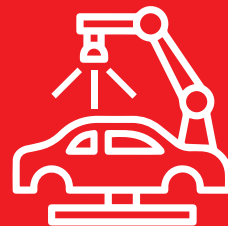


Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



“Caracterización del Índice Carbono en diferentes especies megatérmicas”

Céspedes Flores, Flora Elizabeth^{ab}; Mónaco, Ingrid Patricia^a; Fernández, Juan Alfredo^b

a INTA - EEA Colonia Benítez

b UNNE - Facultad de Ciencias Agrarias

cespedes.flora@inta.gob.ar

Resumen

La estimación del carbono (C) almacenado en la biomasa forrajera y forestal pastoreable requiere información precisa acerca de la fracción de C por especie de la biomasa de planta entera en las pasturas y de la biomasa aérea disponible para ser consumida de Leucaena y Aromito. El objetivo fue estimar la fracción o índice de C en planta entera de Tangola (*Urochloa arrecta x Urochloa mutica*), Grama rhodes (*Chloris gayana*), Pasto Clavel (*Hermarthria altissima*) y biomasa ramoneable por el ganado bovino (ramas finas, hojas y frutos) de Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Aromito (*Vachellia caven*). Se determinó la fracción de Carbono en una muestra compuesta de cada especie por el método de combustión seca y fueron analizadas con un LECO CN628. El índice de C obtenido en porcentaje de la materia seca en cada especie, en muestra compuesta de 3 sitios de muestreo fue de 21,79; 28,50; 32,02 para Tangola, Grama rhodes y Pasto Clavel respectivamente, mientras que para Leucaena y Aromito fue de 43,65 y 46,93. Los valores obtenidos en este trabajo preliminar resultan inferiores al valor por defecto de 50 % de C en la materia seca, sugerido por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). La información generada constituye una herramienta que aporta precisión a las estimaciones del C almacenado por especie en el este chaqueño, donde este tipo de datos es escaso.

Abstract

The estimation of the carbon (C) stored in forage and grazing forest biomass requires precise information about the fraction of C per species of the whole plant biomass in pastures and of the above-ground biomass available for consumption of Leucaena and Aromito. The objective was to estimate the fraction or index of C in the whole plant of Tangola (*Urochloa arrecta x Urochloa mutica*), Grama rhodes (*Chloris gayana*), Pasto Clavel (*Hermarthria altissima*) and biomass grazed by cattle (thin branches, leaves and fruits) of Leucaena (*Leucaena leucocephala*) and Aromito (*Vachellia caven*). The carbon fraction in a composite sample of each species was determined by the dry combustion method and analyzed with a LECO CN628. The C index obtained as a percentage of dry matter in each species, in a sample composed of 3 sampling sites, was 21.79; 28.50; 32.02 for Tangola, Grama rhodes and Pasto Clavel respectively, while for Leucaena and Aromito it was 43.65 and 46.93. The values obtained in this preliminary work are lower than the default value of 50 % C in dry matter, suggested by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). The information generated constitutes a tool that provides precision to the estimations of the C stored by species in the eastern Chaco, where this type of data is scarce.

Palabras claves: Leguminosa nativa, Leucaena, Servicio ambiental, Forrajeras, Captura de carbono.

INTRODUCCIÓN

La estimación del carbono (C) almacenado en la biomasa forrajera y forestal pastoreable requiere información precisa acerca de la fracción de C por especie de la biomasa de planta entera en las pasturas y de la biomasa aérea disponible para ser consumida de especies arbóreas pastoreables por el ganado en la Región Este Chaqueña.

El servicio ambiental que proveen estos ecosistemas como secuestradores de dióxido de C (CO₂) contribuye a mitigar el cambio climático y a reducir el efecto invernadero disminuyendo la concentración de este gas en la atmósfera [1].

La función de almacenamiento de C en el suelo y la biomasa vegetal, en un contexto de cambio climático tiene gran relevancia, ya que la acumulación de C puede contribuir a la mitigación del 30 % de las

emisiones anuales antropogénicas de CO₂. Se espera que el clima global en el siglo XXI experimente un incremento de la temperatura entre 1,5 °C y 4,5 °C como resultado del aumento del CO₂ [2].

Diversos estudios demostraron la variabilidad de la fracción de C según la especie vegetal. El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [3], en las evaluaciones del C almacenado en la biomasa aérea de gramíneas asume generalmente una fracción de C igual al 50 % de la biomasa, sin hacer diferenciación entre especies. Rodrigues et al. [4] señalan que la fracción de C depende de la proporción de compuestos como la lignina y los minerales inorgánicos, dado que éstos varían entre los diferentes tejidos vegetales es esperable que los componentes de las pasturas presenten distintos contenidos de C. El IPCC [3], ha proporcionado diferentes valores de la fracción de C según el tipo de especie arbórea, siendo de 0,47 para especies tropicales y subtropicales; y 0,48 a 0,51 para especies de hojas anchas y coníferas en bosques templados, respectivamente. Sin embargo, la variación de la fracción de C por especie y por componentes del árbol y/o pastura han sido escasamente documentadas en la Argentina y en otros países de la región.

Generar información sobre el contenido de C de las especies de gramíneas o arbóreas dominantes en una zona, aportaría precisión a las estimaciones del C almacenado en la biomasa vegetal del uso de suelo que se evalúe, a efectos de valorar el servicio ambiental del vegetal como fijador de C.

El objetivo fue estimar la fracción o índice de C en planta entera de Tangola (*Urochloa arrecta x Urochloa mutica*), Grama rhodes (*Chloris gayana*), Pasto Clavel (*Hermarthria altissima*) y biomasa ramoneable por el ganado bovino (ramas finas, hojas, flores y frutos) de Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Aromito (*Vachellia caven*).

DESARROLLO

El ensayo se llevó a cabo en la zona de influencia de la E.E.A. INTA Colonia Benítez, pcia. del Chaco (Argentina). Zona comprendida en un área subtropical, con veranos lluviosos de aproximadamente 1200 mm y con una ocurrencia de más del 75 % precipitaciones en época estival, inviernos secos con aproximadamente 40 mm de precipitaciones e intrusiones templadas que generan heladas de baja frecuencia. La temperatura media es de 23 °C. Los datos mencionados son promedio de los registros climáticos históricos de la estación meteorológica de la E.E.A. INTA Colonia Benítez.

