

**Desarrollo de la etapa de planificación de un Sistema de Gestión Energética
en base a la norma Iso-50001: 2011, mediante la empresa AGL Ingeniería
Ltda. Quién presta servicio a la planta del Centro Logístico de Frío (Celfrío
SAS)**

**PRESENTA:
Jaime Andrés Serrano Parra
Edward Steven Siza Antolínez**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA
BUCARAMANGA
2019**

**DESARROLLO DE LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE
GESTIÓN ENERGÉTICA EN BASE A LA NORMA ISO-50001: 2011, MEDIANTE
LA EMPRESA AGL INGENIERÍA LTDA. QUIÉN PRESTA SERVICIO A LA
PLANTA DEL CENTRO LOGÍSTICO DE FRÍO (CELFRÍO SAS)**

**PRESENTA:
JAIME ANDRÉS SERRANO PARRA
EDWARD STEVEN SIZA ANTOLÍNEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ENERGÍA**

**DIRECTOR:
Ph.D. LEONARDO ESTEBAN PACHECO SANDOVAL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN ENERGÍA
BUCARAMANGA
2019**

Nota de aceptación:

Firma del Director

Firma del Codirector

Firma del Calificador

Firma del Calificador

Bucaramanga, noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Jaime Serrano,

En el camino hacia el cumplimiento del presente trabajo de grado, agradezco a Dios por ser mi guía constantemente para concluir esta nueva meta. A mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona, en especial a mis padres Jaime Serrano Roa y Jakeline Parra quienes con su amor y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más. A mis amigos que me acompañaron en esta etapa, por brindarme su amistad, compañía y alegrías. Especialmente agradezco a mi compañero de trabajo Edward Siza por su esfuerzo realizado, dedicación y por compartir sus conocimientos y experiencias, para de esta manera concluir en buen término esta etapa, agradezco a nuestro director de proyecto de grado Leonardo Esteban Pacheco y codirector Mario Acero; quienes, con su experiencia y conocimientos, nos dedicaron cada momento para aclarar cualquier tipo de duda nos permitieron el desarrollo de este trabajo. Finalmente, mis más profundos sentimientos de gratitud al Ingeniero Álvaro Daniel Gómez y técnicos de mantenimiento, y a las empresas AGL INGENIERÍA LTDA y CELFRÍO SAS, por el apoyo dado y su compromiso para con el proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. MARCO REFERENCIAL	16
3.1. Definiciones.....	16
3.2. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	17
3.2.1. Ciclo ideal básico de refrigeración por compresión de vapor	17
3.2.2. Ciclo real básico de refrigeración por compresión de vapor	19
3.3. Contexto de la planta Celfrío SAS.....	20
3.3.1. Los clientes del centro logístico de frío (Celfrío SAS).....	21
3.3.2. Ciclo de refrigeración de la planta Celfrío SAS.....	24
3.4. NORMA ISO 50001	31
3.4.1. Estructura de la norma	32
4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	
4.1. Análisis de brechas	33
4.2. Requisitos generales.....	37
4.2.1. Delimitación	37
4.2.2. Definición del alcance.....	37
4.3. Responsabilidad de la dirección	
4.3.1. Representante de la alta dirección.....	
4.3.2. Equipo de gestión energética	38
4.3.3. Funciones y responsabilidades del equipo de gestión energética:	38
4.4. Política energética.....	39
4.5. Planificación energética	40
4.5.1. Revisión energética	40
4.5.1.1. Censo de cargas.....	42

4.5.1.2.	Identificación de las variables que afectan el consumo de la energía ..	45
4.5.1.3.	Identificación de los usos significativos de la energía	46
4.5.2.	Línea de base energética.....	48
4.	50	
4.5.3.1.	Líneas de meta energética.....	50
4.5.3.2.	Índice de consumo	52
4.5.4.	Producción crítica.....	55
4.5.5.	Indicadores de desempeño energético.....	51
4.5.6.	Identificación de las oportunidades de mejora	56
4.5.7.	Objetivos energéticos y metas energéticas	62
5.	Resultados.....	
5.1.	Documentación del Sistema de Gestión Energético	63
5.2.	Competencia, formación y toma de conciencia	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones técnicas del compresor de alta.	27
Tabla 2: Especificaciones técnicas compresor de baja.	28
Tabla 3. Características técnicas de los evaporadores del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.	29
Tabla 4. Especificaciones técnicas bombas del sistema de refrigeración de Celfrío SAS.	30
Tabla 5: Características técnicas de la unidad condensadora del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.	31
Tabla 6. Características técnicas de la máquina paletizadora del área de reempaque.	31
Tabla 7. Criterios de evaluación definidos en el análisis de brechas.	34
Tabla 8. Evaluación inicial del cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50001.	34
Tabla 9: Variables operacionales del proceso de congelación.	45
Tabla 10: Variables operacionales del proceso de conservación.	46
Tabla 11: USE, proceso de congelación	47
Tabla 12: USE, proceso de conservación	47
Tabla 13: Medidas de ahorro energético.	56
Tabla 14: Resumen de la estimación del ahorro de energía en los túneles de congelación.	57
Tabla 15: Resumen de la estimación del ahorro de energía en el área de conservación.	58
Tabla 16: Resumen de la estimación del COP del sistema de congelación.	59
Tabla 17: Resumen de la estimación de la carga térmica base cuarto de conserva 1 y 2.	60
Tabla 18: Resumen de la estimación de la carga térmica base cuarto de conserva 3.	61

Tabla 19: Estimación del coeficiente de operación de los cuartos de conservación.	61
Tabla 20: Resumen de la estimación del ahorro energético por la reducción de las pérdidas frigoríficas por renovación de aire.	62
Tabla 21: Tipos, modalidades y niveles de capacitación.....	63
Tabla 22: Registro de las necesidades de capacitación identificadas en Celfrío SAS.	64

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema y diagrama $T-s$ para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	18
Figura 2. Esquema y diagrama $T-s$ para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.....	19
Figura 3: Ubicación geográfica Celfrío SAS.....	20
Figura 4: Desarrollo microbiano de la carne en función de la temperatura.	21
Figura 5: Producción de Celfrío SAS en el año 2018 para el proceso de conservación.	22
Figura 6: Gráfico de producción en el proceso de congelación vs tiempo.	23
Figura 7: Gráfico de producción en el proceso de conservación vs tiempo.	23
Figura 8: Ciclo de refrigeración de la planta Celfrío SAS S.A.S.	24
Figura 9. Plano isométrico del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.	26
Figura 10: Compresor de alta instalado en el sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.....	27
Figura 11: Compresor de baja instalado en el sistema de refrigeración de Celfrío SAS.....	28
Figura 12: Sistema de condensación instalado en la planta Celfrío SAS.....	30
Figura 13. Estructura de la norma en base al ciclo de implementación P-H-V-A. .	32
Figura 14. Análisis gráfico de la evaluación de cumplimiento de los requisitos.....	36
Figura 15. Estructura organizacional del equipo de gestión energética.	38
Figura 16: Gráfico del consumo diario de energía eléctrica durante el mes de marzo.	41
Figura 17: Gráfico de producción y consumo de energía vs tiempo para el proceso de congelación.	41
Figura 18: Gráfico de producción y consumo de energía vs tiempo para el proceso de conservación.	42
Figura 19: Diagrama de Sankey del uso de la energía eléctrica por equipo, en la planta Celfrío SAS.....	43

Figura 20: Diagrama de Pareto por procesos de la planta Celfrío SAS.	43
Figura 21: Diagrama de Pareto del proceso de recepción y conservación que se lleva a cabo en la planta Celfrío SAS.	44
Figura 22: Diagrama de Pareto del proceso de congelación que se lleva a cabo en la planta Celfrío SAS.	44
Figura 23: Línea de base energética proceso de congelación	48
Figura 24: Línea de base corregida proceso de congelación.	49
Figura 25: Línea de base energética proceso de conservación.	50
Figura 26: Línea de meta energética con relación a la línea de base proceso de congelación.	51
Figura 27: Línea de meta energética del proceso de conservación.	51
Figura 28: Índice de consumo vs producción	52
Figura 29: Índice de consumo vs producción del proceso de conservación.....	53
Figura 31: Indicador base 100 vs tiempo proceso de congelación.....	54
Figura 32: Indicador CUSUM vs tiempo proceso de congelación.	55
Figura 30: Razón de cambio del IC vs producción proceso de congelación.	55

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A: Diagrama de flujo del proceso de logística llevado a cabo en Celfrío SAS.....	72
Anexo B: Estructura de la etapa de planificación de la norma ISO 50001:2011. ...	75
Anexo C: Resumen de matriz de requisitos legales del SGEN de Celfrío SAS.	76
Anexo D: Descripción de la metodología utilizada para la estimación del desempeño energético de los procesos.	80
Anexo E: Objetivos, metas y planes de acción energéticos establecidos en Celfrío SAS.	84

RESUMEN

En este trabajo se presenta la metodología utilizada para realizar una propuesta de implementación de un sistema de gestión energético basado en la norma ISO 50001:2011 en el Centro Logístico de Frío (CELFRÍO SAS S.A.S.), esta se realizó con la mediación de la empresa AGL Ingeniería LTDA. Para el desarrollo de la propuesta se tienen en cuenta los apartados de planificación energética y de implementación y control operacional contenidos en la Norma Internacional, por medio de los cuales se da cumplimiento a los requisitos generales de la norma, se realiza la revisión energética de la organización evaluando su desempeño energético, se define la línea de base energética, los indicadores de desempeño energético. Posteriormente se identifican y estiman las oportunidades de mejora energética y se proponen objetivos y metas energéticas tomando en consideración los resultados obtenidos en la revisión energética.

Palabras clave: gestión de la energía, norma ISO 50001:2011, sistema de gestión energético, uso racional y eficiente de la energía (URE).

1. INTRODUCCIÓN

La gestión energética en las empresas contribuye a garantizar la calidad de los productos, reduciendo costos de producción y elevando la competitividad de la empresa [1]. Una buena gestión energética busca disminuir el consumo de energía y mejorar la eficiencia de los procesos sin afectar la producción de la organización, la calidad del producto y el medio ambiente. Dentro de las empresas suelen implementarse medidas de ahorro energético y estrategias de mejora de la eficiencia energética como un primer paso hacia la gestión energética. Sin embargo, estas medidas de ahorro no logran consolidarse y mantenerse a través del tiempo debido a que, por lo general, son medidas aisladas y no se involucran todas las partes que afectan el desempeño energético de la organización, ni se considera necesaria la participación de la gerencia en este tipo de estrategias.

Por lo tanto, la administración de la energía necesita un enfoque gerencial coherente e integral. La experiencia demuestra que los ahorros de energía sólo son significativos y perdurables en el tiempo cuando se logran en el marco de un sistema integral de gestión energética, que trate a la energía como un recurso más dentro del control de la administración de la empresa [1]. Por otra parte, la gestión energética requiere un monitoreo, registro, análisis y toma de decisiones constante en los procesos, equipos y personal clave que influye en el desempeño energético. Solo teniendo en cuenta estos dos aspectos se puede asegurar que las medidas de ahorro energético se mantendrán en el tiempo de manera efectiva.

Con el compromiso de contribuir a la preservación del medio ambiente en el desarrollo de sus procesos, CELFRÍO SAS S.A.S notifica el interés de gestionar su desempeño energético por medio de la implementación de un sistema de gestión de la energía que garantice la calidad de los productos, la reducción de costos de producción y la mejora de la competitividad de la empresa.

CELFRIÓ SAS S.A.S. es una empresa que ofrece servicios logísticos de almacenamiento en frío a diversas empresas del sector industrial que requieren cumplir con la normatividad vigente de la cadena de conservación en frío, el Decreto 1500 de 2007 y el Decreto 2270 de 2012 (que lo modifica), los cuales establecen los requisitos sanitarios y de inocuidad que deben cumplir la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos destinados para el consumo humano.

En este trabajo se describe la metodología utilizada para desarrollar una propuesta de implementación de un sistema de gestión energético en la planta CELFRÍO SAS, mediante el desarrollo de la etapa de planificación energética y algunos ítems de la etapa de implementación y operación de la norma ISO 50001:2011. Estas etapas se realizan por medio de AGL Ingeniería Ltda., la cual es una empresa contratista que presta sus servicios de mantenimiento y control operacional en el parque industrial.

En la primera parte de este trabajo se realiza una contextualización sobre la actividad económica de la organización y los procesos que se llevan a cabo en la prestación de servicios en frío a diferentes empresas del sector industrial.

En segunda instancia se realiza un análisis de brechas con el fin de identificar el nivel de cumplimiento que tiene CELFRÍO SAS en relación con los requisitos establecidos en la norma ISO 50001:2011 y concentrar sus esfuerzos a los aspectos en los que el nivel de implementación es bajo o inexistente, por medio de la elaboración de planes de acción. Por otra parte, se desarrolla la etapa de requisitos generales del sistema de gestión energético (SGEn), donde se establece el límite y alcance del SGEn, el representante de la alta dirección, el equipo de gestión energética y se resalta el compromiso de la organización con el SGEn mediante la elaboración de una política energética.

Posteriormente, se desarrolla la etapa de planificación energética mediante el análisis del consumo de energía eléctrica de la organización, la identificación de los usos significativos de la energía y de las variables que afectan el consumo de la energía. Asimismo, se identifican y evalúan las oportunidades de mejora, con el fin de establecer los objetivos y metas energéticas. Por otra parte, se establecen las líneas de base energéticas y los indicadores de desempeño energético.

Finalmente, se desarrolla a nivel documental la etapa de implementación de la norma. Por consiguiente, solo se definen los requisitos de implementación que exige la norma y se enuncian los procedimientos, formatos o registros mediante los cuales se da cumplimiento a estos requisitos. Posteriormente, se establecen las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Desarrollar la etapa de planeación de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50001:2011 en el centro logístico de frío (CELFRÍO SAS) mediante el apoyo de la empresa de servicios energéticos AGL ingeniería, con la finalidad de mejorar continuamente su desempeño energético.

