

INFORME

# REFRIGERACIÓN INTELIGENTE INDUSTRIA HORTOFRUTÍCOLA



Los principales consumidores de necesidades frigoríficas son la industria alimentaria, la logística y el retail, cuyo volumen de negocio es de 11 trillones de euros en todo el mundo, y están experimentando un fuerte proceso de transformación digital donde, no sólo demandan frío, sino que este proceso debe de ser lo más eficiente posible energéticamente, además de respetuoso con el medioambiente, tanto por que lo demanda el consumidor final, como porque así lo exige la normativa.

Las soluciones de refrigeración más eficientes del mercado son el NH<sub>3</sub> y el CO<sub>2</sub> y ante un escenario de tecnologías frigoríficas maduras con difícil mejora de los rendimientos teóricos, la única forma de seguir mejorando es definir una estrategia energética y de funcionamiento apoyada en inteligencia artificial. Las nuevas tecnologías aplicadas a la industria, ayudarán a la industria a ser más eficiente, sostenible y, sobre todo, competitiva, con la eliminación de costes, la garantía de no sufrir paradas de producción y la optimización de los recursos.

La nueva estrategia de refrigeración para la industria 5.0 debe disponer de un sistema de medición de datos y análisis en tiempo real, que permita optimizar los costes realizando acciones de mejora continua, gracias al desarrollo de sistemas de predicción y optimización, mediante la ejecución de acciones inteligentes autoejecutables. Esto permite alejarse del modelo tradicional de refrigeración, donde no hay datos y el mantenimiento es 100% en campo, y pasar a un modelo de refrigeración con un 70% de acciones autoejecutables con gestión eficiente de la energía.

Además, existen otras problemáticas, como:

- Fallos debidos a malos funcionamientos del sistema frigorífico que ocasionan pérdidas de mercancía y/o paradas de producción, además de altos consumos de energía.

- Descompensaciones de funcionamiento y diseño de la instalación de refrigeración que dificultan la mejora de su rendimiento (COP).
- Dificultad para integrar distintos dispositivos o máquinas con protocolos de comunicación diferentes y de varios fabricantes.

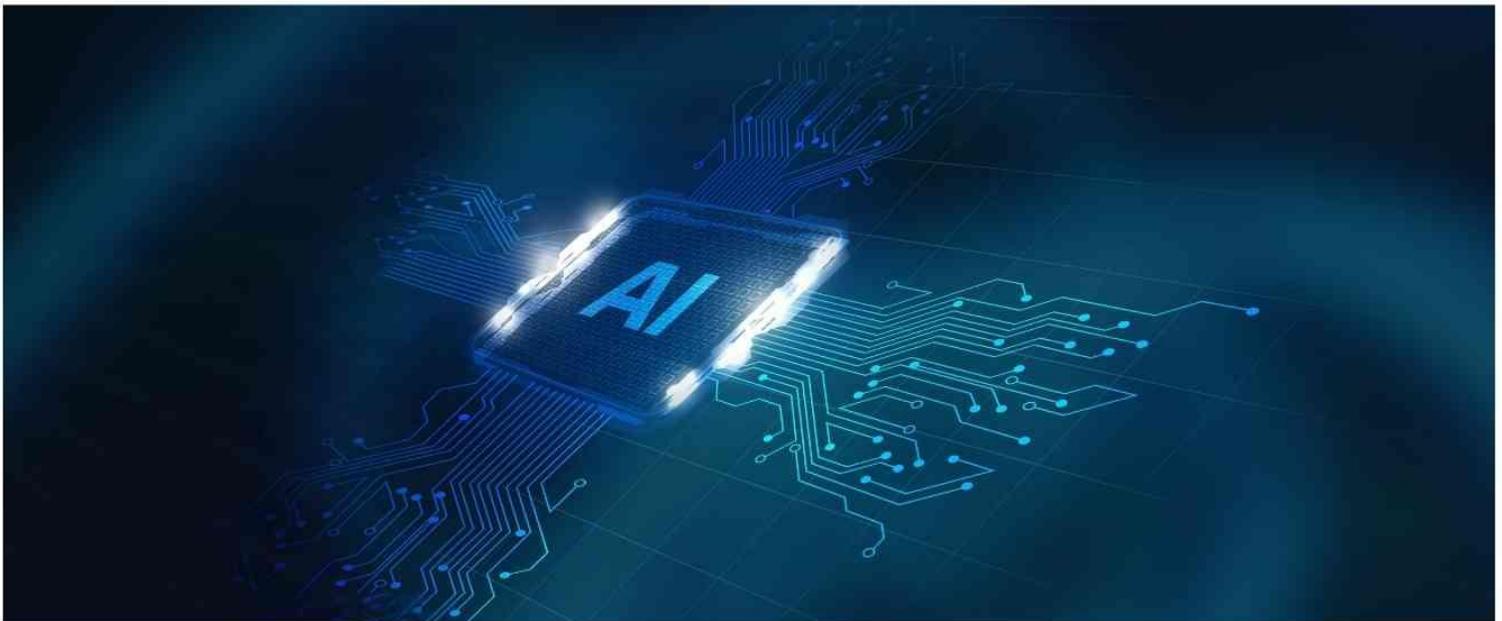
La diferenciación y competitividad radica, por tanto, en el tratamiento de los datos y en el control de la instalación de refrigeración, siendo necesaria una estrategia adaptativa en consumos, procesos, temperaturas, etc. para minimizar la energía consumida y detectar el fallo antes de que se produzca, para garantizar la cadena de frío y la seguridad alimentaria.

