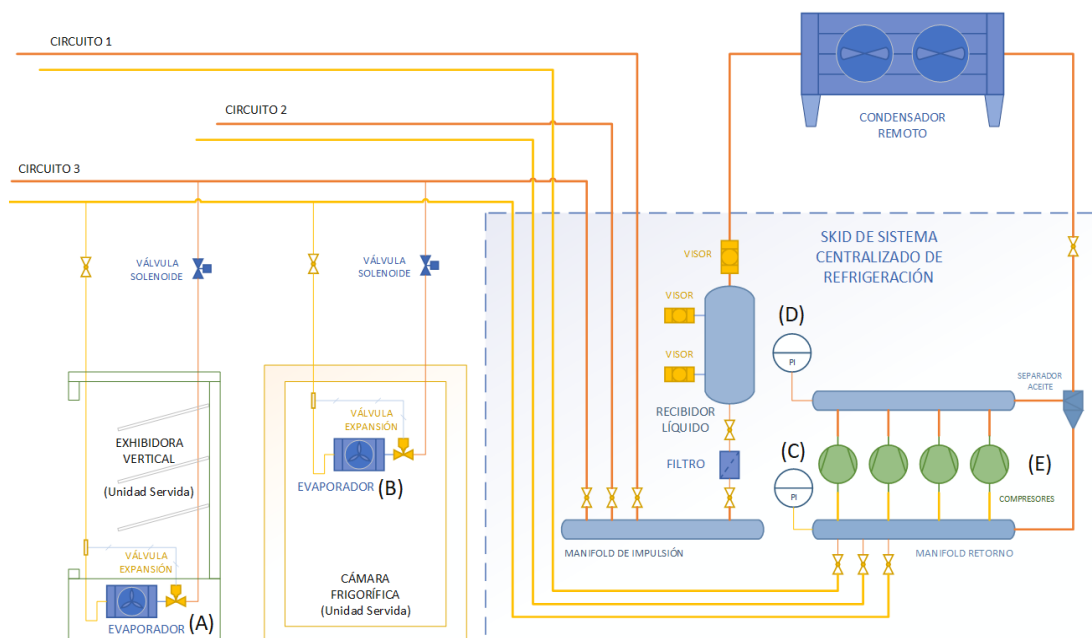


Figura 2: Esquema general de un sistema remoto centralizado de expansión directa.

Actualmente, es común que todas las unidades de refrigeración cuenten con un termómetro. Localmente, es posible llevar un registro de observaciones y niveles de control (alarmas).

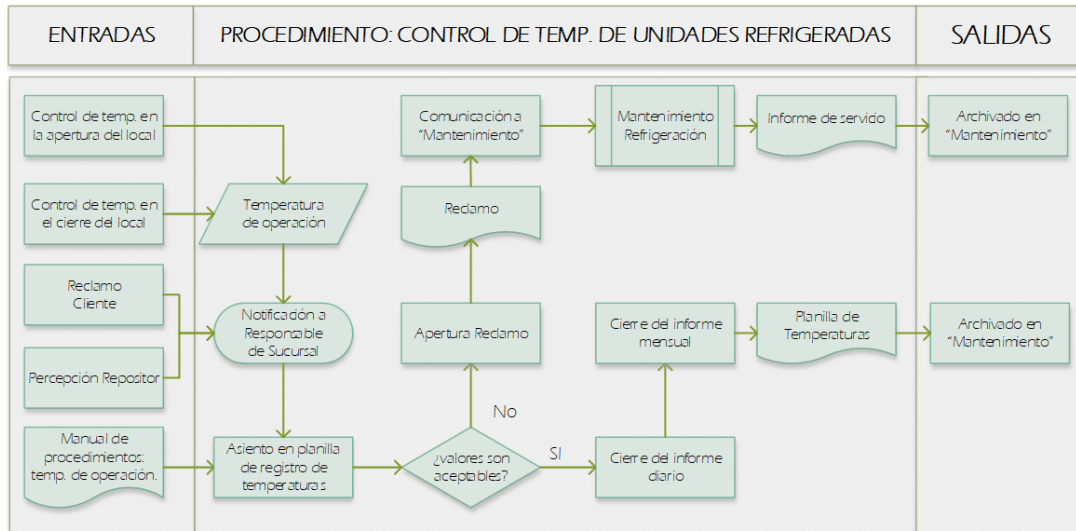


Figura 1: Ejemplo de procedimiento de control de equipos de refrigeración

Siguiendo procedimientos de inspección sensorial (Figura 1), es posible detectar fallas graves del servicio. Pero tratándose de equipos con comportamiento variable (refrigeración, descongelado, parada nocturna), afectado por factores externos (temperatura, humedad, horarios de apertura y cierre de la sucursal), alterado por condiciones de uso (reposición de mercadería, proceso de limpieza) y con objetivos de desempeño dependientes de la mercadería (carne, lácteos, pastas, vegetales, etc.), la interpretación de valores inadecuados de funcionamiento, puede convertirse en una tarea exhaustiva y de alta capacitación.