2.2.Objetivos específicos

- Identificar el escenario inicial de la organización mediante la recopilación de datos relacionados a su comportamiento energético con el fin de estimar los esfuerzos que se requieren para la implementación de la norma ISO 50001:2011.
- Definir y establecer el alcance y el límite del sistema de gestión energético, así como una política energética que exprese el compromiso y apoyo de la gestión de la energía por parte de la organización.
- Desarrollar la caracterización energética de la empresa mediante mediciones in situ y el análisis del uso y consumo de energía para establecer indicadores de desempeño energético y la(s) línea(s) de base energética(s).
- Identificar las oportunidades de mejora en los procesos realizados en la planta Celfrío SAS ubicada en el parque central río frío para definir planes de acción de mejora del desempeño energético.

3. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se presentan conceptos claves utilizados en la norma internacional ISO 50001:2011 para asegurar una mayor comprensión del lector con relación al trabajo desarrollado a lo largo de este libro. De igual forma, se hace una contextualización sobre el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Posteriormente, se describen los procesos que se llevan a cabo en el centro logístico de frío (Celfrío SAS) y los equipos eléctricos utilizados en la organización. Finalmente, se describe la estructura de la norma ISO 50001:2011 y las actividades que comprenden la etapa de planificación energética.

3.1. Definiciones

Las definiciones que se presentan a continuación son una transcripción literal de los términos y definiciones establecidos en la norma ISO 50001:2011, la guía práctica de aplicación de la norma elaborada por la organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial (ONUDI) y la Guía para la implementación de un SGE en base a la ISO 50001 de la unidad de planeación minero-energética (UPME).

Alcance: Extensión de actividades, instalaciones y decisiones cubiertas por la organización a través del SGE, que puede incluir varios límites. Nota: El alcance puede incluir la energía relacionada con el transporte.

Caracterización energética: Procedimiento de análisis cualitativo y cuantitativo que permite evaluar la eficiencia con que la empresa administra y usa la energía en su proceso productivo, y que permite evaluar la situación energética actual; determinando las anomalías presentadas en cuanto al consumo energético real y los focos de desperdicio energético.

Desempeño energético: Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía. Nota 1: En el contexto de los sistemas de gestión de la energía los resultados pueden medirse respecto a la política, objetivos y metas energéticas y a otros requisitos del desempeño energético. Nota 2: El desempeño energético es uno de los componentes del desempeño de un sistema de gestión de la energía.

Eficiencia energética: Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía. Ejemplo: Eficiencia de conversión; energía requerida/energía utilizada; salida/entrada; valor teórico de la energía utilizada/ energía real utilizada. Nota: Es necesario que, tanto la entrada como la salida, se especifiquen claramente en cantidad y calidad y sean medibles.

Energía: Electricidad, combustibles, vapor, calor, aire comprimido y otros similares. Nota 1: Para el propósito de esta norma internacional, la energía se refiere a varias formas de energía incluyendo la renovable, la que puede ser comprada,

almacenada, tratada, utilizada en equipos o en un proceso o recuperada. Nota 2: La energía puede definirse como la capacidad de un sistema de producir una actividad externa o realizar trabajo.

Indicador de desempeño energético (IDEn): Valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización. Nota: Los IDEn pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo.

Línea de base energética: Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético. Nota 1: Una línea de base energética refleja un período especificado. Nota 2: Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc. Nota 3: La línea de base energética también se utiliza para calcular los ahorros energéticos, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

Política energética: Declaración por parte de la organización de sus intenciones generales y la dirección en relación con su desempeño energético, formalmente expresada por la alta dirección. Nota: la política energética brinda un marco para la acción y para el establecimiento de los objetivos y las metas energéticos.

Revisión energética: Determinación del desempeño energético de la organización basada en datos y otro tipo de información, orientada a la identificación de oportunidades de mejora. Nota: En otras normas regionales o nacionales, conceptos tales como la identificación y revisión de los aspectos energéticos o del perfil energético están incluidos en el concepto de revisión

Uso significativo de la energía: Uso de la energía que ocasiona un consumo sustancial de energía y/o que ofrece un potencial considerable para la mejora del desempeño energético. Nota: la organización determina el criterio de significación.

3.2.Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

3.2.1.Ciclo ideal básico de refrigeración por compresión de vapor

El sistema de refrigeración más común en nuestro entorno es el de compresión de vapor [2]. Este consiste en hacer circular un fluido refrigerante dentro de un circuito cerrado con el fin de extraer calor al ambiente o a un objeto, el sistema ocurre en cuatro etapas las cuales se pueden dividir en dos partes:

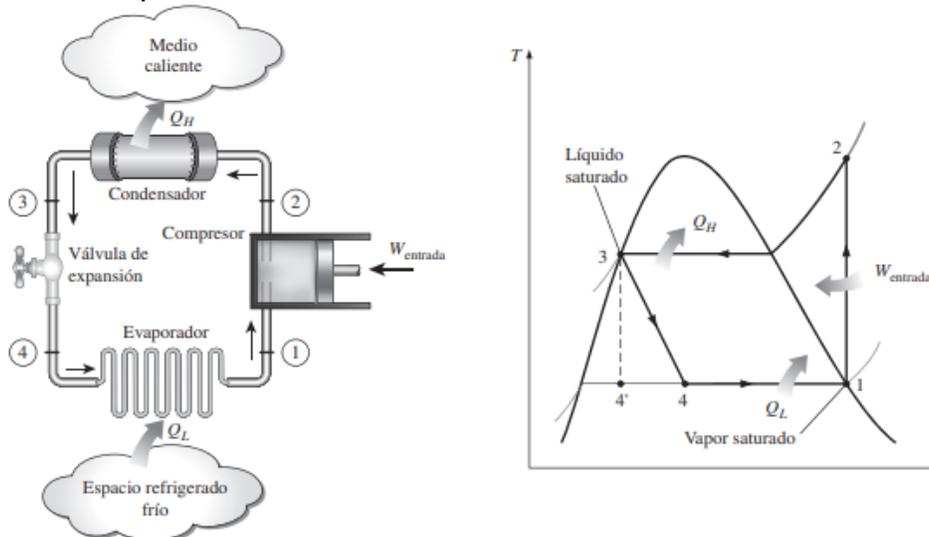
Zona de alta presión: parte del sistema compuesta por los procesos de compresión, condensación y expansión del fluido refrigerante.

Zona de baja presión: parte del sistema compuesta por el proceso de evaporación del fluido refrigerante por medio de la absorción de calor del medio a refrigerar.

A continuación, se describen y se representan de manera esquemática y mediante un diagrama $T-s$ en la Figura 1 las cuatro etapas que componen el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

- **Etapa de compresión 1-2:** Idealmente el refrigerante ingresa al compresor en un estado de gas saturado y es comprimido a entropía constante hasta alcanzar la presión de condensación en un estado de gas sobrecalentado.
- **Etapa de condensación 2-3:** En esta etapa se extrae el calor del gas refrigerante en condiciones de gas sobrecalentado para llevarlo idealmente a un estado de líquido saturado a presión constante por medio de un proceso de transferencia de calor. Se debe resaltar que el diseño del condensador debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento [3].
- **Etapa de expansión 3-4:** El proceso ocurre mediante un dispositivo de expansión y es isoentálpico es decir que no se realiza trabajo y no existe transferencia de calor. En este proceso el dispositivo de expansión se encarga de estrangular el fluido produciendo una caída súbita de presión y obligándolo a entrar en evaporación.
- **Etapa de evaporación 4-1:** El refrigerante ingresa al evaporador como un vapor húmedo de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo [4].

Figura 1. Esquema y diagrama $T-s$ para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.



Nombre de la fuente. Termodinámica 7ma edición. Yunus A. Cengel, Michael A. Boles.

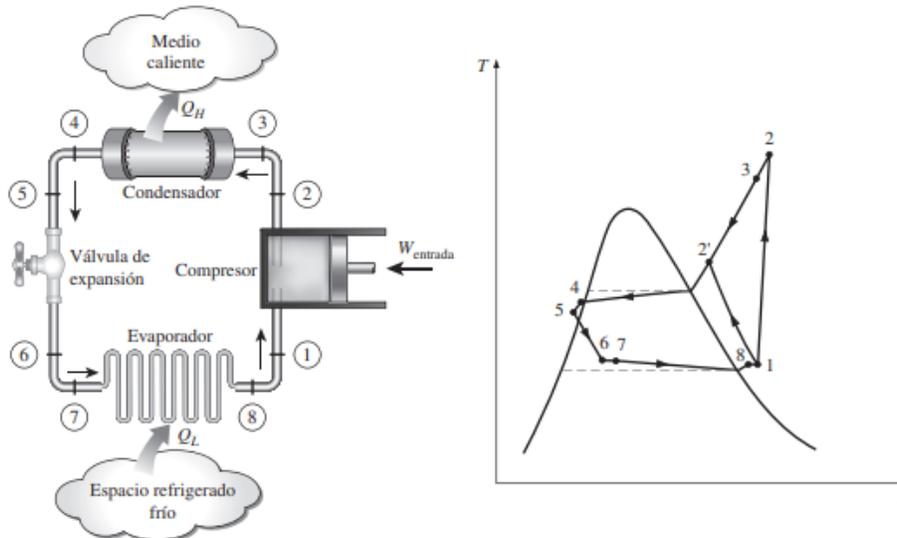
3.2.2. Ciclo real básico de refrigeración por compresión de vapor

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del fluido (causa caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores [4].

En primer lugar, en la práctica es muy difícil asegurar que el fluido refrigerante ingrese al compresor en condiciones de vapor saturado, por esta razón normalmente los sistemas de refrigeración se diseñan para que el fluido que sale del evaporador se encuentre en condiciones de vapor sobrecalentado y así asegurar que el fluido que ingresa al compresor se ha evaporado totalmente. De igual forma ocurre lo mismo con el fluido refrigerante que ingresa al dispositivo de expansión el cual idealmente debería ingresar en condiciones de líquido saturado, pero en la práctica se diseñan los sistemas para que el fluido que sale del condensador se encuentre en condiciones de líquido subenfriado con el fin de asegurar que el fluido se haya condensado totalmente antes de ingresar al dispositivo de expansión.

Por otra parte, el proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático y, por ende, isoentrópico. Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá efectos de fricción, los cuales incrementan la entropía y la transferencia de calor. Por consiguiente, la entropía del refrigerante puede incrementarse o disminuir durante un proceso de compresión real, dependiendo del predominio de los efectos [4].

Figura 2. Esquema y diagrama T - s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.



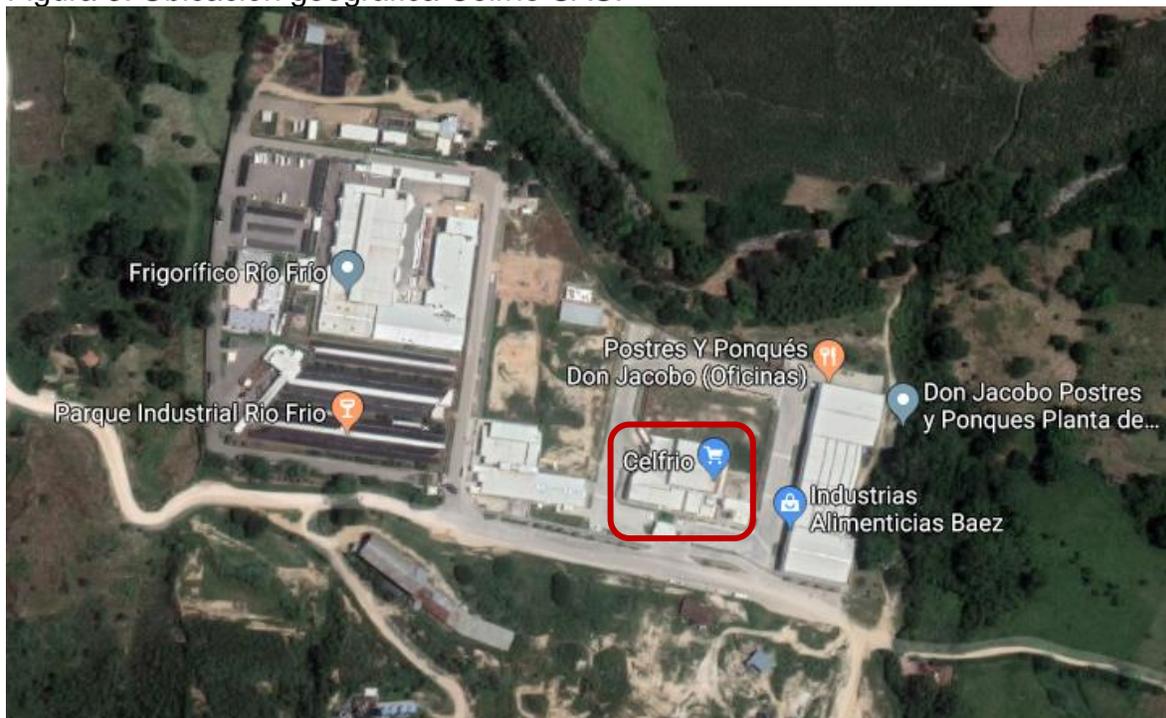
Nombre de la fuente. Termodinámica 7ma edición. Yunus A. Cengel, Michael A. Boles.

3.3.Contexto de la planta Celfrío SAS

Celfrío SAS es una empresa que ofrece servicios logísticos de almacenamiento en frío a diversas empresas del sector industrial dedicadas a comercializar embutidos, productos pesqueros, productos cárnicos, alimentos precocidos, productos lácteos y derivados. Para este fin, Celfrío SAS cuenta con cámaras de conservación que operan a temperaturas entre los -18°C y -20°C , túneles de congelación, control y monitoreo de la temperatura las 24 horas, puntos de conexión para camiones y contenedores refrigerados, muelles climatizados que garantizan la cadena de frío durante el alistamiento, despacho y recepción. Además, ofrece servicios de reempaque, control de inventarios y paletización.

La planta Celfrío SAS se encuentra ubicada en el parque industrial Río Frío, anillo vial en la vereda Río Frío, Floridablanca Santander. Esta zona es caracterizada por presentar unas condiciones de temperatura máxima promedio de 26°C y una temperatura mínima promedio de 20°C . La humedad para esta zona varía levemente, siendo un 65% el valor promedio de humedad relativa. Se hace énfasis en estas variables ambientales debido a que influyen en gran medida en el proceso de refrigeración que se lleva a cabo en la planta Celfrío SAS.