Se colectaron muestras de planta entera (biomasa aérea más raíces) de pastura de Tangola (*Urochloa arrecta x Urochloa mutica*), Grama rhodes (*Chloris gayana*), Pasto Clavel (*Hermarthria altissima*) y biomasa ramoneable por el ganado bovino (ramas finas, hojas, flores y frutos) de Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Aromito (*Vachellia caven*). Los muestreos fueron llevados a cabo en campos de productores de la zona de influencia de la experimental. Las muestras colectadas de pasturas fueron lavadas para retirar el resto de suelo de las raíces, luego secadas en estufa a 65 °C hasta peso constante, por último fueron molidas y homogeneizadas todas las muestras por especie, por medio del cuarteo de muestras se obtuvo muestras compuestas de cada especie evaluada.

Las muestras fueron tomadas a fines del mes de mayo, coincidente con la etapa fenológica de máxima expresión de la biomasa, en el caso de las especies arbóreas éstas se encontraban en su mayoría con frutos ya formados.

La estimación de la fracción de C y N se efectuó mediante combustión seca utilizando un autoanalizador de C:N, marca LECO CN628, modelo TRUSPEC (Leco Corp., St. Joseph, MI, Estados Unidos), siguiendo el método de Dumas de oxidación seca con horno de inducción a alta temperatura [6]. Los análisis se efectuaron en el Laboratorio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Estación Experimental Agropecuaria Leales, Tucumán).

Los resultados obtenidos fueron del primer año de muestreo del proyecto (2021), es decir son datos preliminares. Actualmente se continúa con el muestreo, se agregó al muestreo el fraccionamiento en biomasa aérea y biomasa subterránea (raíces) por separado en el caso de las pasturas. Para las especies arbóreas se han separado los frutos del resto de la fracción ramoneable por parte del ganado bovino en la zona. Esto es a efectos de continuar obteniendo información útil para evaluar estas especies como potenciales fijadoras de C.

De manera descriptiva, se presentan los resultados de nitrógeno de las muestras colectadas, la determinación de este nutriente también se realizó con el mismo equipo autoanalizador LECO CN628.

De los resultados obtenidos, el índice o fracción de C en porcentaje de la materia seca en cada especie, en muestra compuesta de 3 sitios de muestreo fue de 21,79; 28,50; 32,02 para Tangola (ver Foto 1), Grama rhodes (ver Foto 3) y Pasto Clavel (ver Foto 2) respectivamente, mientras que para Leucaena (ver Foto 5) y Aromito (ver Foto 4) fue de 43,65 y 46,93 (ver Tabla 1).



Foto 1: Pastura de Tangola (*Urochloa arrecta* x *Urochloa Mutica*).



Foto 3: Pastura de Grama rhodes (*Chloris gayana*).



Foto 2: Pastura de Pasto Clavel (*Hemarthria altissima*).



Foto 4: Aromito (*Vachellia caven*).

Los valores encontrados en el presente trabajo son inferiores a los mencionados por el IPCC [3]. En las evaluaciones del C almacenado en la biomasa aérea de gramíneas proponen generalmente una fracción de C igual al 50 % de la biomasa, sin hacer diferenciación entre especies. Asimismo, son inferiores a los que proporciona el IPCC [3] para la fracción de C según el tipo de especies arbóreas, siendo de 0,47 para especies tropicales y subtropicales.

Los resultados obtenidos de fracción de C son similares a los informados por Rodrigues et al. [4], quienes hallaron en las partes leñosas para todas las especies de manglares analizadas en del sureste de Brasil, valores de $44,1 \pm 1,4$ %; en partes verdes de *A. schaueriana* y *L. racemosa* de $42,6 \pm 1,4$ % y de *R. mangle* con $44,9 \pm 4,5$ % de C. Nuestros resultados también son coincidentes con los valores obtenidos por Sione et al. [5], quienes encontraron valores en

bosques nativos del Espinal entrerriano (Argentina), donde evaluaron especies de *Prosopis affinis*, *Vachellia caven* y *P. nigra*, en promedio en su biomasa arbórea aérea encontraron un stock de $43,99 \pm 10,43 \text{ tn C ha}^{-1}$.

En los datos presentados en la Tabla 1, podemos observar que las especies arbóreas son leguminosas, de la familia Fabaceae (Mimosoideae), registran valores de nitrógeno más elevados que las gramíneas o poáceas analizadas en este trabajo.

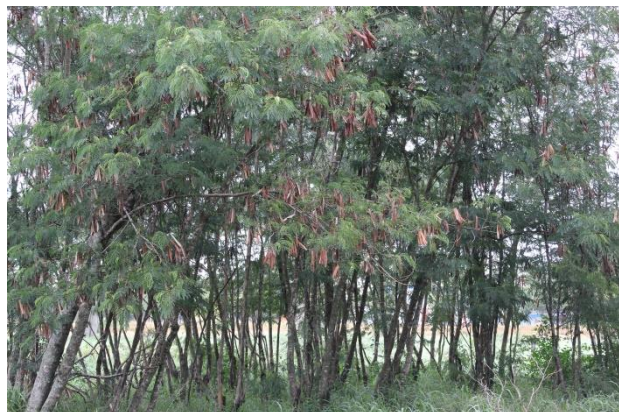


Foto 5: *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*).

Tabla 1: Resultados de las fracciones de carbono y nitrógeno por especie en planta entera y biomasa ramoneable de especies arbóreas.

Especie vegetal	C %	N %
Tangola	21,79	0,64
Gramma rhodes	28,50	0,63
Pasto clavel	32,02	0,36
Leucaena	43,65	3,88
Aromito	46,93	2,17

CONCLUSIONES

Los valores preliminares obtenidos en este trabajo, resultan inferiores al valor por defecto de 50 % de C en la materia seca en la biomasa de pasturas y 47 % de C en especies arbóreas tropicales y subtropicales, sugeridos por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). La información generada constituye una herramienta que aporta precisión a las

estimaciones del C almacenado por especie en el Este Chaqueño, donde este tipo de información es escasa.