Como resultado, los encargados habitualmente solo detectan niveles muy altos de temperatura. En el peor de los escenarios, son los clientes los que manifiestan que la mercadería exhibida se encuentra en condiciones inadecuadas.

## 2.2. Transformación Digital

La Internet de las cosas (IoT) "permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno. Utiliza nuevos sensores y actuadores que, en combinación con los análisis... de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes" [3].

La arquitectura de la información basada en Internet "permite el intercambio de bienes y servicios entre todos los elementos, equipos y objetos conectados a la red. La IoT se refiere a la interconexión en red de todos los objetos cotidianos, que a menudo están equipados con algún tipo de inteligencia. En este contexto, Internet puede ser también una plataforma para



*dispositivos que se comunican electrónicamente y comparten información y datos específicos con el mundo que les rodea. Así, la IoT puede verse como una verdadera evolución de lo que conocemos como Internet añadiendo una interconectividad más extensa, una mejor percepción de la información y servicios inteligentes más completos.” [4]*

Diversas metodologías de adquisición se han materializado en la práctica en casos prácticos y laboratorios experimentales de adquisición de datos, empleando sistemas embebidos programables. Para estos fines, se registran experiencias con plataformas de desarrollo ARDUINO [5, 6, 7] o equipos de uso frecuente en la industria, como Termistores (RTD pt100) y dispositivos HMI (human-machine interfaces) [8, 9, 10].

El mercado cuenta con diversos dispositivos específicamente destinados al seguimiento y control de sistemas de refrigeración. Ejemplos de estos son: SITRAD [11], NOVUS [12], entre otras aplicaciones. Estos dispositivos cuentan con la ventaja del respaldo de marcas internacionales, que ofrecen soporte técnico, intercambiabilidad, actualización de hardware y firmware, entre otras.

### 3. METODOLOGÍA

Para la captura y resguardo de datos, se emplea computación de borde. Con este enfoque de procesamiento y almacenamiento, los datos que se lleva a cabo en la sucursal donde se generan. La metodología presenta ventaja en el resguardo de datos, contra el procesamiento en ubicaciones remotas o en la nube, que requiere estabilidad de flujo de datos en la intranet de la cadena. Los datos almacenados en el servidor local pueden ser transferidos como paquetes de información periódicos, cuando son requeridos para su análisis.

El relevamiento de datos se ejecutó empleado empleado el paquete comercial SITRAD [12], provisto por Full Gauge Control (Figura 3).

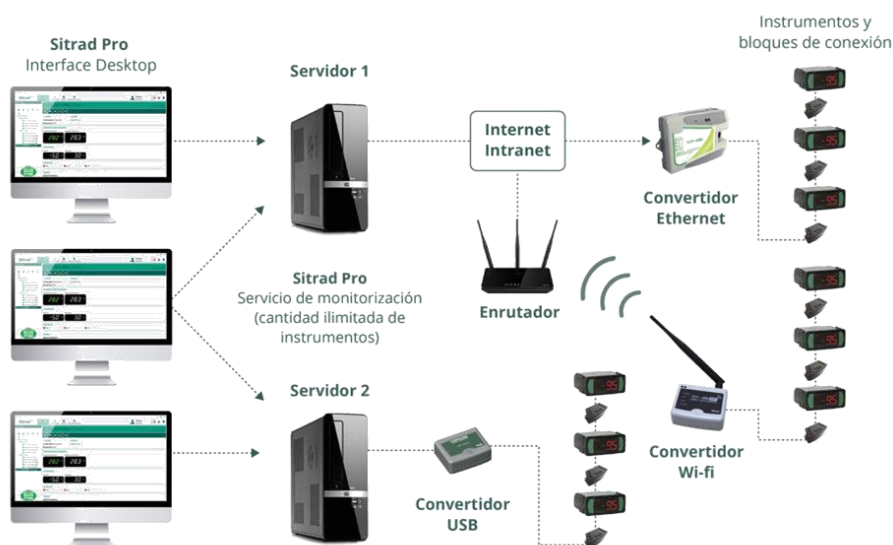


Figura 3: Estructura del sistema instalado.