**La Industria 5.0 implica evolucionar hacia la eficiencia energética, con consumos adaptados a la potencia contratada y a las necesidades operativas y de proceso de cada actividad industrial. Implica invertir en el mantenimiento con un 70% de actuaciones predictivas autoejecutables.**

100 % Actuación en campo  
(Preventivo y Correctivo)



70 % Preventivo y predictivo Online  
30 % Actuación en campo



**Con la tecnología, podemos superar estos desafíos y lograr la conservación alimentaria al menor coste posible como camino a la descarbonización.**

Estas son algunas de las tecnologías que permiten integrar inteligencia en los sistemas de refrigeración:

- IoT. Conectar y recopilar datos de diversos sensores y dispositivos en tiempo real que permiten tener monitorizados en todo momento los equipos y que estos se hablen entre sí.
- IA y automatización. Algoritmos de mantenimiento de las instalaciones y optimización energética, los cuales son capaces de aprender en base a la experiencia, de forma automática. Se identifican patrones, se realizan predicciones y se ejecutan acciones en función de los resultados obtenidos.
- Gemelo digital, para comparar instalaciones ideales vs reales y optimizarlas en consecuencia.
- Análisis de Datos: Técnicas avanzadas para extraer insights, tendencias y anomalías de grandes conjuntos de datos.
- Computación en la Nube: Para almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Permite: escalabilidad, flexibilidad y accesibilidad para usuarios en diferentes ubicaciones.
- Herramientas de Visualización: Herramientas de visualización sofisticadas y paneles de control para presentar datos e insights de manera intuitiva y accionable.

# La refrigeración en el sector hortofrutícola

Cada hortaliza y fruta tiene sus propias características, lo cual supone un reto a nivel industrial. La refrigeración es el mejor sistema para mantener estos alimentos frescos y aumentar su vida comercial. Esta se realiza en cámaras frigoríficas en atmósfera controlada, siendo instalaciones más ecológicas si utilizan como refrigerante CO<sub>2</sub> o amoníaco. Estas cámaras controlan la temperatura, humedad y circulación y renovación de aire (ventilación).

Para frutos climatéricos, previamente a recoger el fruto, se calcula el tiempo de recogida, transporte, almacenamiento y distribución, por lo que se recoge el mismo bastante antes de su maduración, la cual se completará posteriormente en cámaras frigoríficas que aseguren las condiciones adecuadas, hasta llegar el momento de su puesta a venta. Para frutos no climatéricos, este tiempo se calcula teniendo en cuenta que el fruto debe estar en la planta hasta el momento óptimo de maduración.