REFERENCIAS

- [1] Sione, S.M.; Ledesma, S.G.; Rosenberger, L.J.; Oszust, J.D.; Carpp, I.A.; Wilson, M.G.; Andrade-Castañeda, H.J. y Sasal, M.C. (2019). Fracción de carbono en la biomasa de *Prosopis affinis* Sprengel (Fabaceae) en un bosque nativo del Espinal (Argentina). *Rev. Facultad de Agronomía UBA ggregates*, 39 (1), 6-15.
- [2] FAO. (2017). Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Roma, Italia. 90 pp.
- [3] IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. *Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Ginebra, Suiza. 157 pp.
- [4] Rodrigues, D.P.; Hamacher, C.; Estrada, G.C.D. and Soares, M.L.G. (2015). Variability of carbon content in mangrove 303 species: Effect of species, compartments and tidal frequency. *Aquatic Botany*, 120, 346-351.
- [5] Sione, S.M.; Ledesma, S.G.; Rosenberger, L.J.; Oszust, J.D.; Maciel, G.O.; Wilson, M.G.; Andrade-Castañeda, H.J. y Sasal, M.C. (2022). Stock de carbono en especies arbóreas del espinal entrerriano. *Ciencia Docencia y Tecnología - Suplemento*. Univ. Nac. de Entre Ríos, 12 (13), 1-35.
- [6] Sparks, DL. 1996. Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods and Processes (Ed.) *Am. Soc. Agron. Inc.*, Madison, Wisconsin, USA. 1320 pp.

“Detección temprana de fallas en sistemas de refrigeración comercial para reducción del impacto ambiental”

Agosta, Rodrigo ^a, Orué, Matías ^a, Gon, Fabián ^a

^a Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería - GIEDI – UTN Facultad Regional Santa Fe
ragosta@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Entre las fallas de funcionamiento de las instalaciones de refrigeración comercial, podemos distinguir aquellas que no impiden de forma inmediata el funcionamiento de la instalación, pero incrementan su gravedad con el paso del tiempo. Estos fenómenos suelen ser indetectables para los responsables de área, hasta que su avance implica mermas importantes en la capacidad de la instalación.

Estas fallas habitualmente incluyen: deficiencia en sistemas de descongelado, rotura de unidades compresoras, suciedad depositada en condensadores y pérdidas de estanqueidad. Este trabajo se centra en la detección de estas últimas.

Estudios actuales estiman que, cada año aproximadamente el 30% del fluido refrigerante contenido en los equipos frigoríficos de uso comercial, se fugan al ambiente por causa de pérdidas de estanqueidad. Esta situación eleva el consumo energético, el costo de mantenimiento y ventean a la atmósfera gases de efecto invernadero.

Las técnicas de detección aplicadas en la unión europea, incluyen inspecciones visuales anuales y detectores de partículas de gas en suspensión en locales y equipos.

Este trabajo presenta un estudio sobre parámetros de operación de sistemas centralizados de refrigeración y factores de funcionamiento, el cual se sustenta en datos obtenidos con tecnología basada en “Internet de las Cosas”. Empleando herramientas de cálculo estadístico, se determina la correlación de estos parámetros, con estados de falla identificados. Esto permite el desarrollo de indicadores de control para la detección temprana de fallas de gran impacto ambiental.

Abstract

Among the malfunctions of commercial frigorific installations, we can distinguish those that do not immediately prevent the operation of the installation, but increase severity over time. These phenomena are usually undetectable by those responsible for the area, until their progress implies significant losses in the capacity of the installation.

These malfunctions usually include: deficiency in defrost systems, breakage of compressor units, dirt deposited in condensers and leaks of refrigerant fluids. This work focuses on the detection of the latter.

Current studies estimate that each year approximately 30% of the refrigerant fluid contained in refrigeration equipment for commercial leaks to the environment. This situation increases energy consumption, maintenance costs and releases greenhouse gases into the atmosphere.

The detection techniques applied in the European Union include annual visual inspections and detectors of gas particles in suspension in premises and equipment.

This work presents a study on operating parameters of centralized refrigeration systems and operating factors, which is based on data obtained with technology based on "Internet of Things". Using statistical calculation tools, the correlation of these parameters with identified failure states is determined. This allow the development of control indicators for the early detection of faults with a great environmental impact.

Palabras clave: Refrigeración, Efecto Invernadero, Estadística, Internet de las Cosas.

INTRODUCCIÓN

Estudios sobre la cantidad y diversidad de microorganismos a diversas temperaturas de almacenamiento muestran claramente su aumento en

los alimentos sin refrigerar. Esto es debido a que el durante almacenaje se producen modificaciones de los alimentos, que conducen finalmente a su descomposición, ya sea por procesos físicos, químicos,

o biológicos. Así, “la cadena del frío constituye un elemento clave en la seguridad alimentaria, ya que la mayoría de los microorganismos detienen su crecimiento a bajas temperaturas, reduciéndose la descomposición de los alimentos” [1].

Según el Banco de Desarrollo de América Latina [2] más del 30% de la energía consumida en Hipermercados está destinado de forma directa a la refrigeración de alimentos (Figura 1), mientras que otras fuentes hacen extensivo este valor a supermercados [3] [4].

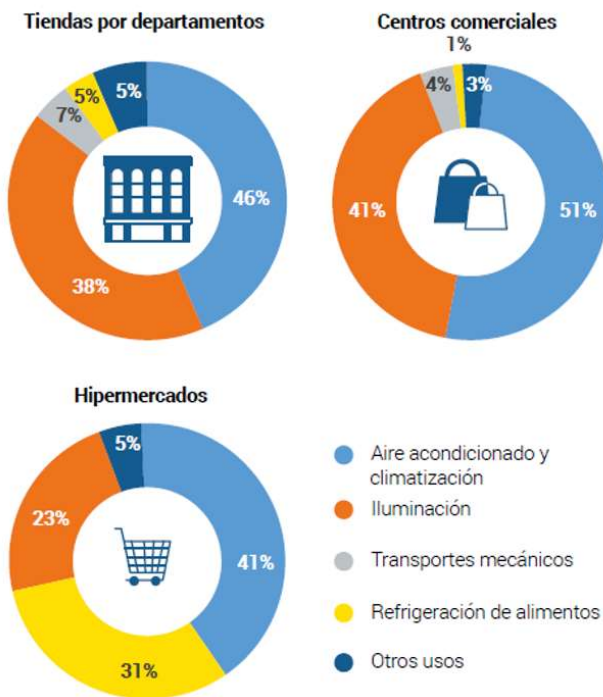


Figura 1: Estimaciones de consumo energético en superficies comerciales de retail [2]

Estudios expuestos por ADEME [5], estiman que cada año aproximadamente el 30% del fluido refrigerante contenido en los equipos frigoríficos de uso comercial, se fugan por causa de fallas. Esta situación eleva el consumo energético (Figura 2) y el costo de mantenimiento (Figura 3) de las instalaciones [6].