Las variables de funcionamiento seleccionadas para relevamiento fueron:

- Temperatura de consumidor (temperatura del aire en la succión de los forzadores de los evaporadores). (Figura 2, A y B): Estaciones 3; 10; 11 y 12.
- Presión de Baja en el colector de succión de los compresores (aproximadamente igual a la presión de evaporación y línea de retorno). (Figura 2, C): Estación 7.
- Presión de Alta en el colector de descarga de los compresores (aproximadamente igual a la presión en condensador y línea de distribución). (Figura 2, D): Estación 8.
- Tensión de alimentación (Fase R, S y T). (Figura 2, E). Estación 9.

Durante la etapa de puesta a punto del sistema, las recolecciones de datos se realizan sin observación en tiempo real, ni intervención en el proceso de decisión, operando con el sistema tradicional, con el objetivo de reunir datos adecuados para el desarrollo de cartas de control [13].

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Datos recolectados**

Se trasladan las gráficas de datos durante el período 01/09/2015 al 01/03/2017, para ejemplificar la variabilidad de los datos y su contraste con la variabilidad de las temperaturas ambientes.

Los datos graficados corresponden a los valores medios de cada turno de trabajo diario, que permiten observar la variabilidad entre franjas horarias e incidencia de luz solar. Estos datos se comparan con las temperaturas máximas y mínimas diarias, declaradas por el servicio meteorológico nacional.

#### **4.1.1. Temperatura de consumidores**

La Figura 4 muestra las lecturas de temperatura de dos estaciones distintas (3 y 11). Cada una de ellas tiene objetivos de temperatura correspondientes a los productos a resguardo. Se puede observar que la variabilidad de las lecturas acompaña a la variabilidad de la temperatura ambiente. Además, en la estación 3 se puede observar la incidencia de un efecto escalón (cambio de nivel) entre abril de 2016 y febrero de 2017, correspondiente a un cambio de configuración del equipo.

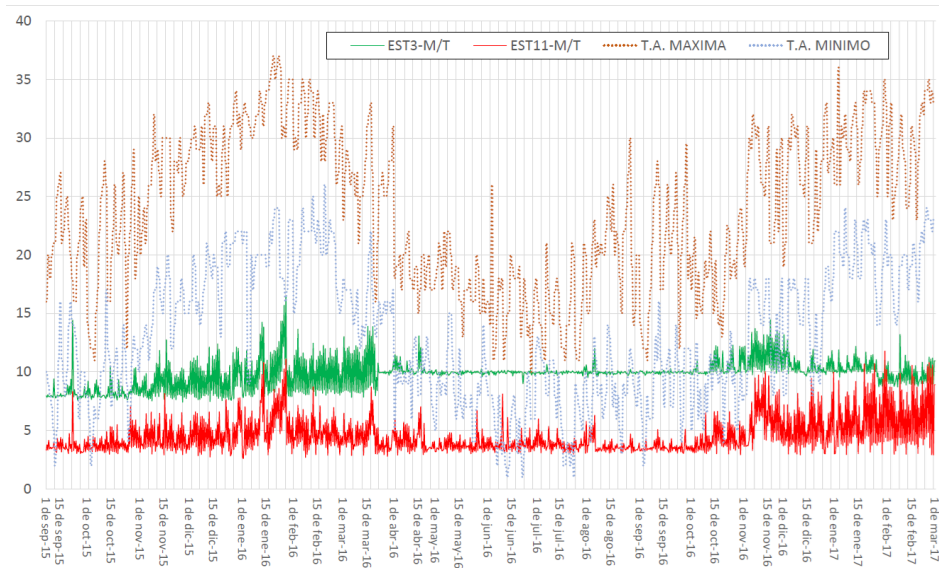


Figura 4: Temperaturas de las estaciones 3 y 11

La Figura 5 muestra las lecturas de temperatura de las estaciones 10 y 12. A partir de mayo de 2016 se observa un claro efecto de cambio de nivel en la estación 10, debida a un cambio de configuración del equipo. La estación 12 presenta varios cambios de nivel. Esta gráfica pone de manifiesto la diferencia entre la variabilidad de temperaturas entre distintos equipos. La estación 12, por ejemplo, presenta una variabilidad muy superior a la estación 10.