La **temperatura** afecta de distinta manera, dependiendo de si son climatéricos, retrasando su maduración, o no climatéricos, retrasando su deterioro. Una temperatura elevada dañará sus tejidos y destruirá su actividad enzimática, si la temperatura asciende por encima de los 40°C o 60°C respectivamente, provocando sabores alcohólicos desagradables y cambios en la textura de los frutos. Una baja temperatura, de congelación o cercana, provocará igualmente alteraciones desagradables en el sabor y rotura de tejidos.

Para el caso de frutas tropicales, especialmente sensibles al frío, sufrirán lesiones como ennegrecimiento y cambios en el sabor, si se ven sometidas a temperaturas entre los 5°C y los 14°C durante un cierto periodo de tiempo.

La **humedad** es otro factor muy importante, ya que durante la maduración, los frutos transpiran y pierden agua de forma natural, por lo que, para evitar la pérdida hídrica y la aceleración de la senescencia del fruto, las cámaras en las cuales se almacenan deben tener humedades relativas altas entre el 85 y el 95%, generalmente 90% para frutas y sobre 95% para hortalizas. Hay que controlar de forma adecuada este valor, ya que un exceso de humedad podría ocasionar la aparición y crecimiento de mohos. La humedad relativa se gestiona mediante sistemas de control de las condiciones del refrigerante del que se trate (Gas CO<sub>2</sub>, amoníaco y glicol), en el interior del evaporador y/o humectación de los locales, con vapor o agua pulverizada.

Se debe controlar la atmósfera con una correcta **ventilación**, para evitar que, por obra de la propia respiración de los frutos, se cree una atmósfera cuyo nivel de oxígeno baje del 2%. Si esto sucede, las frutas que necesitan oxígeno para cambiar de color para su maduración seguirán verdes, y se iniciarán procesos de fermentación, que conducirán a perder los frutos. Al mismo tiempo, tendrá que controlarse el etileno que desprenden naturalmente los frutos por efecto de su maduración, eliminándose con la ventilación adecuada.



Las altas exigencias de las instalaciones de refrigeración para frutas y hortalizas, se controlan gestionando varias variables simultáneas en las cámaras frigoríficas, que de forma generalizada se resumen en: la existencia de bajas temperaturas, humedad relativa alta, y ventilación que garantice una relación correcta de oxígeno y CO<sub>2</sub>, todo ello, con una adaptación total, dado que cada fruta y hortaliza tiene sus propias condiciones óptimas de conservación.

# Monitorización y gestión de activos

La medición es el primer paso. Es necesario poder leer, visualizar y graficar de forma interactiva (en tiempo real e históricos), todas las variables y alarmas de los distintos activos existentes: salas de máquinas, cámaras de refrigeración y los servicios a los que éstas suministran frío, salas de ventas con los distintos muebles frigoríficos, así como cualquier otra variable eléctrica o de proceso de otras instalaciones.

Esta monitorización debe permitir la integración de diferentes protocolos de comunicaciones (MBUS, IEC, XML, IPC...) de todos los activos (con diferentes sistemas de control: SCADA, BMS, PLC...) independientemente de su marca, para así monitorizar todo desde un único lugar.

Con acceso desde un panel de control a todos tus centros e instalaciones, dentro de cada centro se pueden crear diversos paneles de lectura en tiempo real de todas las variables relacionadas con los activos existentes y de las alarmas correspondientes.

También debemos poder acceder al histórico, y de forma ágil e interactiva, graficar las señales y alarmas que queramos en un periodo de fechas determinado.