Los Hidrofluorocarburos (HFC) liberados a la atmósfera tienen graves consecuencias medioambientales. Si bien no son agresivos para la capa de ozono, su índice de impacto como gases de efecto invernadero (GWP) es enorme [7].

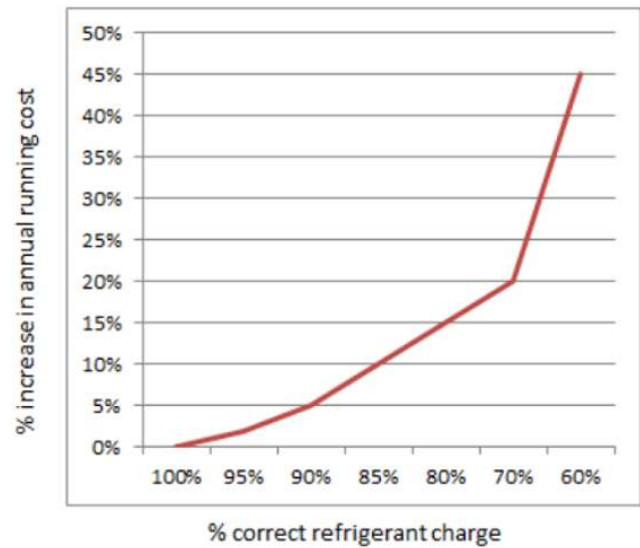


Figura 2: Incrementos en el costo de funcionamiento.

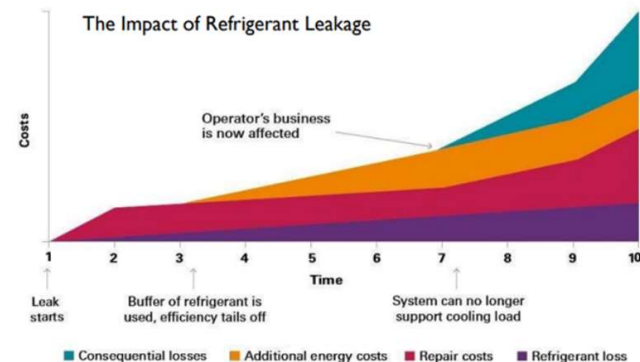


Figura 3: Incrementos en el costo de mantenimiento debido a fugas de refrigerante

Con la entrada en vigor la Enmienda de Kigali [8], ratificada por Argentina y oficializada a través de la resolución 104/2020 [9], se aguardan esquemas de medidas para desalentar el consumo. Como ha sucedido para los fluidos Clorofluorocarbonados (CFC), se espera que estas medidas impacten en los costos de reposición y disponibilidad del insumo.

Sin embargo, las complejidades del rubro no desalientan a las cadenas comerciales a incrementar su capacidad instalada. La ONU [8], espera que los principales países del mundo tripliquen la capacidad de refrigeración residencial y comercial en los próximos 30 años (Figura 4), basándose en estudios de la Agencia Internacional de Energía (IEA) [10].

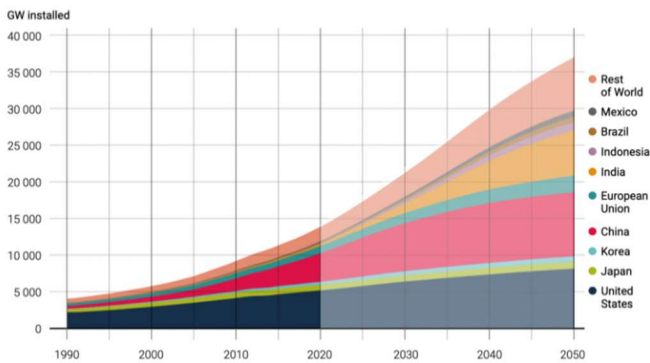


Figura 4: Proyecciones de capacidad de refrigeración residencial y comercial, publicadas en 2018 por la Agencia Internacional de Energía (IEA) [11]

La detección temprana de fallas en sistemas de refrigeración se configura como un objetivo relevante, tanto para reducir los costos de operación como para disminuir el impacto ambiental del servicio.

Con tal fin, la Unión Europea avanza sobre técnicas de detección de fugas, que incluyen inspecciones visuales anuales y detección de partículas de gas en suspensión en locales y equipos [12].

En este escenario, la IoT (“Internet of Things”) ha puesto al alcance del usuario cotidiano diversos dispositivos capaces de comunicarse con la nube, intercambiando datos para obtener conclusiones sobre desempeño de servicios y requerimientos [13].

Pero la recolección masiva de datos de funcionamiento requiere un procesamiento adecuado, que permita convertir estas “observaciones” en “información” útil para la toma de decisiones. Por lo tanto, es necesario determinar aquellos parámetros que son susceptibles a evidenciar fallas de operación en los sistemas centralizados de refrigeración.

DESARROLLO

Sistemas centralizados de refrigeración de uso comercial. Descripción general.

La refrigeración comercial se refiere al diseño, instalación y mantenimiento de unidades de refrigeración orientadas a la venta, almacenamiento, muestra y/o manipulación de productos perecederos, en establecimientos comerciales.

Se define sistema de refrigeración al “conjunto de componentes interconectados que contienen refrigerante y que constituyen un circuito frigorífico cerrado, en el cual el refrigerante circula con el propósito de extraer o ceder calor (es decir, enfriar o calentar) a un medio externo al circuito frigorífico”. [14].

La instalación se dimensiona con la capacidad adecuada para extraer el calor de los diversos equipos

conectados. Los requerimientos de cada equipo servido (unidad de refrigeración) dependen de sus condiciones de diseño, ocupación, productos almacenados, condiciones ambientales, entre otros.

Podemos agrupar sus componentes de un sistema central de refrigeración (SCR) en: consumidores, compresión y condensación. Cada uno de ellos incluye los elementos esenciales y los auxiliares para su funcionamiento.