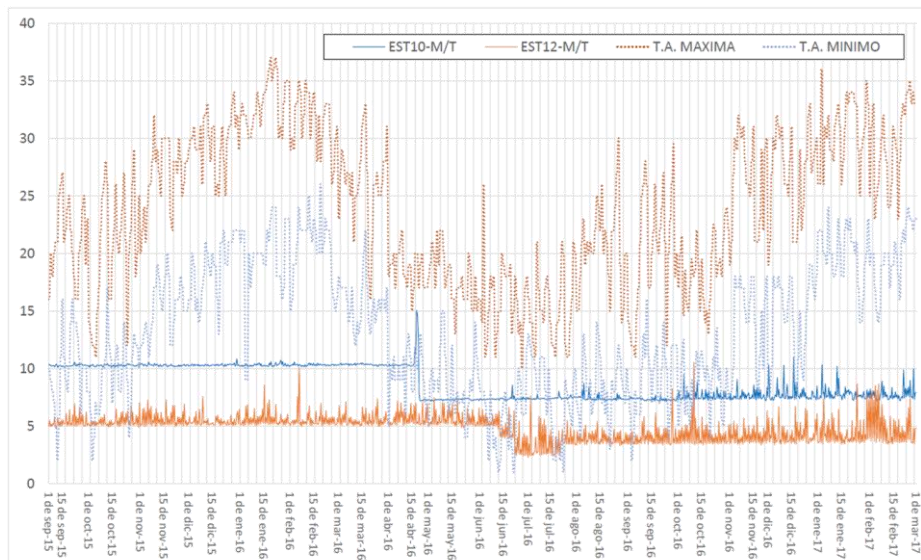


Figura 5: Temperaturas de las estaciones 10 y 12

#### 4.1.2. Presión

La Figura 6 pone de manifiesto los datos recolectados de presión de alta (estación 7) y presión de baja (estación 8).

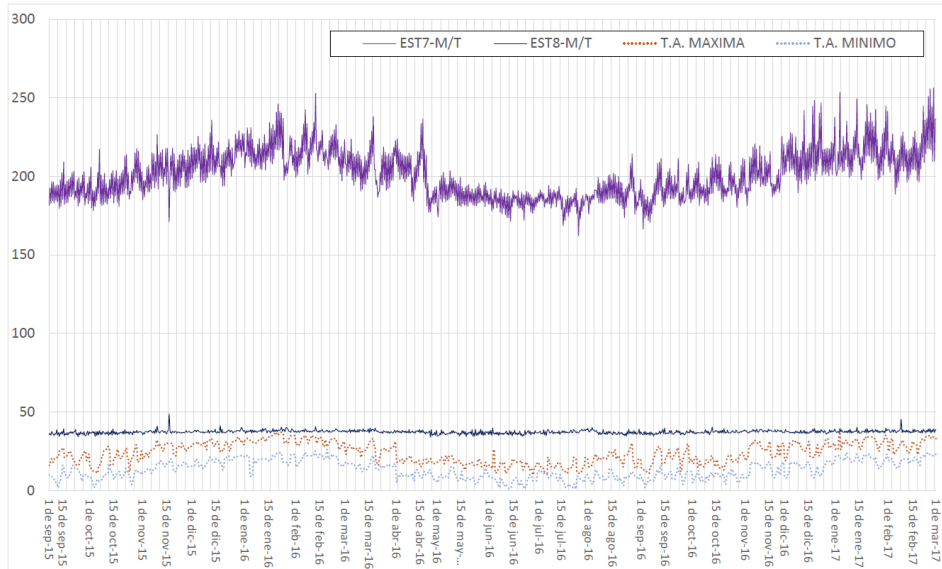


Figura 6: Presiones en las estaciones 7 y 8.

#### 4.1.3. Tensión de alimentación

La Figura 7 muestra los datos de tensión de alimentación a pie de tablero de la central de refrigeración.