Figura 3: Ubicación geográfica Celfrío SAS.



Nombre de la fuente: Google maps.

3.3.1. Los clientes del centro logístico de frío (Celfrío SAS)

La planta Celfrío SAS presta servicios de logística en frío a diversas empresas del sector industrial que requieren cumplir con la normatividad vigente de frío, el Decreto 1500 de 2007 y el Decreto 2270 de 2012 (que lo modifica), los cuales establecen los requisitos sanitarios y de inocuidad que deben cumplir la carne, productos cárnicos comestibles y derivados cárnicos, destinados para el consumo humano en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación [6].

Considerando lo anterior, los principales clientes de Celfrío SAS son empresas especializadas en la producción, procesamiento y distribución de productos y derivados cárnicos, principalmente carne de pollo. Los clientes contratan los servicios de logística en frío de la planta para garantizar que el producto se pueda conservar sin alterar sus propiedades organolépticas. La figura 4 ilustra el desarrollo microbiano de la carne en función de la temperatura.

Figura 4: Desarrollo microbiano de la carne en función de la temperatura.

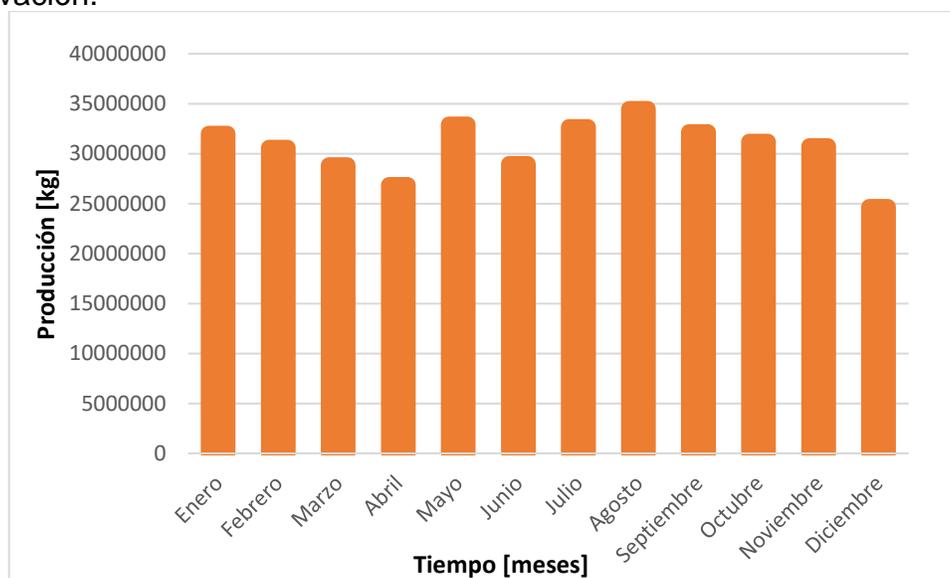


Nombre de la fuente: Pedro Fernández Díez, Cargas térmicas y dimensionado.

En este capítulo se reitera la importancia de las necesidades frigoríficas de los clientes de Celfrío SAS, debido a que, los servicios que presta esta empresa dependen en gran medida de las estacionalidades del mercado que presenten los productos que ofrecen sus clientes. Es así como se observará en el análisis de la Figura 6 y Figura 7 que las necesidades frigoríficas de sus clientes influyen en el consumo de energía de la planta Celfrío SAS.

Para ilustrar la influencia de las necesidades frigoríficas del cliente frente a la producción de Celfrío SAS, y por ende de su consumo energético, se cita la producción atípica que se presentó en la empresa en el año 2018, en el que dos de sus clientes se encontraban en una batalla comercial por controlar el mercado, lo que derivó en que ambos incrementaran sus necesidades frigoríficas al aumentar su producción. Esto se vio reflejado en la producción de Celfrío SAS, la cual tuvo un comportamiento alto y estable a lo largo del año.

Figura 5: Producción de Celfrío SAS en el año 2018 para el proceso de conservación.



Fuente: datos de Celfrío SAS, elaboración propia.

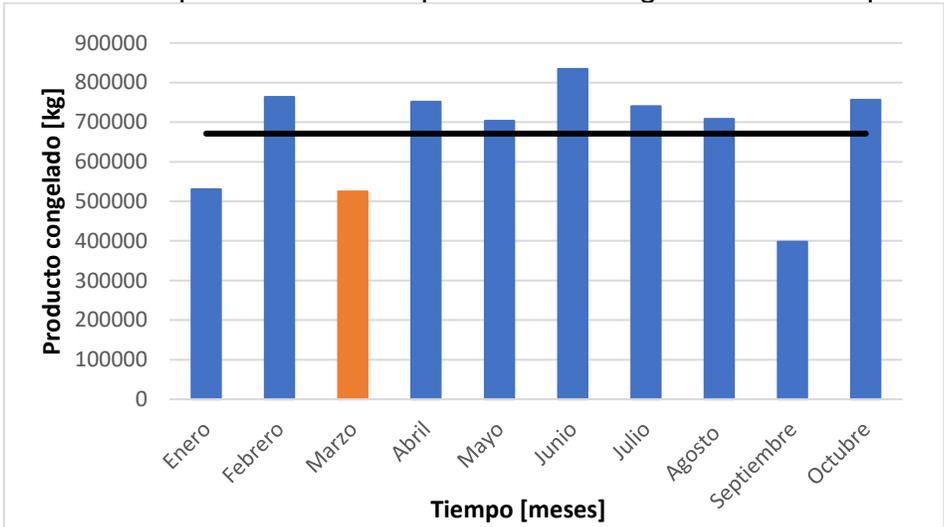
Ya en el año 2019 la producción de Celfrío SAS muestra un comportamiento que tiende a normalizarse acorde a las estacionalidades del mercado, donde se evidencian bajas necesidades frigoríficas por parte de los clientes en los primeros meses del año y un incremento de las necesidades frigoríficas a partir del mes de julio y que se estima continuará hasta el mes de noviembre de 2019.

Ahora bien, cabe aclarar que la revisión energética que se realiza en este trabajo corresponde al mes de marzo, ya que solo en este mes se tienen datos de medición

específicos (día a día) del consumo de energía para la planta Celfrío SAS, pues esta no cuenta con un sistema de medición de energía eléctrica.

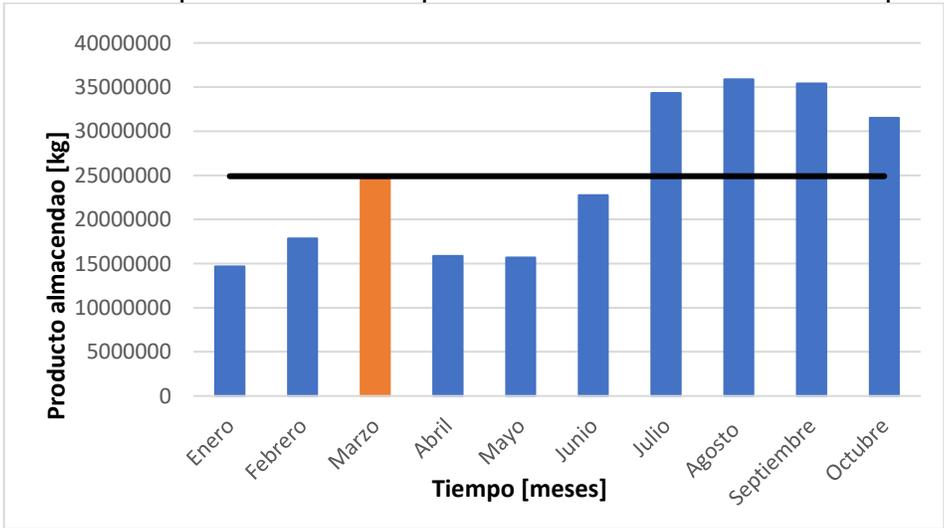
Por lo tanto, se procede a analizar el comportamiento de la producción de Celfrío SAS en el mes de marzo para determinar qué tan significativo es el consumo de energía de este mes con relación a los demás. A continuación, en las Figura 6 y Figura 7 se muestran los gráficos de producción vs tiempo en los procesos de congelación y conservación que se realizan en la planta.

Figura 6: Gráfico de producción en el proceso de congelación vs tiempo.



Fuente: datos de Celfrío SAS, elaboración propia.

Figura 7: Gráfico de producción en el proceso de conservación vs tiempo.



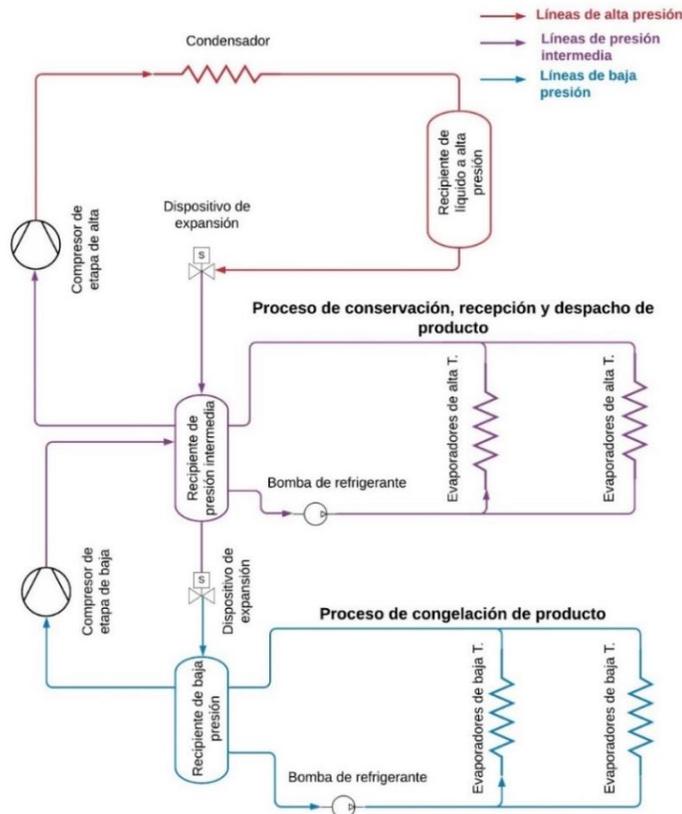
Fuente: datos de Celfrío SAS, elaboración propia.

En la Figura 6 se puede observar que la producción en el proceso de congelación para el mes de marzo se encuentra por debajo de la producción promedio para el año 2019. Esto posiblemente se debe a que las necesidades frigoríficas en este mes por parte de los clientes fueron bajas. Sin embargo, la producción en el proceso de conservación, Figura 7, muestra un comportamiento afín al comportamiento promedio de la producción en el transcurso del año 2019. Como se verá en el numeral 5.4.1. Revisión energética, es el proceso de conservación el que tiene mayor influencia en el consumo de energía de la organización. Por esta razón, se determina que estos datos de consumo son significativos.

3.3.2. Ciclo de refrigeración de la planta Celfrío SAS.

El sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS es un sistema de compresión de vapor de dos etapas de recirculación o de sobrealimentación con bombeo de amoníaco (R717) como fluido refrigerante. A continuación, en la figura 8, se presenta el ciclo de refrigeración llevado a cabo en la planta Celfrío SAS. El diagrama de flujo del proceso se encuentra en el Anexo A.

Figura 8: Ciclo de refrigeración de la planta Celfrío SAS



Fuente: Lucidachart, Elaboración propia.

El sistema de refrigeración de Celfrío SAS comienza en el compresor de alta, que se encarga de realizar la compresión del amoniaco aspirado en el recipiente de presión intermedia. En la compresión, el amoniaco incrementa su presión y temperatura hasta alcanzar la presión de descarga.

Posteriormente, el amoniaco a una alta presión es enviado al condensador, que se encarga de extraer calor al fluido refrigerante y llevarlo a un estado de líquido comprimido a una temperatura menor a la temperatura de saturación manteniendo la presión de condensación constante. No obstante, el refrigerante a la salida del proceso de condensación se encuentra en un estado de mezcla líquido vapor, pues la torre de enfriamiento se encuentra en condiciones de deterioro, el proceso de condensación no cuenta con un sistema independiente de enfriamiento para el agua y las condiciones del medio ambiente tales como: temperatura ambiente, radiación y humedad del aire no son favorables para el proceso, lo que reduce la eficiencia del sistema.

El amoniaco que sale del condensador es almacenado en un recipiente de líquido de alta presión dónde por medio de un dispositivo de expansión es enviado al recipiente de presión intermedia.

En el recipiente de presión intermedia, parte del refrigerante en estado líquido se evapora, debido a que, en este recipiente también ingresa la descarga del compresor de la etapa de baja. La otra parte del amoniaco que se encuentra en estado líquido se distribuye hacia dos zonas. Zona 1, es enviado por medio de una bomba a los evaporadores denominados de alta temperatura en la figura 8, evaporadores de muelles y cámaras de conservación. Zona 2, el amoniaco en estado líquido a las mismas condiciones que el refrigerante que ingresa a la bomba, es llevado por medio de una válvula de expansión al recipiente de baja presión.