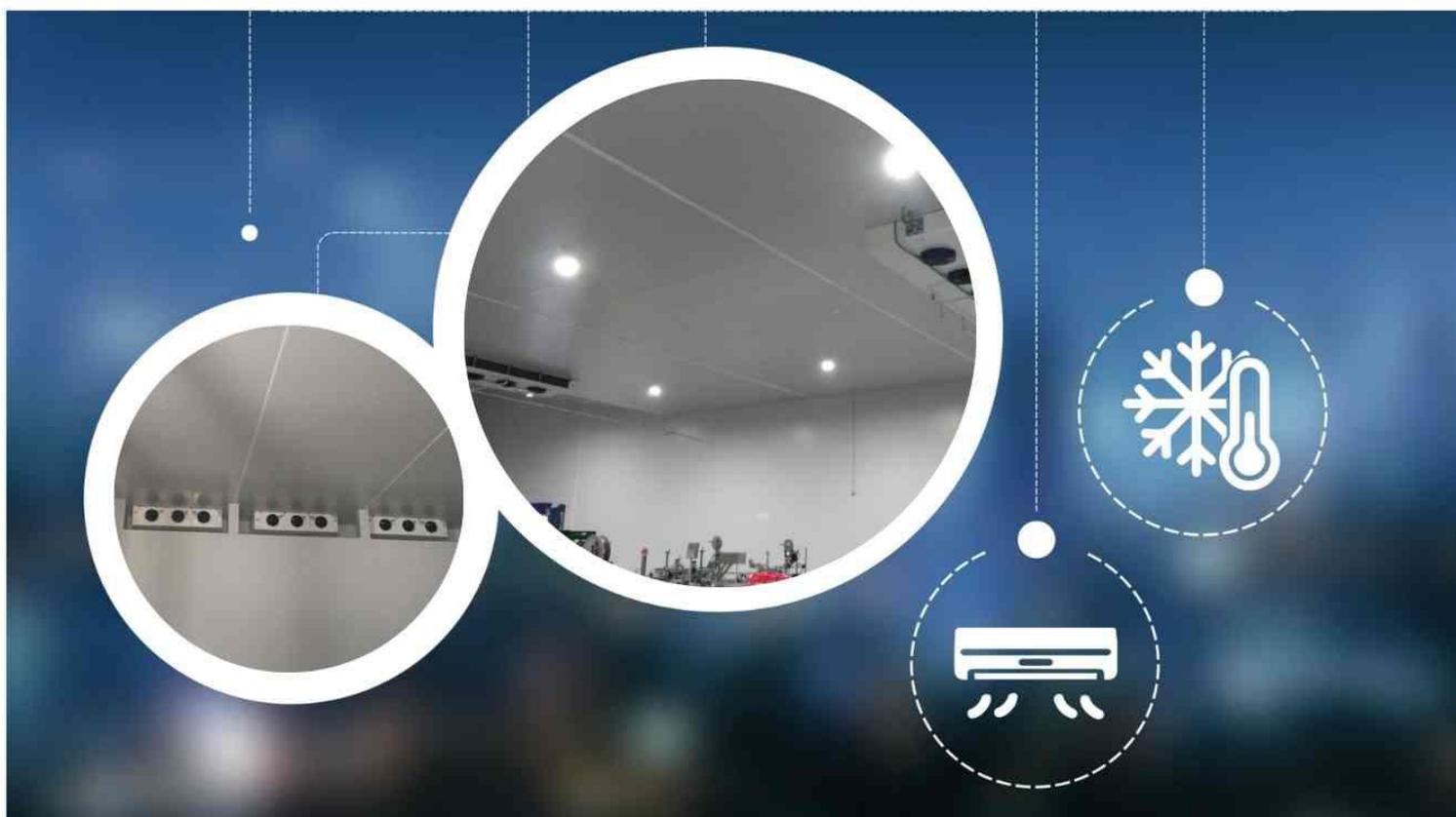
Finalmente, los activos deben poder clasificarse energéticamente, de tal forma que se discrimine entre los distintos tipos de actuaciones que se pueden realizar sobre ellos, y facilitar así decisiones técnico-energéticas sobre su funcionamiento.

## INTEGRACIÓN DE OTRAS ENERGÍAS

Es muy importante que en todo este proceso de refrigeración se puedan gestionar las energías renovables de las que se dispongan; es decir, aprovecharlas para la gestión del sistema de refrigeración, lo cual deriva en un mayor ahorro energético y económico.