La interconexión entre estos equipos se hace a través las tuberías de distribución (tubos que trasladan el fluido refrigerante), que consta de una línea de impulsión y una línea de retorno.

El circuito se configura con la etapa de compresión (Figura 5), compuesta por uno o más compresores y elementos auxiliares. Su misión es descargar fluido refrigerante en forma de vapor sobrecalentado a la línea de impulsión. El fluido pasa por la etapa de condensación, disminuyendo su temperatura y cambiando de estado, a través de un intercambio térmico con el medio ambiente, para continuar hacia los consumidores.

La distribución puede realizarse a través de uno o más ramales de impulsión (circuitos). El fluido en los ramales de impulsión pasa por los consumidores (que contiene los elementos de expansión y evaporación), retornando a la etapa de compresión a través de la línea de retorno. Los consumidores pertenecientes a un mismo circuito se encuentran conectado “en paralelo

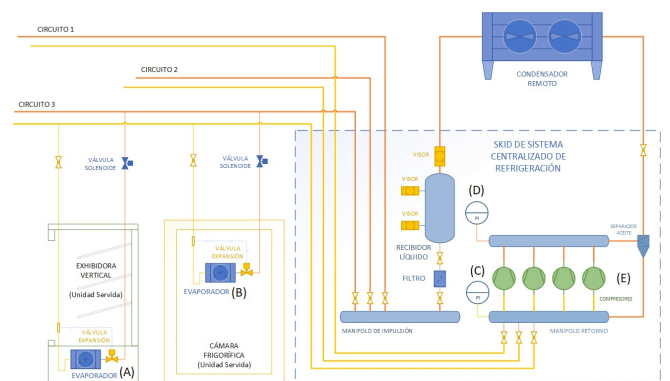


Figura 5: Componentes típicos de una instalación de refrigeración comercial.

Los consumidores requieren fluido refrigerante en estado líquido a temperaturas cercanas al ambiente y a “presión de alta”, proveniente de la etapa de “condensación”. De acuerdo con la demanda de frío (cantidad de calor que se requiere evacuar), tomará fluido de la línea de impulsión. El ingreso de fluido refrigerante a cada consumidor se habilita a través de una electroválvula. La electroválvula es comandada por un control de temperatura automático (termostato),

que verifica de forma continua la evolución de la temperatura del consumidor. En un sistema on/off, si se detecta un aumento que supera el nivel de centro, se habilita el paso del líquido y alimenta los intercambiadores de calor. Al llegar a la temperatura objetivo, se interrumpe el suministro de líquido.

Luego de la electroválvula, el fluido pasa por el elemento de expansión (habitualmente, válvula de expansión). El fluido refrigerante que atraviesa los evaporadores ingresa a la línea de retorno (línea de aspiración o línea “de baja presión”). Diversos consumidores pueden solicitar fluido refrigerante, de acuerdo con sus condiciones particulares de servicio. El sistema completo es un circuito cerrado, herméticamente sellado. En condiciones de funcionamiento adecuado, el gasto másico de fluido refrigerante es constante.

Si por algún motivo la provisión de fluido refrigerante no es suficiente para suplir la demanda, la temperatura en la línea de retorno aumenta, aumentando también su presión.

Los consumidores conectados a sistema centralizado más habituales son:

- Exhibidoras horizontales (mostradores o bateas). Mueble abierto o con puertillas de acceso al comerciante.
- Exhibidoras verticales (murales). Mueble abierto o con puertas de acceso para el cliente.
- Isla (pozo de frío). Mueble abierto o con puertillas de acceso para el cliente.
- Cámaras frigoríficas.

MEDOTOLÓGÍA

Recolección de datos

El estudio tiene fines “exploratorio”, y se basa en la recolección de datos de funcionamiento realizados en una sucursal de una cadena de supermercados, durante el período septiembre de 2015 a diciembre de 2016.

Para la recolección de datos se emplearon dispositivos de la marca Full Gauge, y su software gratuito de recolección de datos SITRAD [15]. Cada dispositivo de medición se denomina “estación”.

Las variables seleccionadas para el relevamiento son:

- Presión del colector de descarga de compresores (línea de alta): Coincide aproximadamente con la presión de condensación y con la presión al ingreso del dispositivo de expansión (Estación 7).
- Presión del Distribuidor de succión de compresores (línea de baja): Coincide aproximadamente con la presión de expansión y la presión de la línea de retorno (Estación 8).

- Tensión de cada fase de alimentación R, S y T (Estación 9).

- Temperatura del recinto refrigerado de cada unidad de refrigeración relevada. (Estaciones 3, 10, 11 y 12)

Para el experimento, se considerarán solamente los equipos que se encuentren vinculados a la red de adquisición de datos, y servidos por la SCR. No se consideran equipos con unidades condensadoras individuales.

Para la conformación de la base de datos, se registró una medición cada cinco minutos, de cada variable monitoreada.

Además, se consideraron datos climáticos (temperatura máxima y mínima diaria) proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino.

Se emplean herramientas estadísticas para comparar el comportamiento de las observaciones, frente a la información registrada en “órdenes de mantenimiento”, e “informes de servicio”. El objetivo es correlacionar eventos de fallas confirmadas, con valores inusuales de los parámetros observados.

Procesamiento estadístico

El procesamiento de los datos se realiza empleando el software MINITAB 17©. Como eje central se utiliza el Modelo Lineal General, y las herramientas de cálculo asociadas-

Para limitar la influencia de efectos estacionales, el estudio exploratorio se realiza en períodos mensuales.

Para analizar la influencia de fallas registradas, se establece el factor Servicio, con dos niveles:

- Mantenimiento (MAN): solicitud de mantenimiento en cualquiera de los componentes del sistema de refrigeración de la sucursal.
- Observación (OBS): Estado normal de observación, sin sospechas de funcionamiento anormal.

Además, reviste interés determinar la influencia de factores temporales como:

- Turno (Matutino, Vespertino, Nocturno): El estudio se realiza comparando la influencia de los turnos Matutino (M) y Nocturno (N), eliminando el turno Vespertino (V), debido a que su comportamiento es influenciado por fechas y días particulares.
 - Día de la semana (L, M, X, J, V, S, D): Establece si existen comportamientos distintos entre días de la semana, determinando la influencia de agenda semanal.
- Durante el desarrollo del estudio se presentan variaciones en la temperatura objetivo de las unidades de refrigeración. Estos cambios de “objetivo de

control” se asocian al factor “Escalón”. El nivel del factor cambia solo si se ha cambiado la temperatura objetivo de control de la unidad estudiada.