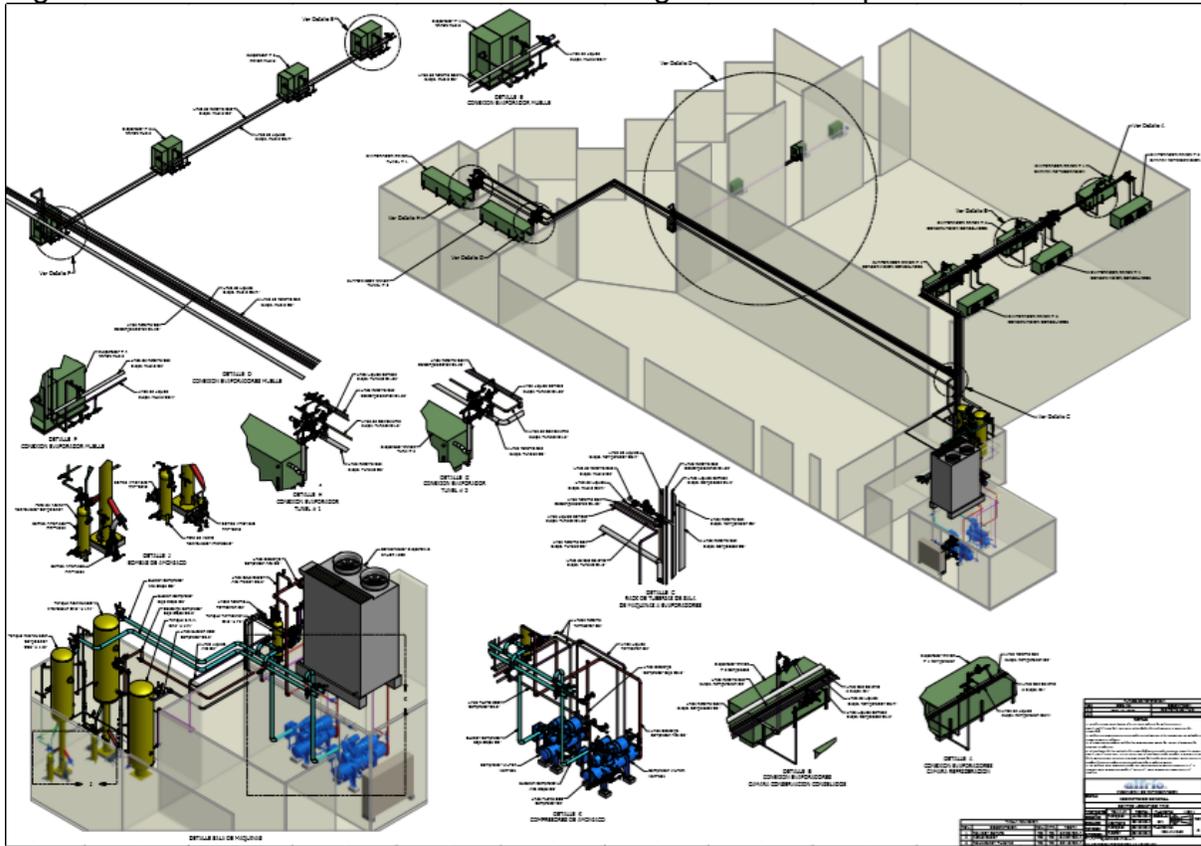
En el recipiente de baja presión, el amoniaco en estado líquido es llevado por medio de una bomba hacia los evaporadores denominados de baja temperatura en la figura 8, donde se encarga de retirar el calor a los túneles de congelación. Posteriormente, es recirculado al recipiente de baja presión en un estado de vapor saturado en el que finalmente es aspirado por el compresor de la etapa de baja.

El compresor de la etapa de baja se encarga de comprimir el amoniaco hasta una presión de descarga intermedia, la que, como se mencionó anteriormente, va hacia el recipiente de presión intermedia. Este se encarga de enfriar el vapor de descarga entre las etapas de alta y de baja, evitando el sobrecalentamiento del compresor de la etapa de alta y la craquización del aceite [6].

Finalmente, en el recipiente de presión intermedia, se separa el vapor del líquido a presión intermedia y se produce la aspiración del vapor a las mismas condiciones por parte del compresor de la etapa de alta [6].

La figura 9, muestra el plano isométrico general del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.

Figura 9. Plano isométrico del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS, Elaborado por Alfrío.

A continuación, se describe de manera detallada los equipos mencionados anteriormente y sus características técnicas.

Compresor de alta: compresor marca VILTER modelo VSM-601. Su función es comprimir amoníaco en estado gaseoso para elevar su temperatura y presión para posteriormente ser descargado a la condensadora. Las variables que influyen en este equipo son: el flujo del refrigerante, la presión de succión, la presión de descarga, la temperatura de entrada del refrigerante y la temperatura de salida del mismo. Estas variables no son modificadas directamente por Celfrío SAS, el equipo cuenta con un sistema de control que se encarga de medir y modificar estas variables. La única variable que modifica Celfrío SAS de forma indirecta es la presión de descarga, mediante purgas de aire, purgas de aceite en el sistema e inyectando amoníaco cuando es necesario.

Tabla 1: Especificaciones técnicas del compresor de alta.

Equipo	Potencia	Voltaje	Corriente	SF	Corriente SF	FP	Eficiencia
Compresor de alta	250 HP	460 V	282 A	1.15	324	87.5	94.1

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Figura 10: Compresor de alta instalado en el sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS.

Compresor de baja: compresor marca VILTER modelo VSM-501. Su función es comprimir amoníaco en estado gaseoso para elevar su temperatura y presión y ser descargado en el recipiente de presión intermedia. Es el encargado de llevar a cabo el proceso de congelación en la planta. Las variables que influyen en este equipo son: el flujo del refrigerante, la presión de succión, la presión de descarga, la temperatura de entrada del refrigerante y la temperatura de salida del mismo. Estas variables no son modificadas directamente por Celfrío SAS, es el equipo cuenta con un sistema de control que se encarga de medir y modificar estas variables. La única variable que modifica Celfrío SAS de forma indirecta es la presión de descarga, mediante purgas de aire, purgas de aceite en el sistema e inyectando amoníaco cuando es necesario.

Figura 11: Compresor de baja instalado en el sistema de refrigeración de Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS

Tabla 2: Especificaciones técnicas compresor de baja.

Equipo	Potencia	Voltaje	Corriente	SF	Corriente SF	FP	Eficiencia (%)
Compresor de baja	150 HP	460 V	164 A	1.15	190	90	93.6

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Evaporador: la función de este equipo es permitir el mayor intercambio de calor posible entre el recinto y el refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Se le conoce como evaporador porque esto es lo que sucede con el refrigerante durante el intercambio de calor. La planta cuenta con doce evaporadores que se dividen en dos grupos, evaporadores denominados de alta temperatura para el proceso de conservación y muelles, y, evaporadores denominados de baja temperatura para el proceso de congelación. Las variables que influyen en el proceso de evaporación son: temperatura de entrada del refrigerante, temperatura del set point, temperatura del recinto, temperatura de salida del refrigerante, presión de entrada del refrigerante, presión de salida del refrigerante. De estas variables solo se conocen la temperatura del recinto, que se monitorea constantemente; la temperatura del set point, que es fijada por los operarios de AGL y la presión de entrada del refrigerante, que depende de la bomba de refrigerante. Las demás variables no son medidas ni controladas.

A continuación, la Tabla 3 describe las características técnicas de los evaporadores instalados en la planta Celfrío SAS.

Tabla 3. Características técnicas de los evaporadores del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.

Equipo	Marca	Modelo	Voltaje	Amperaje	Potencia	Refrigerante
Evaporador túnel # 1	KRACK	PCDA3H-558-3-5-RBA-HGP-LH	460 V	6,7 FLA	3 HP	R-717
Evaporador túnel # 2	KRACK	PCDA3H-558-3-5-RBA-HGP-LH	460 V	6,7 FLA	3 HP	R-717
Evaporador frontal cuarto de conserva 1	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador posterior cuarto de conserva 1	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador frontal cuarto de conserva 2	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador posterior cuarto de conserva 2	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador frontal cuarto de conserva 3	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador posterior cuarto de conserva 3	KRACK	PCDA2H-338-3-3-RBA-HGP-RH-OB	460 V	4,1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador muelle #1	KRACK	DTX1A-377-DXA-A-RH	460 V	1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador muelle #2	KRACK	DTX1A-377-DXA-A-RH	460 V	1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador muelle #3	KRACK	DTX1A-377-DXA-A-RH	460 V	1 FLA	3 HP	R-717
Evaporador muelle #4	KRACK	DTX1A-377-DXA-A-RH	460 V	1 FLA	3 HP	R-717

Fuente: Celfrío SAS. Elaboración propia.

Bombas: La planta dispone de 4 bombas con el fin de impulsar el amoniaco de los recipientes de líquido hacia los evaporadores de cada proceso. La operación de las bombas varía. Generalmente, operando solo un tipo de bomba para cada proceso por un periodo de tiempo determinado

Tabla 4. Especificaciones técnicas bombas del sistema de refrigeración de Celfrío SAS.

Equipo	Marca	Modelo	Voltaje	Amperaje
Bomba vertical 1	Witt	HRP-3232	440 V	2 [A]
Bomba vertical 2	Witt	HRP-3232	440 V	2 [A]
Bomba horizontal 1	Witt	HRP-5040	440 V	3 [A]
Bomba horizontal 2	Witt	HRP-5040	440 V	3 [A]

Fuente: Celfrío SAS. Elaboración propia.

Condensador: Este equipo es el encargado de permitir el cambio de fase del refrigerante que sale del compresor desde un estado de gas comprimido a condiciones de alta temperatura y presión hacia un estado de líquido subenfriado. Sin embargo, el refrigerante a la salida del proceso de condensación se encuentra en un estado de mezcla líquido vapor, pues la torre de enfriamiento se encuentra en condiciones de deterioro, el proceso de condensación no cuenta con un sistema independiente de enfriamiento para el agua y las condiciones del medio ambiente tales como: temperatura ambiente, radiación y humedad del aire no son favorables para el proceso, lo que reduce la eficiencia del sistema. Las variables que influyen en este proceso son: temperatura del agua a la entrada del intercambio de calor, temperatura del agua a la salida del intercambio de calor, humedad relativa, temperatura del refrigerante, flujo de agua y presión del refrigerante en la entrada. De estas variables solo se mide y controla la presión del refrigerante a la entrada del proceso que es la misma presión de descarga del compresor de alta, la temperatura del agua a la entrada del intercambio de calor usualmente trata de controlarse añadiendo hielo a la torre de enfriamiento.

Figura 12: Sistema de condensación instalado en la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS.

Tabla 5: Características técnicas de la unidad condensadora del sistema de refrigeración de la planta Celfrío SAS.

Equipo	Marca	Modelo	Sub equipos	Potencia
Unidad condensadora	BAUER W.X. R	BAUER 1200	Ventilador	7,5 HP
			Bomba de recirculación de agua	5 HP

Fuente: Celfrío SAS. Elaboración propia

Máquina paletizadora: este equipo tiene la función de facilitar el proceso de paletización de la mercancía. El proceso de envoltura del palé consiste en aplicar de una manera uniforme y en espiral la película estirable determinando previamente cuantas vueltas requerirá el palé de acuerdo con sus dimensiones y peso. Se utiliza principalmente para proteger el contenido del palé contra polvo, grasa y humedad [7]. A continuación, se describen las características técnicas del equipo utilizado en la planta Celfrío SAS.

Tabla 6. Características técnicas de la máquina paletizadora del área de reempaque.

Equipo	Marca	Modelo	Fases	Potencia	Voltaje	No. de motores
Paletizadora	ODECOPACK	NOVA 3000	3	3 HP	440	3

Fuente: Celfrío SAS. Elaboración propia

3.4.NORMA ISO 50001

La norma ISO 50001:2011, sistemas de gestión energética (Energy Management Systems), publicada por primera vez en junio de 2011, establece los requisitos que debe tener un sistema de gestión de la energía en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como incrementar sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad [8].

Por otra parte, la norma es aplicable a todo tipo de empresas sin importar su tamaño o su actividad económica. Además, ofrece a la organización cierto grado de libertad a la hora de implementar el SGE, ya que, la organización tiene la autonomía de establecer el alcance y el límite de su SGE. Esto quiere decir que la organización puede elegir qué procesos y actividades incluir dentro de su SGE y delimitar el campo de acción del mismo estableciendo las fronteras físicas, locales u organizacionales.

3.4.1. Estructura de la norma

Al igual que otras normas de sistemas de gestión, ISO 50001:2018 se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo. Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, estableciéndose requisitos para cada una de estas etapas de la siguiente forma:

Planificar: Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético.

Hacer: Busca implementar procedimientos y procesos regulares, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.

Verificar: Consiste en monitorear y medir procesos y productos, en base a las políticas, objetivos y características claves de las operaciones, así como reportar los resultados.

Actuar: Es la toma de acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados.

Figura 13. Estructura de la norma en base al ciclo de implementación P-H-V-A.



Fuente: Guía de implementación de un SGE basado en la norma ISO 50001. UPME.

La estructura de la etapa de planificación energética propuesta por la norma se encuentra en el anexo C.

4. ESTADO INICIAL DE LA PLANTA CELFRÍO SAS CON RELACIÓN A LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 50001:2011

En este capítulo se evidencia el estado inicial de la organización con relación a la implementación de un sistema de gestión energética. En primera instancia, se establecen los criterios de evaluación definidos para valorar el cumplimiento de los requisitos exigidos por la norma internacional ISO 50001:2011, los cuales se soportan en un sistema de valoración cuantitativo y cualitativo. Posteriormente, se muestra la evaluación inicial del cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50001:2011 llevada a cabo en la planta Celfrío SAS. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos y se compara el nivel de implementación inicial de la norma con relación al nivel de implementación esperado al culminar este trabajo.

4.1. Análisis de brechas

El análisis de brechas es una de las actividades iniciales que se deben llevar a cabo en una organización que contempla la idea de implementar un sistema de gestión energético (SGE). Esta herramienta resulta ser muy útil debido a que los resultados que se obtienen permiten conocer el nivel de implementación inicial en el que se encuentra el SGE con relación a los requisitos establecidos por la norma ISO 50001:2011.

Para la elaboración del análisis de brechas se realiza un levantamiento de toda la información existente de las características energéticas que presenta la organización con relación a su desempeño energético y la gestión que existe en materia de energía. De igual forma, se realiza una inspección de la documentación existente sobre otros sistemas de gestión que se encuentren implementados ya que esta documentación podría incorporarse al SGE. Posteriormente, se determina el nivel cumplimiento mediante un criterio de evaluación que la organización establezca. Este criterio puede estar conformado por un sistema de valoración cuantitativo o cualitativo según lo que se haya establecido. Los aspectos para evaluar serán los requisitos establecidos por la norma ISO 50001:2011. La tabla 6 evidencia los aspectos evaluados en esta etapa inicial. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos con el fin de concentrar los esfuerzos en elaborar planes de acción para cerrar las brechas identificadas durante la evaluación inicial donde el nivel de implementación es débil o inexistente.