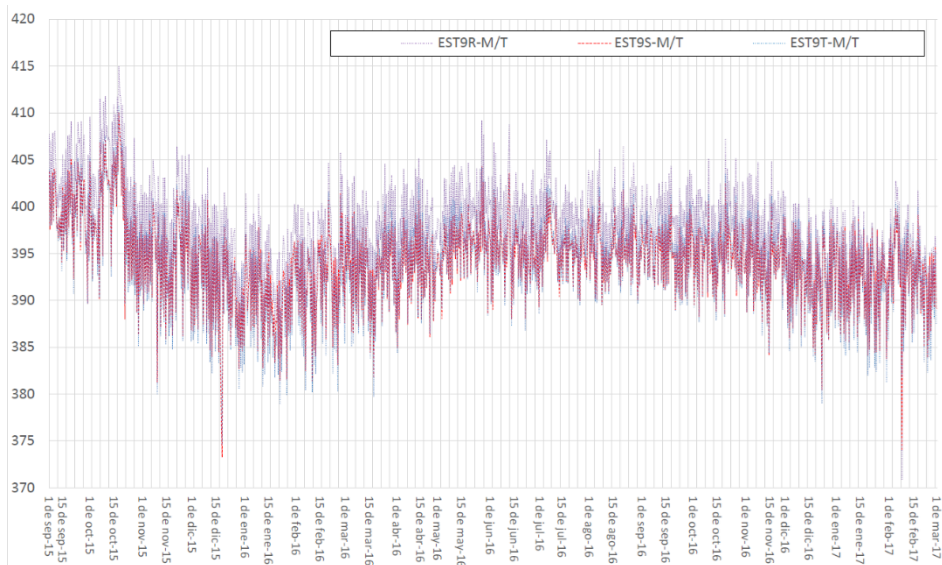


Figura 7: Tensiones de alimentación





## 4.2. Desarrollo de un evento de falla.

Durante la recolección de datos para el estudio preliminar del sistema, se produjo un evento de falla por pérdida de estanqueidad (Figura 8). A medida que la carga de fluido frigorífico se redujo, el sistema perdió capacidad. En las gráficas de evolución de temperaturas de la estación, se observa como las temperaturas se incrementan con el paso del tiempo.

A partir de la fecha 01/11 comienza un progresivo aumento de las temperaturas medias del recinto refrigerado. Durante las observaciones diarias, los responsables locales no detectaron el evento durante su génesis, incluso cuando las condiciones se agravaron a partir del 04/11. La detección se produjo después del 07/11. La restitución del sistema fue posterior al 11/11.

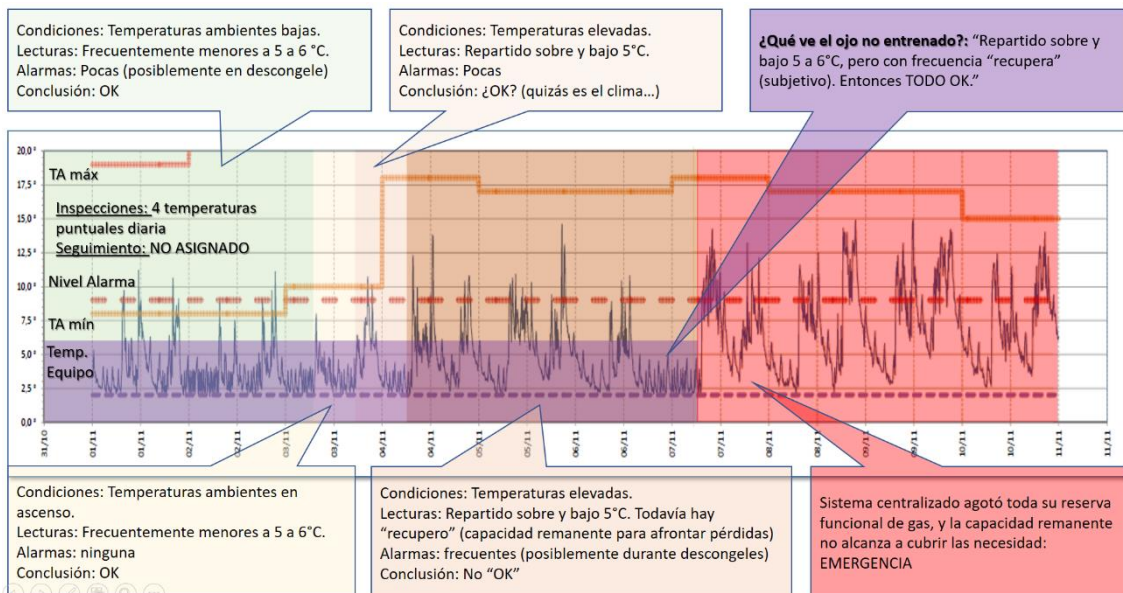


Figura 8: Caso real de desarrollo de una falla por pérdida de estanqueidad

La adecuada lectura de los datos continuos, permite observar que las temperaturas medias han aumentado entre el 04/11 y el 07/11, respecto a las lecturas entre el 31/10 y el 02/11.