El procedimiento sigue las bases teóricas recomendadas por los estudios de Probabilidad y Estadística (Pulido y La Salazar, 2013; Walpole, Myers, Myers y Ye, 2012) y Diseño de Experimentos (Montgomery, 2004) (Pulido y La Salazar, 2012), y consta de las siguientes instancias:

El objetivo de este análisis estadístico es determinar variables que estén correlacionadas con los “llamados a servicio de mantenimiento” (Factor Servicio, condición MAN). Las variables respuesta analizadas, son los datos recolectados por los sensores. Los factores “Turnos”, “Día Semana”, “Mes-Año” y “T.A.” se incluirán en el estudio para examinar su correlación con el funcionamiento en falla, y determinar su preponderancia en la explicación de la variación de los parámetros monitoreados.

1- Reducción de datos: Obtención de valores medios para cada turno de cada día observado, con objetivo de reducir el número de datos y mantener un diseño balanceado.

2-Declaración del Intervalo de Confianza adoptado para el estudio preliminar.

3-Prueba de normalidad de los datos: Pruebas de Anderson-Darling sobre las observaciones.

4-Gráfica de efectos principales.

5-Análisis del Modelo General Lineal: Los valores medios por turno y por día se someterán al análisis general lineal, con los factores “Turnos”, “Servicio”, “Mes-Año”, “T.A”.

6-Comprobación supuestos del ANOVA:

6.a-Supuesto: Idoneidad del modelo (gráfica Residuos Vs Ajustes)

6.b-Supuesto: Independencia (gráfica Residuos Vs Orden)

6.c-Supuesto: Normalidad (prueba de Normalidad de Residuos)

6.d-Supuesto: Homogeneidad de variancia (prueba estadística de Bartlett o Levenne).

RESULTADOS

Resultados del Modelo Lineal General.

Las observaciones en la base de datos se reducen al “valor medio” de cada “turno”, de cada “día” de un “mes”. El análisis se realizó períodos mensuales, para reducir los efectos estacionales.

Todos los análisis se realizaron considerando un intervalo de confianza de 95% y distribuciones significativamente “no normales”, de acuerdo a los resultados de las pruebas de Anderson-Darling.

Las tablas 1 a 7 trasladan información de los análisis realizados. Se transcriben los valores de R², indicador estadístico de las bondades del modelo y los factores asociados para predecir la variación de la respuesta. La siguiente columna indica la contribución del factor Servicio, para explicar el comportamiento de la variable.

Las columnas de Falla indican el resultado de las tareas de mantenimiento en la sucursal, distinguiendo en verde las fallas del servicio central (SCR) y en amarillo las fallas locales (solo a la unidad de refrigeración relevada por la estuación).

La columna de residuos atípicos distingue entre valores grandes y valores poco comunes. Estos valores ayudan a interpretar el resultado de la prueba de normalidad. El estudio particular de los datos con residuos “Grandes” y “Poco comunes” permite mejorar los resultados de las pruebas de normalidad de residuos, validando el supuesto del ANOVA. Debido a que el desarrollo tiene fines exploratorios, no se aborda el refinamiento de datos y el tratamiento de residuos atípicos.

Tabla 1 - Estación 3: Exhibidora vertical. Variable: Temperatura de recinto refrigerado

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	71,16%	6,64%	3 + 8	Gas	NO	NO
	Oct	84,18%	4,04%	4 + 8	NO	NO	SI
	Nov	88,13%	-	3 + 8	NO	NO	NO
	Dic	78,52%	1,10%	4 + 0	NO	NO	SI
2016	Ene	78,52%	13,28%	1 + 2	Gas	NO	SI
	Feb	94,96%	2,11%	2 + 7	NO	NO	SI
	Mar	77,74%	0,23%	1 + 7	NO	NO	SI
	Abr	63,37%	4,29%	2 + 5	NO	NO	SI
	May	51,68%	-	4 + 4	NO	NO	SI
	Jun	49,37%	0,22%	2 + 5	NO	NO	NO
	Jul	68,21%	0,31%	3 + 5	NO	NO	NO
	Ago	82,17%	21,08%	2 + 11	Gas	NO	NO
	Sep	68,45%	4,96%	1 + 10	NO	NO	SI
	Oct	62,05%	-	3 + 11	NO	NO	NO
	Nov	84,84%	5,36%	2 + 0	NO	NO	NO
	Dic	75,00%	-	6 + 6	NO	NO	SI

Tabla 2 - Estación 10: Cámara de vegetales. Variable: Temperatura de recinto.

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	50,77%	20,81%	1 + 8	Gas	-	SI
	Oct	40,74%	2,29%	2 + 8	-	-	SI
	Nov	67,32%	-	1 + 8	NO	NO	SI
	Dic	11,21%	0,26%	1 + 0	NO	NO	NO
2016	Ene	56,54%	12,60%	4 + 2	Gas	NO	SI
	Feb	61,67%	8,42%	8 + 7	NO	NO	SI
	Mar	51,57%	13,95%	3 + 7	NO	Apa-gado	SI
	Abr	78,00%	1,37%	4 + 5	NO	NO	NO
	May	41,60%	-	2 + 4	NO	NO	SI
	Jun	52,59%	7,77%	3 + 5	NO	NO	NO
	Jul	55,44%	0,49%	2 + 5	NO	NO	SI
	Ago	77,00%	17,59%	2 + 11	Gas	NO	NO
	Sep	67,81%	1,80%	5 + 10	NO	NO	NO
	Oct	59,44%	-	3 + 11	NO	NO	NO
	Nov	53,33%	1,12%	3 + 0	NO	NO	NO
	Dic	50,94%	-	3 + 7	NO	NO	NO

Tabla 4 - Estación 12: Cámara de productos lácteos y panificación. Variable: Temperatura de recinto.