Para determinar el nivel de cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma se define un criterio de evaluación cuantitativo y cualitativo basado en los siguientes aspectos:

Tabla 7. Criterios de evaluación definidos en el análisis de brechas.

Criterio de evaluación cuantitativo	Descripción	Criterio de evaluación cualitativo
1	No documentado / No existente	No se implementa
2	No documentado / Ejecutado	En proceso de implementación
3	Documentado/ No existente	En proceso de implementación
4	Documentado / Ejecutado	Se implementa
5	Documentado / Ejecutado / controlado	Se implementa y se controla

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 8 se describen los requisitos del sistema evaluados y la valoración cuantitativa y cualitativa obtenida para cada requisito.

Tabla 8. Evaluación inicial del cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50001:2011.

ITEM	REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA	VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL CUMPLIMIENTO	VALORACIÓN CUALITATIVA DEL CUMPLIMIENTO
4,1	REQUISITOS GENERALES	N/A	N/A
4,2	RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN	2	En proceso de implementación
4,3	POLÍTICA ENERGÉTICA	1	No se implementa
4,4	PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	1,5	En proceso de implementación
4,4,2	Requisitos legales y otros requisitos	1	No se implementa
4,4,3	Revisión energética	2	En proceso de implementación
4,4,4	Línea de base energética e indicadores de desempeño energético	1	No se implementa
4,4,5	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	2	En proceso de implementación
4,5	IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	4,7	Se implementa

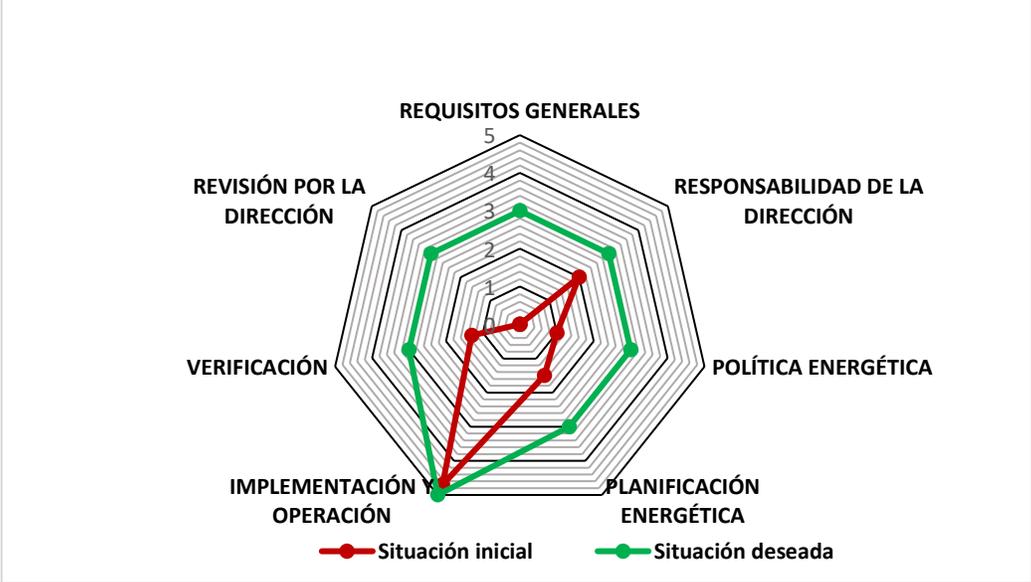
4,5,2	Competencia, formación y toma de conciencia	4	Se implementa
4,5,3	Comunicación	5	Se implementa y se controla
4,5,4	Documentación	5	Se implementa y se controla
4,5,5	Control operacional	4	Se implementa
4,5,6	Diseño	5	Se implementa y se controla
4,5,7	Compra de servicios de energía, producto, equipos y energía	5	Se implementa y se controla
4,6	VERIFICACIÓN	1,3	En proceso de implementación
4,6,1	Seguimiento, medición y análisis	2	En proceso de implementación
4,6,2	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos	1	No se implementa
4,6,3	Auditoría interna del SGEN	1	No se implementa
4,6,4	No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	N/A	N/A
4,6,5	Control de los registros	N/A	N/A
4,7	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN	N/A	N/A
4,7,2	Información de entrada para la revisión	N/A	N/A
4,7,3	Resultados de la revisión por la dirección	N/A	N/A

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico de radar está representado por una línea roja el grado de cumplimiento actual en el que se encuentra la planta Celfrío SAS con relación a los requisitos que exige la norma ISO 50001:2011. Como se puede observar la organización tiene debilidades en la mayoría de los aspectos que exige la norma, y en algunos casos el grado de cumplimiento es inexistente. Sin embargo, se encuentra muy cerca a la mejora continua en aspectos como la implementación y operación, esto se debe a que previamente se han implementado otros sistemas de gestión que garantizan el cumplimiento de estos requisitos.

Por otra parte, la línea verde en el gráfico de radar representa el grado de cumplimiento al que se pretende llegar una vez culminado este proyecto. Como se puede apreciar en este escenario la mayoría de los aspectos que exige la norma ISO 50001:2011 tienen una valoración de tres lo cual representa que los planes de acción para dar cumplimiento a los requisitos se documentan, pero no se implementan.

Figura 14. Análisis gráfico de la evaluación de cumplimiento de los requisitos.



Fuente. Elaboración propia

5. DESARROLLO DE LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

En este capítulo se describen las actividades realizadas en la organización para desarrollar una propuesta de implementación de un sistema de gestión energética en la planta Celfrío SAS mediante la interventoría de la empresa AGL INGENIERÍA LTDA.

Inicialmente, se da cumplimiento a nivel documental a los requisitos generales de la norma mediante: el establecimiento del alcance y límite del SGE, la creación de un equipo de gestión de la energía, la elaboración de una política energética que ratifique el compromiso de la organización con relación a su SGE, la . Posteriormente, se desarrolla la etapa de revisión energética con el fin de analizar el uso y consumo de la energía en la organización por medio del establecimiento de líneas de base energéticas, indicadores de desempeño energético y la evaluación de oportunidades de mejora.

5.1.Requisitos generales

5.1.1.Delimitación

El SGE en Celfrío SAS se delimitará a las instalaciones de la planta ubicada en el parque industrial río frío, Anillo vial vereda río frío, Floridablanca, Santander. La cual se encuentra compuesta por 3 cámaras de conservación, 2 túneles de congelación y muelles de recepción y despacho climatizados, ver Figura 9.

5.1.2.Definición del alcance

El SGE comprenderá todos los procesos y actividades que se llevan a cabo en los procesos de congelación y conservación de la planta y que repercuten en el uso de energía eléctrica.

5.2.Responsabilidad de la dirección

5.2.1.Representante de la alta dirección

Celfrío SAS mediante la interventoría de AGL INGENIERÍA LTDA. designa a **ALVARO DANIEL GOMEZ ALVAREZ** como la persona encargada de desempeñarse como intermediario entre la alta dirección de Celfrío SAS, el personal que trabaja para o en nombre de la organización y agentes externos (proveedores, autoridades ambientales, organismos de certificación, entre otros). Adicionalmente, será el responsable de implementar el sistema de gestión de energía de la organización y designar personal competente para controlar el uso de la energía mediante la promoción de buenas prácticas en los procesos que se llevan a cabo dentro de la organización garantizando que la energía se utiliza de forma racional y eficiente.

Nota: En el acta No, 0001 se evidencian las funciones y responsabilidades designadas al representante de la alta dirección según lo establecido en la norma ISO 50001.

5.2.2. Equipo de gestión energética

Con el fin de asegurar que el sistema de gestión de la energía se implemente de manera efectiva se decide conformar un equipo de gestión energética que integre representantes de los diferentes departamentos de la organización (compras, recursos humanos, producción, entre otros). La función principal del equipo es asegurar que el SGEN esté establecido, implementado, mantenido y mejorado en forma constante; [9].

La Figura 15, presenta la estructura organizacional del equipo de gestión energética de la planta Celfrío SAS. Posteriormente, se establecen las funciones y responsabilidades del mismo.

Figura 15. Estructura organizacional del equipo de gestión energética.



Fuente. Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.2.3. Funciones y responsabilidades del equipo de gestión energética:

- Informar sobre el desempeño del SGEN y la mejora del desempeño energético a la alta dirección, a intervalos determinados.
- Asegurar que el SGEN cumple con los requisitos de la norma internacional.

- Contribuir en el desarrollo de la revisión energética de la empresa y la elaboración de los planes de acción.
- Establecer los criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y el control del SGE son efectivos.
- Establecer los canales de comunicación para difundir la información relacionada al desempeño energético de la organización.
- Capacitar al personal que trabaja para o en nombre de la organización energía mediante la promoción de buenas prácticas en los procesos que se llevan a cabo.
- Realizar recomendaciones para mejorar continuamente el SGE.

5.2.4. Política energética

La política energética representa el compromiso de la organización con relación a la gestión de su desempeño energético, esta debe divulgarse en todos los niveles de la organización y a todas las partes interesadas. La construcción de la política energética se realizó con el apoyo del representante de la alta dirección.

A continuación, se cita la política energética establecida en la planta Celfrío SAS.

Política energética de Celfrío SAS

El centro logístico de frío (Celfrío SAS) es una organización que gracias a su experiencia en el mercado de alimentos perecederos ofrece servicios logísticos de almacenamiento en frío a diversas empresas del sector industrial, garantizando la revisión, control y verificación de los procesos realizados en la planta, priorizando el uso de los recursos energéticos y su impacto al medio ambiente, por ende, se compromete a:

- *Mejorar continuamente el desempeño energético de sus operaciones, garantizando la disponibilidad de información y los recursos necesarios para un uso eficiente y racional de la energía.*
- *Definir y verificar anualmente los objetivos y metas energéticas asegurando la afinidad de estos hacia el desempeño energético.*
- *Adoptar criterios de eficiencia energética en la adquisición de fuentes de energía, servicios y maquinaria que interactúen en los procesos que se llevan a cabo en la organización.*
- *Documentar, capacitar y concientizar a sus empleados sobre su SGE con el ánimo de crear una cultura energética y la ejecución de buenas prácticas orientadas al uso eficiente de los recursos energéticos y el cuidado del medio ambiente.*
- *Revisar anualmente la vigencia de la legislación que comprende los requisitos del presente sistema de gestión y actualizarla de ser necesario.*

5.3. Planificación energética

5.3.1. Requisitos legales y otros requisitos

Para ejercer un mayor control y registro de la legislación aplicable, su revisión y aplicación en la organización, se registran los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba con relación a su desempeño energético en el **formato matriz de requisitos legales**.

5.3.2. Revisión energética

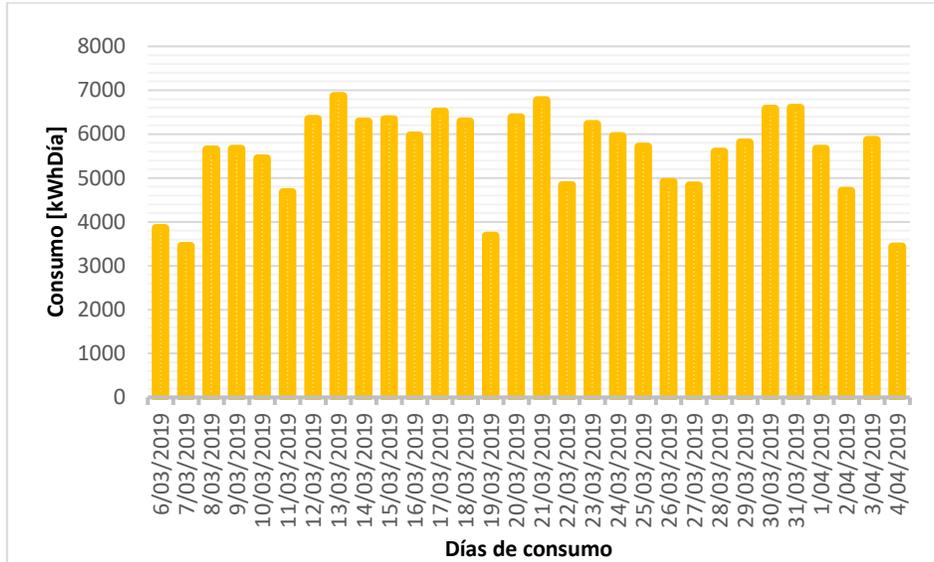
La revisión energética se realiza teniendo en cuenta la metodología que se define en el **procedimiento de revisión energética** el cual se encuentra elaborada con el fin de estandarizar los procesos de identificación, documentación y análisis del uso y consumo de la energía en la organización.

Inicialmente, se definen los energéticos que utiliza la organización para llevar a cabo sus procesos. En el caso de la planta Celfrío SAS se establece como único energético la energía eléctrica la cual es utilizada para energizar todos los equipos que efectúan los procesos realizados en la planta.

Para el análisis del consumo de energía eléctrica de la planta Celfrío SAS se toma en consideración que se utilizan los datos de consumo diarios del mes de marzo. Pues como se analizó en el capítulo anterior el comportamiento de la producción de Celfrío SAS representa el comportamiento promedio de la producción de la planta durante el transcurso del año, por lo que se infiere en que el consumo de energía de este mes es significativo con relación a los demás.

En la Figura 16 se pueden encontrar los datos de consumo diario de energía eléctrica de la planta Celfrío SAS medidos durante el prorratio realizado en el mes de marzo.