## 5. CONCLUSIONES

En los datos recolectados, se observan comportamientos distintos entre lecturas de naturaleza similar. Las lecturas de temperatura de equipos cambian en variabilidad y valor medio.

Durante un evento de falla, se observan cambios en el comportamiento de las lecturas.

Distintos factores de servicio afectan el desempeño de los equipos (meses del año, días de la semana, turnos del día, jornadas laborales, condiciones particulares de marcha, temperatura





ambiente, etc.). Estos efectos dificultan un análisis intuitivo, e influyen sobre la toma de decisiones.

El análisis intuitivo de datos es una tarea que requiere alta capacitación. Para el seguimiento de múltiples equipos, es necesario un procesamiento estadístico de los datos, que aísle efectos de factores externos.

La centralización de los datos, permite una observación global del sistema, mejorando la eficiencia y eficacia de los miembros altamente capacitados de la organización. Permite la toma de decisiones informada y una distribución racional de recursos.

## REFERENCIAS

- [1] Boletín Oficial del Estado Español. *Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias*. Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 552/2019. Año 2019.
- [2] Creus J. A. *Tratado práctico de refrigeración automática (Doceava Edición)*. Marcombo SA. Barcelona, Año 1971. ISBN: 84-267-1140-5.
- [3] OECD. *Enabling the Next Production Revolution: the Future of Manufacturing and Services - Interim Report: Meeting of the OECD Council at Ministerial Level*. Paris, 2016.
- [4] Silvestre S., Salazar, J. *El mundo Internet of Things (IoT) (Primera edición)*. Erasmus+, Año 2019.
- [5] Chavarría-Domínguez F., Jimenez-Silva I., Hernandez-Barabata F., Noble-Perez H. *Diseño de interfaz de control y adquisición de datos para un prototipo didáctico de refrigeración*. Revista del Diseño Innovativo, Volumen 3, Número 7, páginas 1-7, Año 2019. <https://doi.org/10.35429/jid.2019.7.3.1.7>
- [6] Corte E., Flores C., Jara N., Cesar Isaza C. *Sistemas de refrigeración doméstica - estado del arte de las mejoras en la eficiencia energética*. Revista de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca Ecuador, Número 9, Año 2015.
- [7] Roffé F., Lombardero G. O., Sánchez G. *Desarrollo de un sistema para el registro de variables termodinámicas en un equipo de enfriamiento*. Revista Elektron, Volumen 5, Número 1, página 7-14, Año 2021. <https://doi.org/10.37537/rev.elektron.5.1.123.2021>
- [8] Cuevas C., Fonseca N. *Modelado de un sistema de refrigeración caracterizado en un rango amplio de condiciones de operación / Modelling of a refrigeration system characterized under extended operating conditions*. Ingeniare, revista chilena de ingeniería, Volumen 24, Número 4, Año 2016. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052016000400016>
- [9] Mendoza-Miranda J. M., Belman-Flores J. M., Gallegos-Muñoz A., Mota-Babiloni A., Navarro-Esbrí, J. *Computational tool for experimental refrigeration system analysis using spreadsheets / Herramienta computacional para analizar un sistema experimental de refrigeración usando hojas de cálculo*. Revista Dyna (Spain), Volumen 89, Número 6, Año 2014. <https://doi.org/10.6036/7255>
- [10] Ochoa G. V., Rodríguez K. C., Agudelo L. M., Guerra C. P. y Abella J. C. (2017). *Instrumentación y control de un banco de fallas de refrigeración y acondicionamiento de aire*

*utilizando LABVIEW®*. Revista Espacios, Volumen 38, Número 57, página 10, Año 2017. ISSN 0798 1015.

[11] Full Gauge Controls. SITRAD. USER GUIDE. 2014

[12] Novus Automation, SUPERVIEW, Manual de Instrucciones. ([www.novusautomation.com](http://www.novusautomation.com))

[13] Pulido H. G., La Salazar, R. D. V. *Control estadístico de la calidad y seis sigmas (Tercera Edición)*. McGraw Hill Education. Año 2013. ISBN: 978-970-10-6912-7