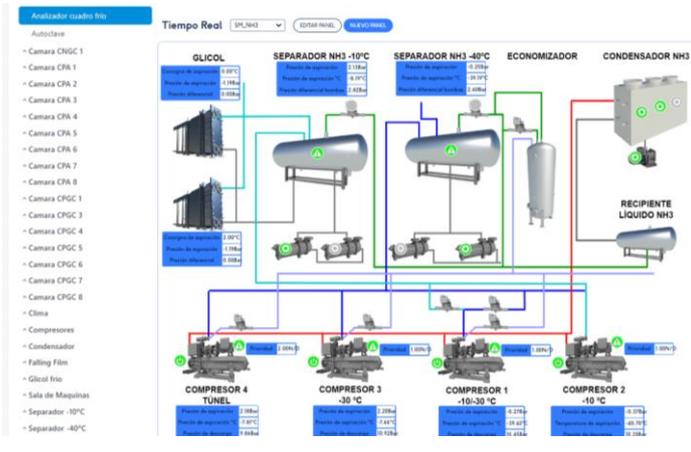
Por ello, integrar de forma centralizada otras variables energéticas y del proceso productivo: solar, fotovoltaica, agua, aire comprimido, cogeneración, contraincendios, energía eléctrica, fotovoltaica, gas/vapor, ventilación... permitiría convertirlo en un business management system con mayor potencial, si cabe.

Así, también permite actuar sobre la climatización, la iluminación... y así realizar una gestión mucho más integral y completa.

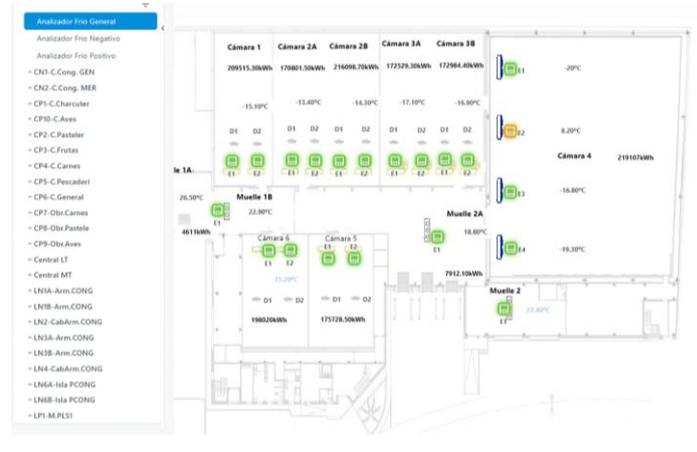


# Monitorización y gestión de activos

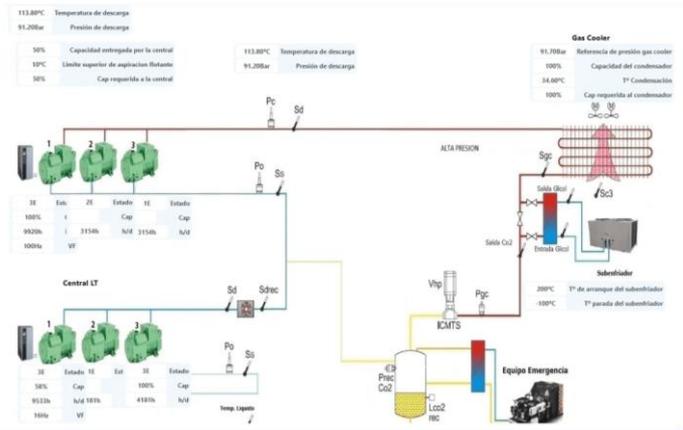
Panel interactivo de monitorización de sala de máquinas de instalación de frío industrial:



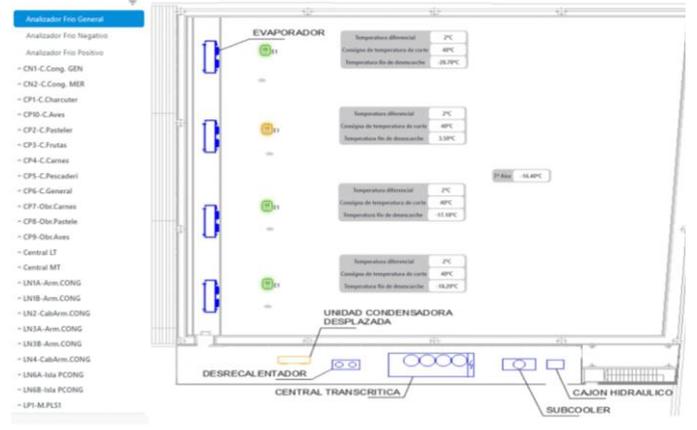
Panel interactivo de monitorización de cámaras frigoríficas de instalación de frío industrial:



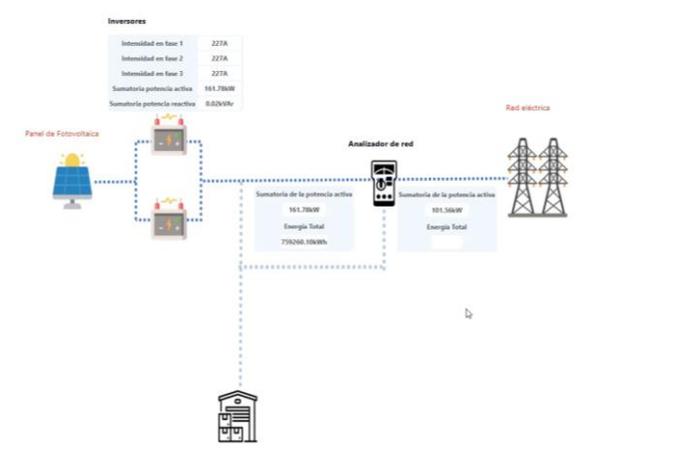
Panel interactivo de monitorización de central de refrigeración de instalación de frío industrial:



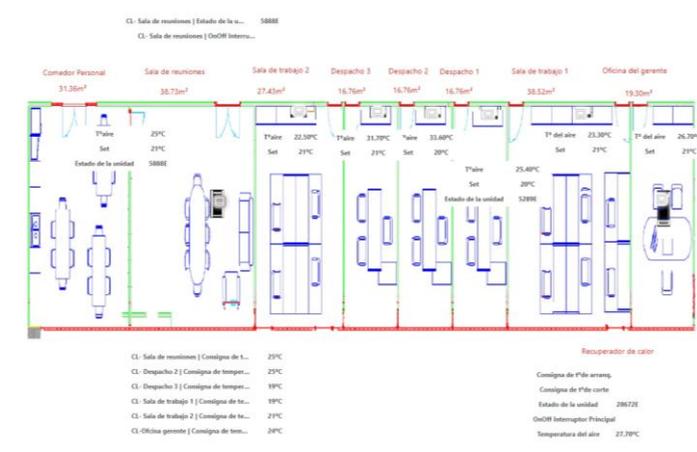
Panel interactivo de monitorización de cámara de refrigeración de instalación de frío industrial:



Panel interactivo de monitorización de fotovoltaica:



Panel interactivo de monitorización de climatización comercial:



# Optimización y gestión energética

## OPTIMIZACIÓN

El proceso de optimización permite una gestión de la demanda y de producción inteligente.

El objetivo es fijar temperaturas adaptativas en función de las necesidades que hay en tiempo real en una instalación concreta, teniendo en cuenta los productores eléctricos, las tarifas contratadas y los procesos del cliente.

El optimizador calcula la evolución de la temperatura en el futuro ajustando las consignas para que el coste sea el menor posible.

En la gráfica inferior, vemos un ejemplo de actuaciones automáticas sobre el funcionamiento de una cámara para adaptarse a los períodos tarifarios con menor coste.



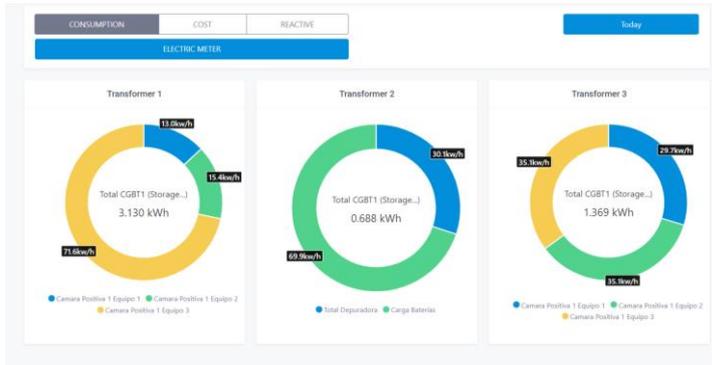
Adicionalmente, debería ser capaz de gestionar encendidos y apagados de equipos en función de unas prioridades previamente definidas para evitar excesos de consumo.