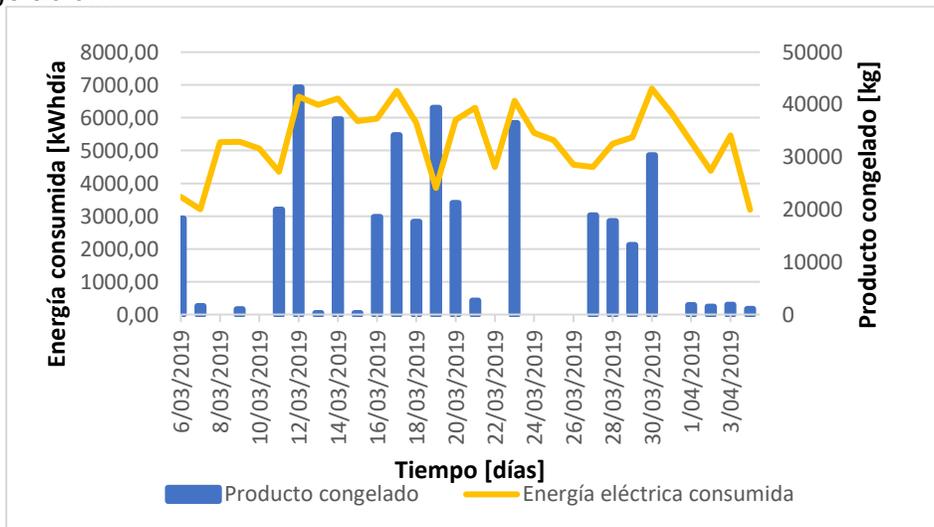
Figura 16: Gráfico del consumo diario de energía eléctrica durante el mes de marzo.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia

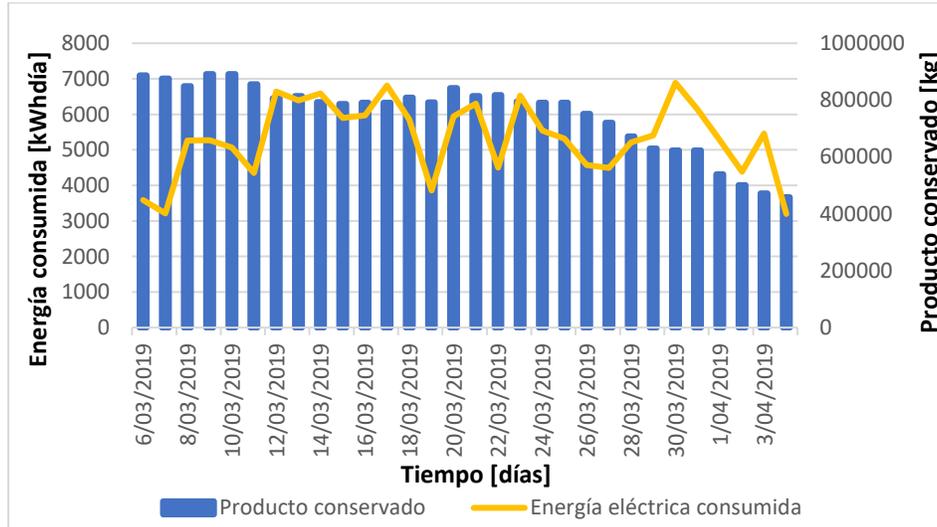
Posteriormente, se realizó un gráfico de producción y consumo de energía vs tiempo para comparar el comportamiento de las dos variables en el transcurso del mes analizado. La Figura 17 y Figura 18 representan los gráficos de consumo de energía y producción vs tiempo para los procesos de congelación y conservación respectivamente.

Figura 17: Gráfico de producción y consumo de energía vs tiempo para el proceso de congelación.



Fuente: Celfrío SAS, elaboración propia.

Figura 18: Gráfico de producción y consumo de energía vs tiempo para el proceso de conservación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

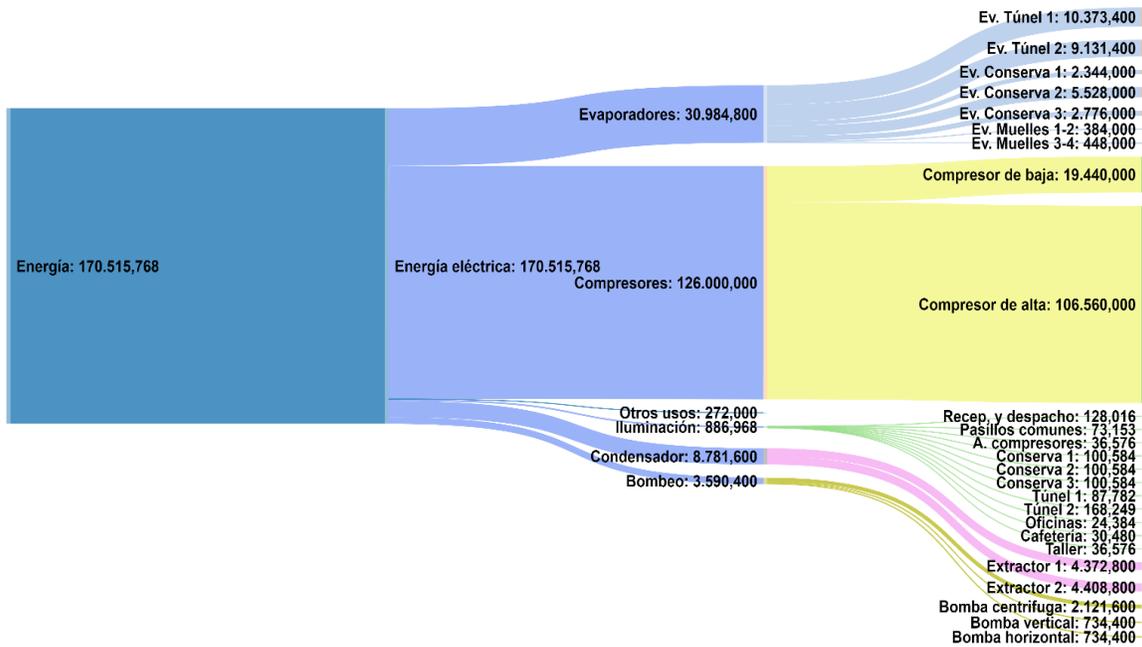
5.3.2.1. Censo de cargas

Es importante realizar un censo de cargas, ya que el consumo de energía eléctrica es un criterio determinante para establecer los usos significativos de la energía en la organización. El censo de cargas se puede realizar mediante la suma de las intensidades o potencias de placa de todos los artefactos de consumo dependientes del sistema de distribución de energía eléctrica [10]. En el caso de Celfrío SAS el censo de carga se hizo midiendo la potencia activa consumida por cada equipo mediante el uso de una pinza amperimétrica. Los datos obtenidos del censo de carga se encuentran en el Anexo D.

Posteriormente, se tomaron en cuenta otros parámetros como el tiempo de utilización y en algunos casos un factor de carga para determinar el uso de la energía eléctrica.

La Figura 19 muestra un diagrama de Sankey en el cual se aprecia como se distribuye el consumo de energía eléctrica en la organización.

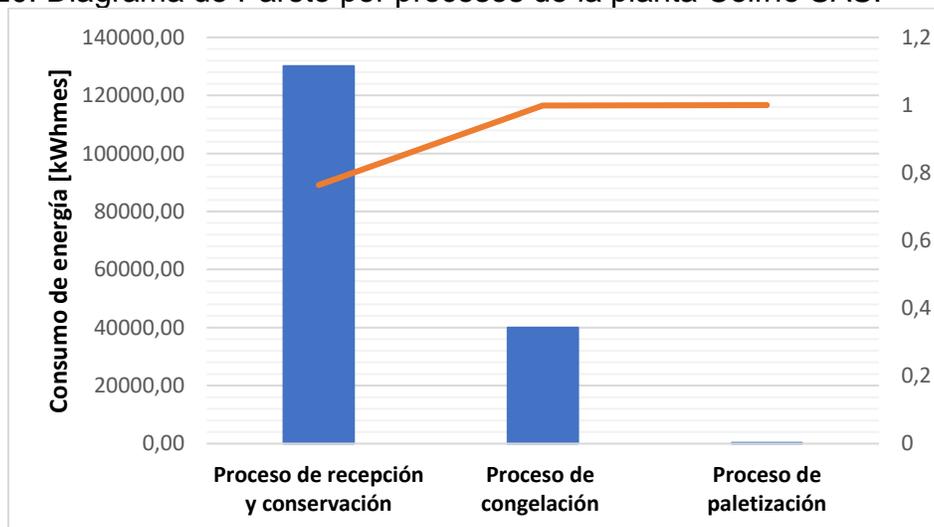
Figura 19: Diagrama de Sankey del uso de la energía eléctrica por equipo, en la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Para analizar los datos obtenidos en el censo de carga se construye un gráfico de Pareto con el fin de determinar los procesos encargados de consumir el 80% de la energía eléctrica de la planta. Ver Figura 20.

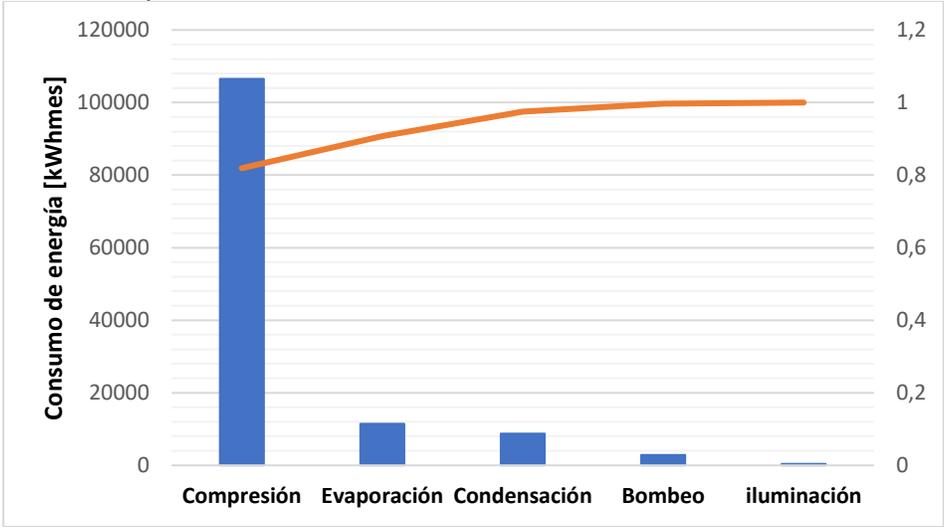
Figura 20: Diagrama de Pareto por procesos de la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

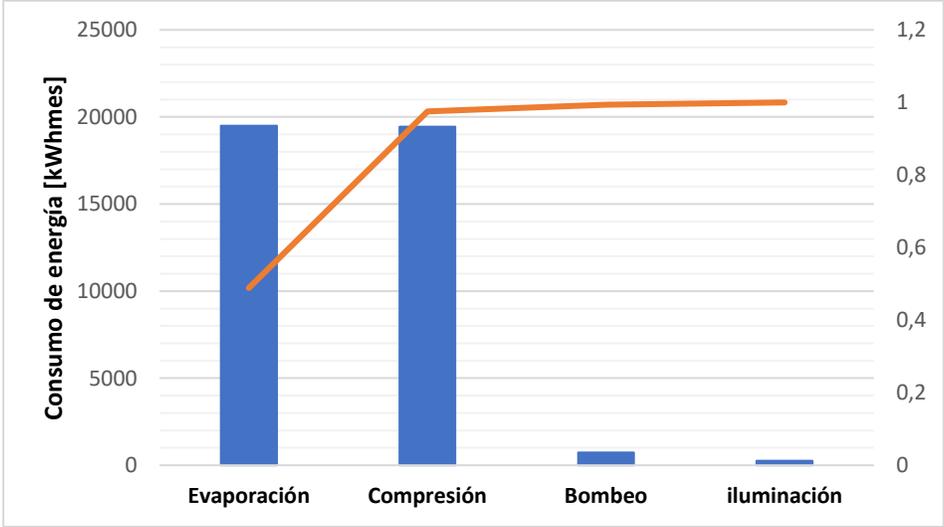
Del gráfico de Pareto se obtiene que los procesos de recepción y conservación, así como congelación son los responsables de más del 90% del consumo de energía eléctrica en la planta. Por consiguiente, se procede a elaborar un gráfico de Pareto de cada uno de estos procesos para identificar los subprocesos que influyen en el consumo de energía. Ver Figura 21 y Figura 22.

Figura 21: Diagrama de Pareto del proceso de recepción y conservación que se lleva a cabo en la planta Celfrío SAS .



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Figura 22: Diagrama de Pareto del proceso de congelación que se lleva a cabo en la planta Celfrío SAS.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.2.2. Identificación de las variables que afectan el consumo de la energía

Es necesario identificar las variables que afectan el consumo de la energía, con el fin de poder determinar si una alteración en el consumo global de la energía es producto de cambios en el desempeño energético de la organización [8].

A continuación, se analizan las variables que se presentan en los diferentes procesos que se llevan a cabo en la planta Celfrío SAS.

Proceso de congelación

Los límites de temperatura de los productos en el proceso de congelación se encuentran establecidos por la resolución 242 del año 2013, donde se define que los productos cárnicos comestibles se deben refrigerar a una temperatura máxima de 4°C (temperatura de entrada del producto al proceso de congelación). De igual forma, se establece que la temperatura de congelación de la canal, sus partes y productos cárnicos comestibles será máximo de -18°C.

Ahora bien, el tipo de producto y la cantidad de producto al cual se le debe extraer el calor es una variable que no se puede controlar debido a que depende de las necesidades frigoríficas de los clientes, las cuales a su vez dependen de las estacionalidades del mercado.

A continuación, se describen las variables identificadas en el proceso de congelación y a su vez se define si estas son monitoreadas y controladas.

Tabla 9: Variables operacionales del proceso de congelación.

Proceso	Variable	¿Se monitorea?		¿Se controla?	
		Sí	No	Sí	No
Proceso de compresión	Flujo de refrigerante		X	X	
	Presión de succión	X			X
	Presión de descarga	X		X	
	Temperatura de entrada del refrigerante	X			X
	Temperatura de salida del refrigerante	X		X	
Proceso de evaporación	Temperatura de entrada del refrigerante		X		X
	Temperatura del recinto	X		X	
	Temperatura ambiente		X		X
	Presión de entrada del refrigerante	X		X	
	Presión de salida del refrigerante		X		X
	Humedad relativa		X		X

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Proceso de conservación

El proceso de conservación empieza en cuanto se alcanza la temperatura máxima de congelación del producto cárnico comestible. Por lo tanto, la temperatura de entrada del producto será máximo de -18°C, esta temperatura deberá mantenerse durante el tiempo que permanezca el producto en los cuartos de conservación, de manera que la temperatura de salida del producto en el proceso de conservación será también de -18°C.

La Tabla 10 describe las variables operacionales identificadas en el proceso de conservación y a su vez establece si son monitoreadas y controladas.