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	65,16%	7,21%	4 + 8	Gas	NO	SI
	Oct	74,27%	1,59%	3 + 8	NO	NO	SI
	Nov	82,75%	NO	4 + 8	NO	NO	NO
	Dic	33,82%	1,01%	3 + 0	NO	NO	NO
2016	Ene	66,40%	0,30%	4 + 2	Gas	NO	NO
	Feb	68,28%	0,30%	2 + 7	NO	NO	NO
	Mar	61,77%	1,72%	3 + 7	NO	NO	NO
	Abr	71,75%	0,33%	1 + 5	NO	NO	SI
	May	60,99%	NO	3 + 4	NO	NO	NO
	Jun	90,17%	0,89%	2 + 5	NO	NO	SI
	Jul	81,36%	1,40%	2 + 5	NO	NO	NO
	Ago	90,91%	0,00%	3 + 11	Gas	NO	SI
	Sep	82,55%	1,28%	2 + 10	NO	NO	SI
	Oct	58,40%	NO	3 + 11	NO	NO	NO
	Nov	74,64%	0,83%	1 + 0	NO	NO	SI
	Dic	70,33%	NO	4 + 7	NO	NO	SI

Tabla 3 - Estación 11: Cámara de productos cárnicos. Variable: Temperatura de recinto.

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	73,58%	29,73	3 + 8	Gas	NO	NO
	Oct	76,16%	0,90%	4 + 8	NO	NO	NO
	Nov	81,44%	NO	3 + 8	NO	NO	SI
	Dic	76,64%	5,86%	4 + 0	NO	NO	SI
2016	Ene	82,72%	16,70%	3 + 2	Gas	NO	SI
	Feb	87,37	0,81%	3 + 7	NO	NO	SI
	Mar	79,40%	0,09%	5 + 7	NO	NO	SI
	Abr	72,77%	8,45%	2 + 5	NO	NO	SI
	May	69,66%	-	2 + 4	NO	NO	NO
	Jun	62,93%	14,72%	1 + 5	NO	Blo-queo	NO
	Jul	82,45%	7,37%	4 + 5	NO	NO	SI
	Ago	85,69%	46,66%	3 + 11	Gas	NO	SI
	Sep	75,89%	0,00%	2 + 10	NO	NO	SI
	Oct	80,45%	-	3 + 11	NO	NO	SI
	Nov	76,40%	23,15%	2 + 0	NO	Blo-queo	SI
	Dic	84,79%	-	4 + 7	NO	NO	SI

Tabla 5 - Estación 7: Presión de Alta en SCR. Variable: Presión

Año	Mes	R ² Variable: Presión.	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	94,44%	0,58%	1 + 8	Gas	NO	SI
	Oct	88,99%	0,02%	2 + 8	NO	NO	SI
	Nov	75,81%	NO	1 + 8	NO	NO	NO
	Dic	72,55%	6,79%	2 + 0	NO	NO	SI
2016	Ene	82,80%	0,81%	2 + 2	Gas	NO	SI
	Feb	88,37%	0,60%	4 + 7	NO	NO	SI
	Mar	94,07%	0,02%	4 + 7	NO	NO	SI
	Abr	74,75%	12,90%	2 + 5	NO	NO	SI
	May	81,77%	NO	2 + 4	NO	NO	NO
	Jun	88,62%	0,03%	3 + 5	NO	NO	NO
	Jul	74,65%	1,39%	1 + 5	NO	NO	SI
	Ago	92,77%	0,82%	1 + 11	Gas	NO	NO
	Sep	94,88%	6,95%	1 + 10	NO	NO	SI
	Oct	80,71%	NO	2 + 11	NO	NO	NO
	Nov	91,22%	2,28%	1 + 8	NO	NO	SI
	Dic	89,24%	NO	2 + 7	NO	NO	SI

Tabla 6 - Estación 8: Presión de Baja en SCR. Variable: Presión.

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	87,67%	10,42%	1 + 8	Gas	NO	SI
	Oct	80,19%	0,05%	3 + 8	NO	NO	SI
	Nov	36,16%	NO	1 + 8	NO	NO	NO
	Dic	22,28%	4,66%	2 + 0	NO	NO	NO
2016	Ene	55,42%	9,78%	2 + 2	Gas	NO	SI
	Feb	50,37%	2,02%	3 + 7	NO	NO	NO
	Mar	55,67%	6,00%	5 + 7	NO	NO	SI
	Abr	63,29%	6,16%	1 + 5	NO	NO	SI
	May	68,62%	NO	4 + 4	NO	NO	SI
	Jun	81,83%	1,01%	0 + 5	NO	NO	SI
	Jul	49,55%	0,05%	5 + 5	NO	NO	SI
	Ago	71,09%	30,18%	3 + 11	Gas	NO	SI
	Sep	76,06%	1,37%	4 + 10	NO	NO	NO
	Oct	59,50%	NO	2 + 11	NO	NO	SI
	Nov	18,27%	8,22%	2 + 0	NO	NO	SI
	Dic	67,59%	NO	3 + 7	NO	NO	SI

Tabla 7 - Estación 9: Fase R (SCR). Variable: tensión.

Año	Mes	R ²	Factor Servicio	Residuos Grandes + Poco comunes	Falla SCR	Falla Local	Supuesto ANOVA Distrib. Normal
2015	Sep	79,56%	0,07%	1 + 8	SI	NO	SI
	Oct	68,66%	0,52%	2 + 8	NO	NO	SI
	Nov	85,11%	NO	2 + 8	NO	NO	SI
	Dic	66,47%	0,75%	4 + 0	NO	NO	SI
2016	Ene	72,86%	7,12%	3 + 2	SI	NO	SI
	Feb	76,29%	0,15%	1 + 7	NO	NO	SI
	Mar	89,68%	0,15%	3 + 7	NO	NO	SI
	Abr	82,04%	2,46%	0 + 5	NO	NO	SI
	May	78,30%	NO	3 + 4	NO	NO	SI
	Jun	73,92%	0,20%	2 + 5	NO	NO	SI
	Jul	63,64%	0,00%	2 + 4	NO	NO	SI
	Ago	85,07%	0,14%	1 + 11	SI	NO	SI
	Sep	83,52%	0,23%	3 + 10	NO	NO	NO
	Oct	81,44%	NO	3 + 11	NO	NO	SI
	Nov	66,47%	0,03%	2 + 0	NO	NO	SI
	Dic	89,39%	NO	0 + 7	NO	NO	SI

Al interpretar los resultados del modelo lineal general para las temperaturas de las unidades de refrigeración servidas por el SCR, se observó que las estaciones 3; 10 y 11 presentaron variabilidad explicada por la aparición de fallas de estanqueidad del circuito de refrigeración (Gas). De las tres estaciones, la 11 presentó la mayor correlación. La variabilidad temperatura de la estación 12 no pudo ser explicada por la aparición de esta falla.