En la gráfica inferior vemos un ejemplo de evolución en la linealidad de funcionamiento de los compresores.



## ENERGÍA

En relación a la energía, es muy interesante poder visualizar una estructura de consumos donde podamos ver la energía consumida en las diferentes zonas de las instalaciones, y dentro de éstas, el consumo por períodos.



Así mismo, lo ideal es contar con una visualización de facturas con la estructura de consumos personalizada definida y una previsión del gasto, adelantándonos a la factura de la compañía eléctrica.



# Mantenimiento preventivo y predictivo

Para realizar un mantenimiento preventivo y predictivo exitoso y operacional cobra una importancia vital disponer de un sistema que vigila para que la instalación de refrigeración sea lo más eficiente posible, con la predicción de deterioros antes de que se produzcan, ejecutando acciones automáticas para corregir los pre-fallos detectados.

Los sensores recogen información de las variables físicas y producen datos para crear un registro digital que se almacena y analiza en la nube. Se procesan y se obtienen datos normalizados (big data y deep learning).

Con los modelos predictivos, se pueden predecir cuales son los valores de las temperaturas del producto y de las estructuras almacenadas en el interior de las cámaras. Al utilizar ecuaciones matemáticas que relacionan múltiples variables, es posible optimizar y extraer los valores óptimos en cada momento para reducir los costes de operación de la instalación, y consecuentemente, garantizar el óptimo estado del producto.

Con los modelos estadísticos, basados en el uso de redes neuronales, se pueden realizar predicciones que permiten corroborar el correcto funcionamiento de la instalación y, en su defecto, proceder a la corrección de los posibles fallos detectados.

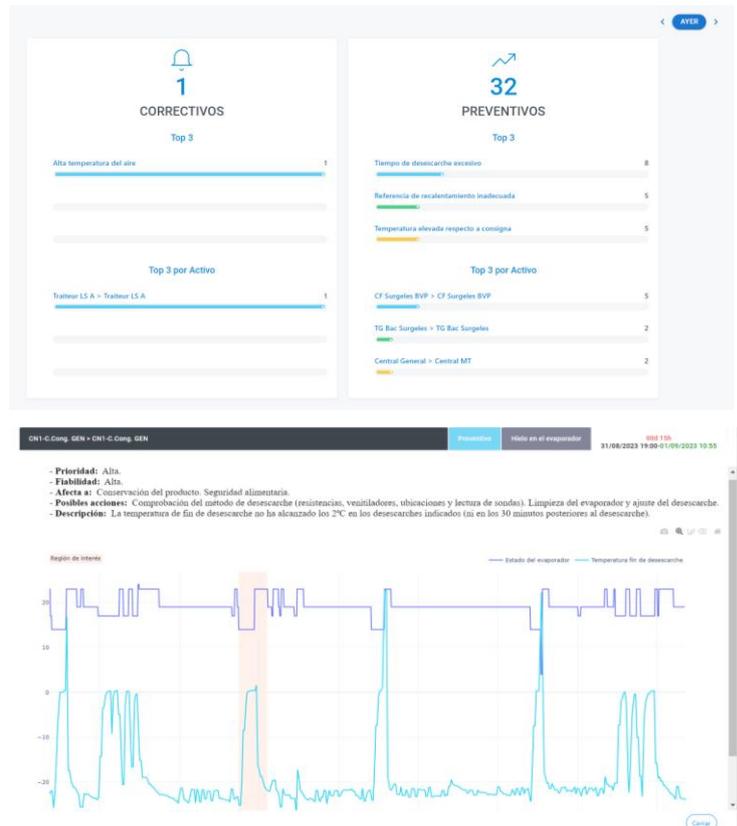
En caso de detectarse ese posible deterioro o mal funcionamiento, se haría una gestión de alarmas inteligente, generando un registro completamente transparente que permitiría actuar para solventar los motivos que dieron lugar a dicha alarma. En caso de que la diferencia absoluta entre los valores teóricos y reales de las señales superen un umbral, se guardará esa diferencia y la fecha en la que se produjo.