Tabla 10: Variables operacionales del proceso de conservación.

Proceso	Variable	¿Se monitorea?		¿Se controla?	
		Sí	No	Sí	No
Proceso de compresión	Flujo de refrigerante		X	X	
	Presión de succión	X			X
	Presión de descarga	X		X	
	Temperatura de entrada del refrigerante	X			X
	Temperatura de salida del refrigerante	X		X	
	Flujo de aceite en el sistema	X		X	
	Flujo de aire en el sistema		X	X	
Proceso de evaporación	Temperatura de entrada del refrigerante		X		X
	Temperatura del recinto	X		X	
	Temperatura ambiente		X		X
	Presión de entrada del refrigerante	X		X	
	Presión de salida del refrigerante		X		X
	Humedad relativa		X		X
Proceso de condensación	Temperatura de entrada del refrigerante	X		X	
	Temperatura de salida del refrigerante		X		X
	Temperatura ambiente		X		X
	Presión de entrada del refrigerante	X		X	
	Temperatura de entrada del agua		X	X	
	Temperatura de salida del agua		X		X
	Humedad relativa		X		X

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.2.3. Identificación de los usos significativos de la energía

Los usos significativos de la energía (USEs) pueden ser todos aquellos que representen un consumo importante de energía, presenten un mayor potencial de mejora, representen un mayor costo para la organización, etc. La norma ISO 50001: 2011 permite que la organización sea quien defina y establezca los criterios para identificar sus USEs. En el caso de la planta Celfrío SAS los USEs se definieron

teniendo en cuenta los criterios definidos en el **procedimiento de revisión energética**.

A continuación, se evidencian los USEs identificados en la organización.

Tabla 11: USEs, proceso de congelación

Uso significativo de la energía	
Proceso	Congelación del producto
Tipo de energía	Energía eléctrica
Equipos	Compresor de baja, evaporadores de los túneles, iluminación, bomba horizontal.
Indicador de desempeño energético	Energía consumida sobre Toneladas de producto congeladas por el tiempo de congelación
Variables que afectan el proceso	
Variables no-controlables	Variables controlables
Temperatura del producto en el ingreso	Temperatura del recinto deseada
Temperatura del ambiente	Presión del refrigerante en la entrada del evaporador
Humedad relativa del ambiente	Humedad relativa deseada
Temperatura de congelación del producto	
Tiempo de congelación	

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Tabla 12: USE, proceso de conservación

Uso significativo de la energía	
Proceso	Conservación del producto
Tipo de energía	Energía eléctrica
Equipos	Compresor de alta, evaporadores de conserva, iluminación, bomba vertical.
Indicador de desempeño energético	Energía consumida sobre Toneladas de producto almacenadas por el tiempo de conservación.
Variables que afectan el proceso	
Variables no-controlables	Variables controlables
Temperatura del ambiente	Presión del refrigerante en la entrada del evaporador
Humedad relativa del ambiente	Humedad relativa deseada
Temperatura de conservación del producto	Temperatura del recinto deseada
Tiempo de conservación	

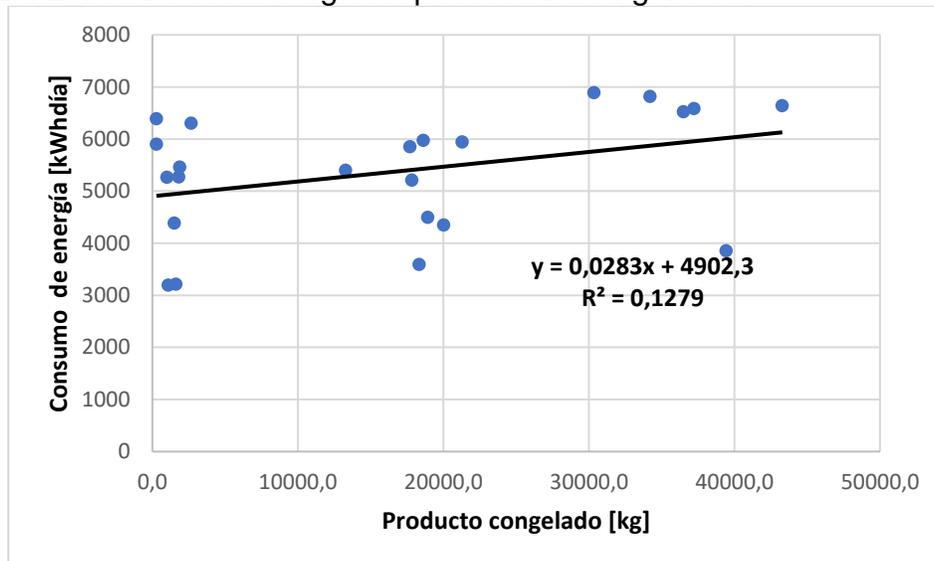
Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.3. Línea de base energética

Para determinar una tendencia en el comportamiento del consumo de energía en la organización, se realiza la construcción de líneas de base energéticas que relacionen el consumo de energía eléctrica vs la producción realizada en el mismo periodo de tiempo. El periodo de tiempo seleccionado corresponde al mes de marzo de 2019, pues solo en este periodo de tiempo se conoce con exactitud el consumo de energía eléctrica de la planta.

A continuación, se establecen líneas de base energéticas para los dos procesos identificados como usos significativos de la energía.

Figura 23: Línea de base energética proceso de congelación

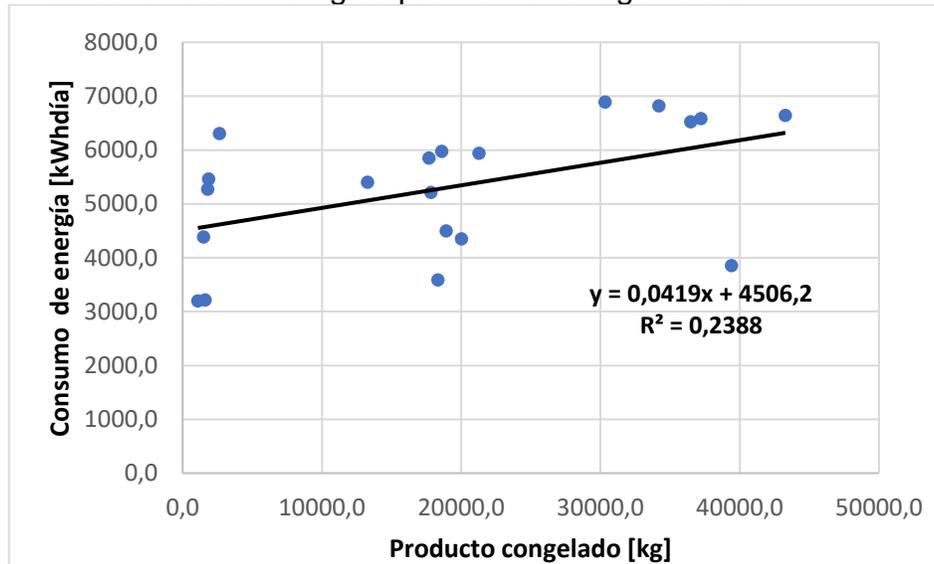


Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Se observa un grado de asociación lineal débil entre la producción y el consumo energético, por lo que se procede a realizar un filtrado de datos en el que se omiten los días de baja producción, dado que el consumo en estos días depende en mayor medida de otros procesos. Los datos suprimidos corresponden al día 9 de marzo, donde la producción fue de 995 [kg] y el día 15 de marzo, donde alcanzó un valor de 282 [kg].

La Figura 24 representa la línea de base energética del proceso de congelación con los datos filtrados. Se puede observar que el coeficiente de correlación de las variables en cuestión aumentó a 0,2388 siendo esta una correlación moderada.

Figura 24: Línea de base corregida proceso de congelación.



Fuente: Celfrío SAS, elaboración propia.

La ecuación de consumo obtenida para el proceso de congelación con el filtrado de datos es:

$$y = 0,0419x + 4506,2$$

Donde:

y es la cantidad de energía [kWh/día] (E) consumida para una cantidad específica de producto.

m = 0,0419 es la pendiente y representa la razón de consumo de energía por producción.

x es la cantidad de producto congelado en [kg].

E₀ = 4506,2 es el consumo no asociado a la producción.

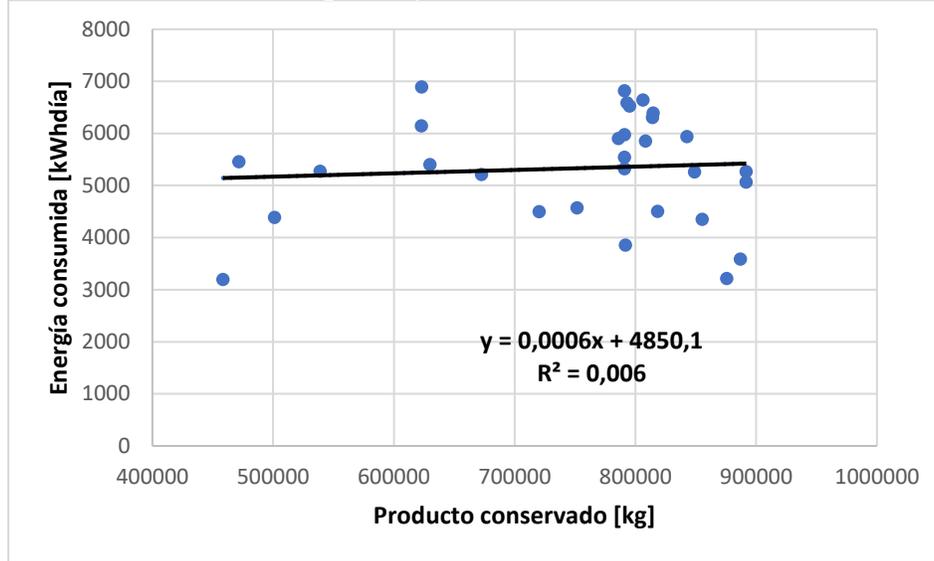
Por otra parte, para la construcción de la línea de base energética del proceso de conservación se emplean los datos de posiciones ocupadas en los cuartos de conservación en un día, tomando en consideración que:

$$1 \text{ posición ocupada} = 1 \text{ estiba}$$

$$1 \text{ estiba} \cong 700 \text{ [kg]}$$

A continuación, en la Figura 25 se presenta el gráfico de línea de base energética para el proceso de conservación llevado a cabo en la planta Celfrío SAS.

Figura 25: Línea de base energética proceso de conservación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

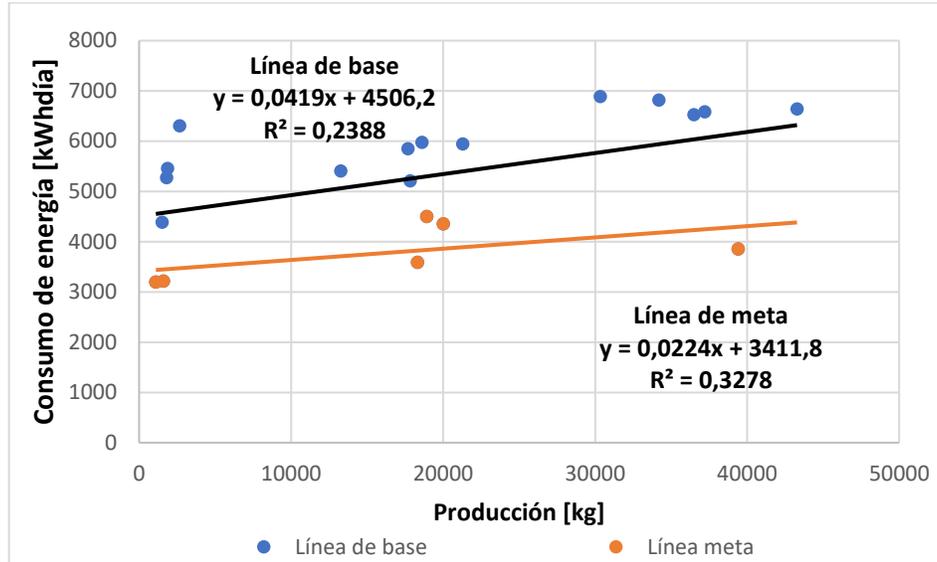
Se observa que no existe un grado de correlación entre estas dos variables dado que el coeficiente de correlación entre ellas es menor al 1%. Es decir, el consumo de energía eléctrica es independiente de la cantidad de producto que se requiere conservar. Pues al analizar el proceso de conservación se advierte que este consiste en mantener los cuartos de conservación a una temperatura determinada independiente del producto que se conserve. Y que la variación de esta temperatura depende en gran medida de las prácticas operacionales que se llevan a cabo en la organización, la temperatura del ambiente, la humedad, la carga térmica debida a la radiación en las paredes, entre otros factores.

5.3.3.1. Líneas de meta energética

La línea de meta energética se construye con relación a la línea de base y los puntos de consumo que se encuentran por debajo de la línea de tendencia, pues estos puntos representan una producción más eficiente.

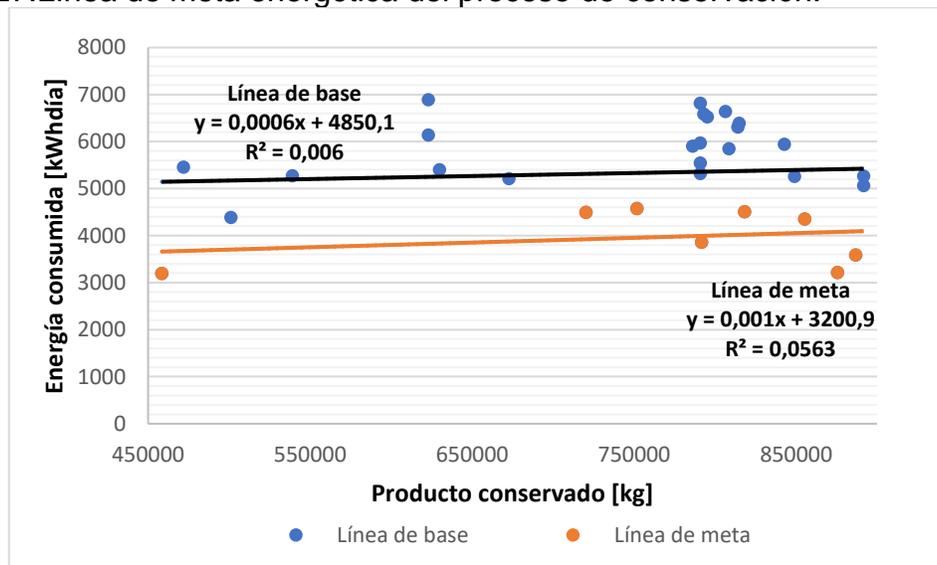
La Figura 26 y Figura 27, muestran las líneas de base energéticas de la organización y las líneas de metas energéticas (respecto a las líneas de base) para el proceso de congelación y conservación respectivamente.