La variable “presión de alta”, relevada por la estación 7 no presentó correlación con los eventos de falla manifestados en el período de estudio

La variable “presión de baja”, relevada por la estación 8 presentó correlación con eventos de falla por pérdida de estanqueidad.

Solo se presentan los estudios de la fase R, debido a que la ausencia de fallas en el suministro eléctrico resultó en la correlación nula entre el factor Servicio y la variable respuesta Tensión.

Con distintos aportes para cada caso, los factores principales en todos los análisis resultaron: “Turno”, “Temperatura Ambiente”, “Servicio” y “Escalón”. El factor “Día de la semana” presentó una contribución escasa, como puede observarse en la gráfica de efectos principales de la estación 3 (Figura 6).

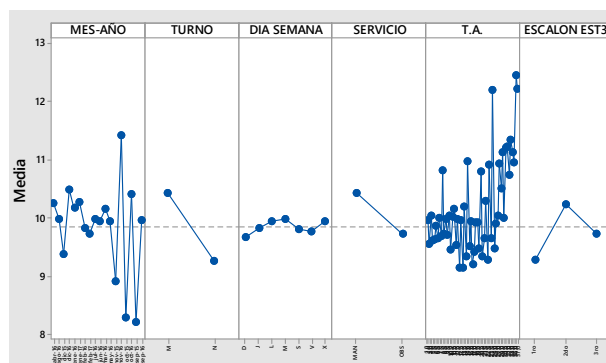


Figura 6: Gráfica de efectos principales de la estación 3.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos indica que es posible asociar comportamientos particulares de variables mesurables, con fenómenos de falla del sistema centralizado de refrigeración.

La presión de descarga de los compresores (línea de impulsión) y las tensiones de alimentación, no presentaron correlación significativa con los eventos de falla por pérdida de estanqueidad.

La presión de aspiración de los compresores (línea de retorno), presenta correlación con la reducción del fluido que evoluciona en el circuito.

Las temperaturas de recinto refrigerado, tomadas en la aspiración de los electroforzadores de los

evaporadores, presentan comportamientos que dependen de la unidad relevada. En síntesis, algunos equipos responden con mayor sensibilidad a la falla por fuga de refrigerante. La identificación de estos equipos posibilita optimizar procedimientos de recolección y procesamiento de datos. La información resultante puede configurarse en una poderosa herramienta para la detección temprana de este tipo de fallas.

Sin embargo, a pesar de la conveniencia de reducir los puntos de vigilancia, debe considerarse el efecto de las fallas locales de las unidades de refrigeración.

Por lo tanto, es posible concluir que este estudio sienta las bases para el diseño de un control estadístico de fallas, que contribuya mantener la calidad de suministro de productos refrigerados, en instalaciones comerciales, con procedimientos amigables al medio ambiente, reduciendo riesgos empresariales y aumentando la confianza del cliente.

REFERENCIAS

- [1] V. Pires, R. Rivas y P. García-Fraile (2019). “Análisis metagenómico de la evolución de las comunidades microbianas en alimentos sometidos a refrigeración y en condiciones de ausencia de frío,” *FarmaJournal*, vol. 4, no. 2, pp. 73–84, 2019. doi: 10.14201/fj2019427384
- [2] MGM International (2018). *Manual para la Evaluación de Proyectos de Eficiencia Energética para el Sector de Grandes Superficies.: Dirigido a: Clientes de Instituciones Financieras: CAF*. Consultado en 14 oct. 2021. [Online]. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1311>.
- [3] Gamma Ingenieros SA (2009). *Diagnóstico energético del sector Retail. Informe Final*. [Online]. Disponible en http://old.acee.cl/576/articles-61760_doc_pdf.pdf.
- [4] T. Michineau, O. Calmels, S. Barrault y D. Clodic (2019). *Alternatives to high GWP refrigerants in refrigeration & air-conditioning applications*. doi: 10.18462/iir.icr.2019.0552
- [5] S. Barrault (2017), *Detection de Fuite. Etude sur les moyens de detection de fuite des installations de refrigeration de climatisation*. doi: 10.13140/RG.2.2.28287.20647. [Online]. Disponible en <https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/1916-detection-de-fuite-etude-sur-les-moyens-de-detection-de-fuite-des-installations-de-refrigerationde-climatisation.html>.
- [6] D. Bostock (2013). *Refrigerant Loss, System Efficiency and Reliability– A Global Perspective*. Institute of Refrigeration Annual Conference.
- [7] UN Climate Change (2021). *Global Warming Potentials (IPCC Second Assessment Report), United Nations Climate Change*.
- [8] ONU (2020a), *La Enmienda de Kigali logra 100 ratificaciones e impulsa la acción climática: ONU Programa para el medio ambiente*. [Online]. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-enmienda-de-kigali-logra-100-ratificaciones-e-impulsa>.
- [9] Presidencia de la República Argentina (2020). *Resolución 104/2020*: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227532/20200406#>, *Boletín Oficial República Argentina*. [Online]. Disponible en <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/227532/20200406#>.
- [10] United Nations Environment Programme y International Energy Agency (2020). *Cooling Emissions and Policy Synthesis Report*.
- [11] ONU (2020b), *Sistemas de enfriamiento sostenibles podrían reducir años de emisiones de gases de efecto invernadero y ahorrar billones de dólares: ONU, ONU Programa para el Medio Ambiente*. [Online]. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/sistemas-de-enfriamiento-sostenibles-podrian-reducir>.
- [12] E. Devin et al. (2015). *Etude sur le confinement des fluides frigorigènes*. [Online]. Disponible en <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/confinement-fluides-frigorigenes-2015.pdf>.
- [13] S. Silvestre y J. Salazar, *El mundo Internet of Things (IoT)*. (only electronic form): Erasmus+, 2019.
- [14] Boletín Oficial del Estado Español (2019). “Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. (Real Decreto 552/2019),” *Boletín Oficial del Estado*, 2019.
- [15] Full Gauge Controls (2014). “SITRAD. User guide”.