Si en posteriores análisis, esa diferencia se incrementa con el tiempo, se indicará un deterioro o mal funcionamiento del equipo.

Este análisis se realizaría junto con unas reglas de funcionamiento para detectar el origen del fallo y poder solucionarlo.

Esto requiere, por tanto, de un software que contenga todas las alarmas correctivas y preventivas que están analizando permanentemente la instalación y que son necesarias para el óptimo funcionamiento y mantenimiento de la misma.

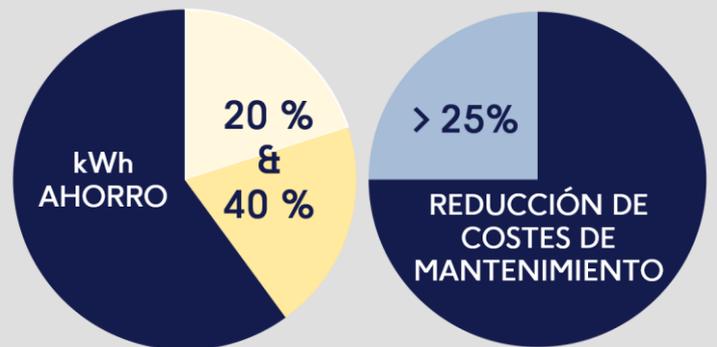
Las preventivas detectan patrones o inicios de malos funcionamientos. Se generan así eventos con distintas prioridades, que se adelantan a los fallos, y de los cuales se puede ver cuándo se producen, si se han resuelto o no, y en el caso de los preventivos, una pequeña explicación de lo que ocurre, pudiendo activar o desactivar notificaciones de forma personalizada para avisar al usuario que corresponda. Estos eventos se pueden automatizar; es decir, definir para cada uno, una regla con una condición (valor, fecha, día, hora) que si se cumple ejecute una acción determinada.



# Beneficios

Todo lo mencionado hasta aquí en este informe, supone que, con las acciones que se pueden realizar, se puede conseguir:

- Ahorro de energía: Entre un 20 y un 40%.
- Reducción de los costes de mantenimiento: > 25%.
- Sostenibilidad. Reducción de la huella de carbono. Reducción de entre un 20 y un 35% las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Mejora significativa de la vida personal de las personas que realizan tareas de mantenimiento, dado que se evita en un 70% tener que acudir por las noches y durante los fines de semana.
- Productos en condiciones perfectas de conservación. Seguridad alimentaria. Sin pérdidas de mercancía.



## ¿Y ahora, qué?

Gracias a la tecnología podemos analizar de forma permanente la instalación de refrigeración y generar acciones automáticas para optimizar el funcionamiento de la misma, adelantándonos al fallo antes de que se produzca y garantizando el funcionamiento óptimo de las instalaciones de refrigeración, con las ventajas en eficiencia, garantía de funcionamiento y control de producto y trazabilidad.

Indudablemente, la industria alimentaria es una de las grandes beneficiarias, existiendo diversas fórmulas de financiación y subvenciones que tienen como finalidad la implantación de sistemas de gestión energética en la industria cuyo objetivo es reducir el consumo de energía final y las emisiones de CO<sub>2</sub> de las instalaciones industriales.

La gran pregunta que la industria debe plantearse es: ¿me anticipo ahora o me adaptaré tarde? ¿Cuánto vale la tranquilidad de saber que, una instalación que es crítica en el proceso productivo, no solo no va a fallar en el momento más inoportuno, sino que va a predecir el deterioro de la misma y a ejecutar acciones que optimicen el funcionamiento y el ahorro energético de la misma?

SOLICITA  
UNA DEMO