Figura 26: Línea de meta energética con relación a la línea de base proceso de congelación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Figura 27: Línea de meta energética del proceso de conservación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.4. Indicadores de desempeño energético

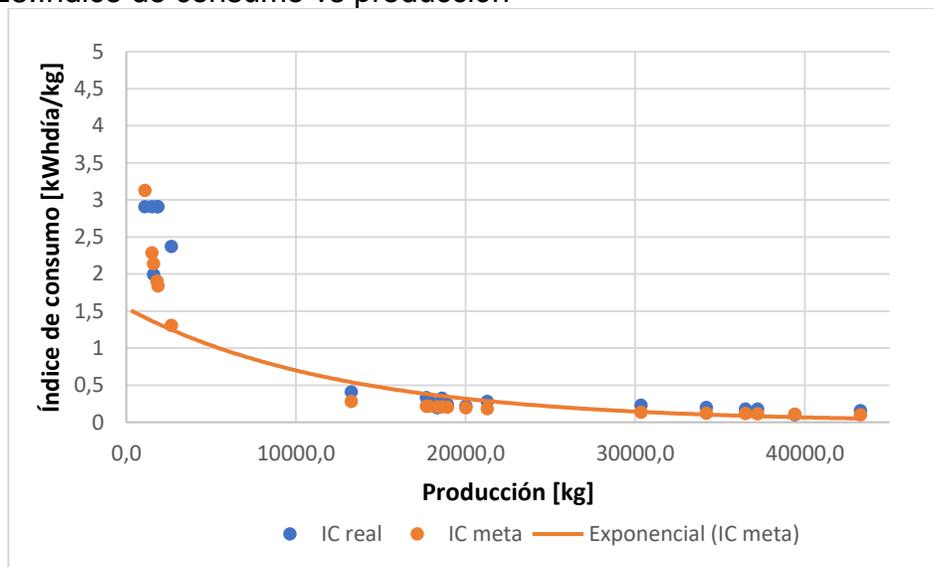
Los indicadores de desempeño energético (IDE) son aquellos que se establecen con el fin de realizar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo [9]. Los indicadores de desempeño

energético de la planta se definen teniendo en cuenta **el procedimiento de indicadores de desempeño energético**.

5.3.4.1. Índice de consumo

Con la ecuación de consumo obtenida de la línea de base, se procede a calcular el índice de consumo teórico, que representa la energía consumida por unidad de producto. En el caso particular de Celfrío SAS esta variable representa la cantidad de energía consumida por los kilogramos de producto congelados. Del mismo modo, se calcula el índice de consumo real y se crea un gráfico de dispersión para representar los datos obtenidos.

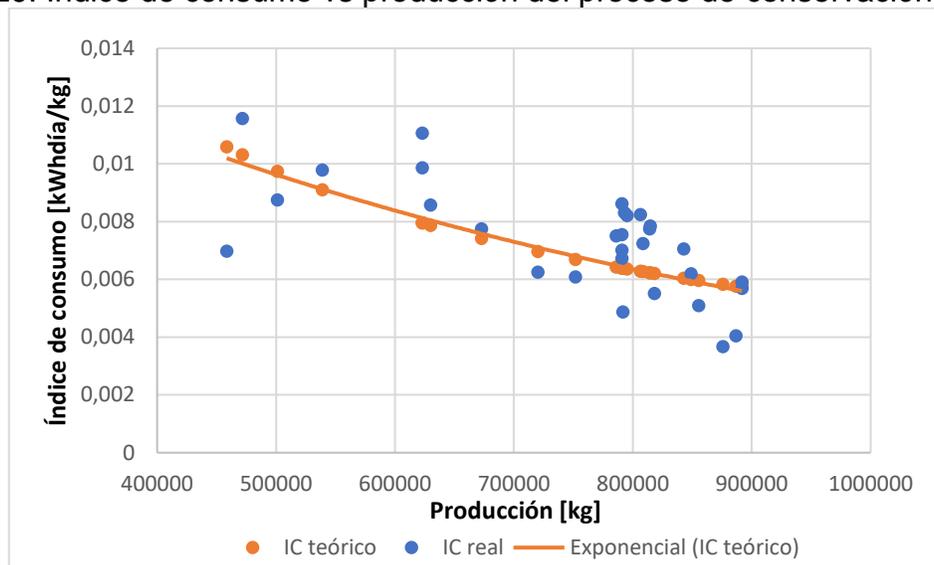
Figura 28: Índice de consumo vs producción



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

En el gráfico de dispersión de la Figura 28, los puntos que representan una tendencia asintótica horizontal corresponden a puntos de operación eficiente, debido a que, mientras mayor es la producción en la planta, menor es la cantidad de energía consumida por kilogramos de producto congelado. Además, se puede apreciar que IC real tiende a tener un comportamiento similar al IC meta.

Figura 29: Índice de consumo vs producción del proceso de conservación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.4.2. Indicador base 100

Teniendo en cuenta los datos recopilados en la revisión energética y dado que la variable “consumo de energía” presenta una correlación moderada respecto a la variable “producto congelado” en el proceso de congelación. Se propone el uso del indicador base 100 para este proceso.

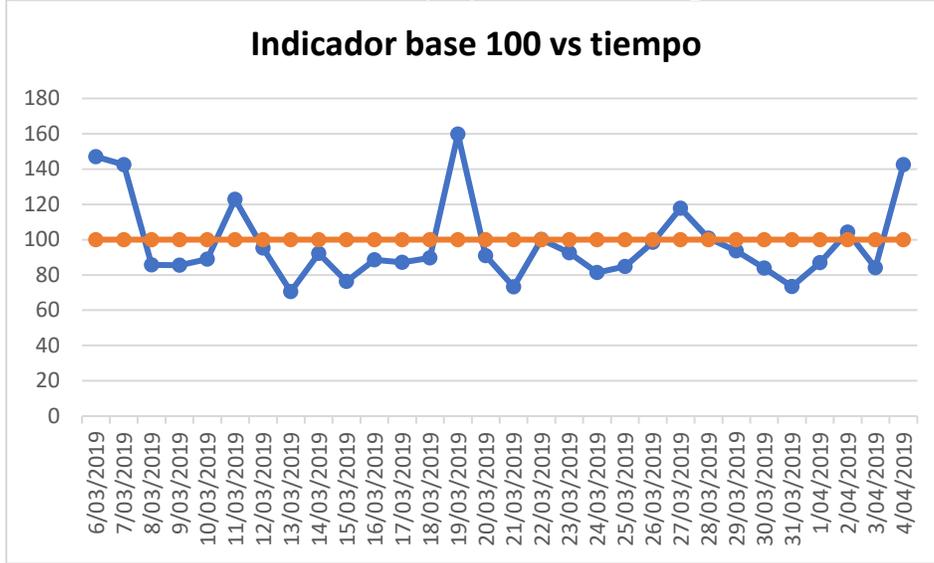
Este indicador consiste en comparar la energía eléctrica que se consume para una cantidad específica de producto congelado sobre la energía eléctrica que debería consumirse según la ecuación de la línea base para la misma cantidad de producto congelado.

Así pues, se considera que:

- Si el indicador base 100 es mayor al 100% significa que hay un buen desempeño energético.
- Si el indicador base 100 es igual al 100% significa que el desempeño energético se mantiene con relación al desempeño energético teórico.
- Si el indicador base 100 es menor al 100% significa que hay un menor desempeño energético del que se debería tener teóricamente

A continuación, la Figura 30 muestra el comportamiento del indicador base 100 para el proceso de congelación en el mes de marzo. Se puede observar que la mayor parte del mes el indicador muestra un comportamiento del desempeño energético deficiente con relación al desempeño energético teórico obtenido mediante la ecuación de la línea de base energética.

Figura 30: Indicador base 100 vs tiempo proceso de congelación



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.4.3. Indicador CUSUM

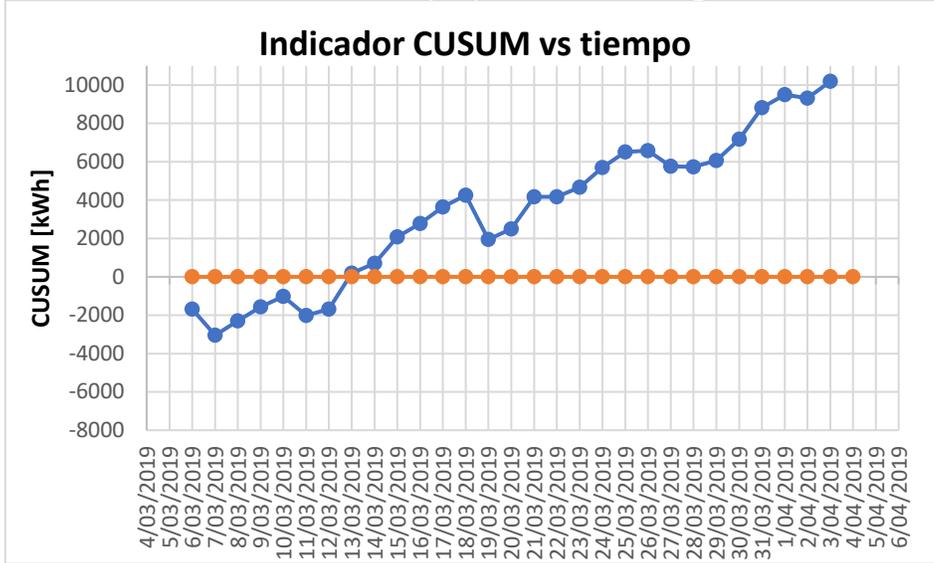
El indicador CUSUM permite detectar de forma gráfica cambios de consumo de energía que están alejados de la media del consumo de energía del proceso. Debido a que este indicador representa las sumas acumulativas de la diferencia entre el consumo de energía real y el consumo de energía base.

Se deben tomar en consideración las siguientes premisas para analizar los resultados que se obtengan.

- Si el valor es negativo (-), el desempeño energético es bueno.
- Si el valor es cero (0), no existe una variación en el desempeño energético.
- Si el valor es positivo (+), el desempeño energético es deficiente.

La Figura 31 muestra el desempeño del indicador de sumas acumulativas CUSUM para el proceso de congelación. Considerando las premisas definidas anteriormente, se puede observar que el desempeño del indicador CUSUM refleja un desempeño energético de la organización deficiente, en el que el consumo de energía es mayor al consumo de energía teórico en la mayor parte de los días del mes de marzo, lo cual se ve reflejado en la tendencia creciente del gráfico.

Figura 31: Indicador CUSUM vs tiempo proceso de congelación.

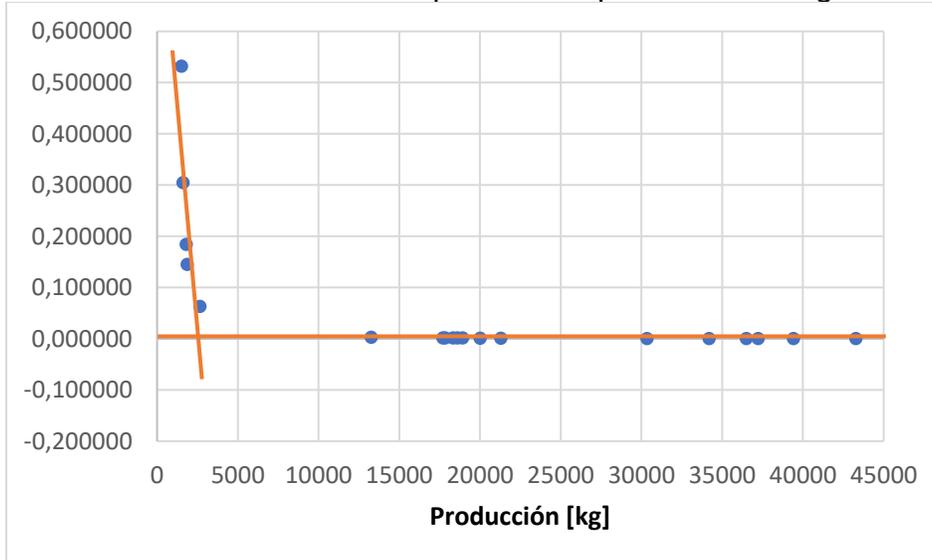


Nombre de la fuente: Celfrío SAS, elaboración propia.

5.3.1. Producción crítica

Con el fin de identificar la producción en la cual el índice de consumo se incrementa y resulta más ineficiente congelar un kg de producto. Se procede a calcular la sumatoria de la razón de cambio del índice de consumo. Este análisis establece la producción crítica para el proceso de congelación en 2660 [kg] de producto congelado.

Figura 32: Razón de cambio del IC vs producción proceso de congelación.



Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

5.3.2. Identificación de las oportunidades de mejora

Considerando los resultados obtenidos en las diferentes etapas de la revisión energética, el análisis de los procesos y las recomendaciones del personal de control operacional y mantenimiento se procede a identificar las oportunidades de mejora de los USEs.

Se debe aclarar que las estimaciones de los ahorros se realizan comparando el comportamiento de consumo actual vs el comportamiento de consumo teórico del escenario propuesto. De modo que, los ahorros frigoríficos se calculan comparando la carga térmica que tiene el sistema actualmente (carga térmica base) vs la carga térmica que tendría en los escenarios que se proponen como una oportunidad de mejora. Para calcular los ahorros en términos económicos se utiliza un precio de la energía eléctrica de \$320 por kWh.

A continuación, la Tabla 13 define los tipos de medidas de ahorro energético empleadas para identificar las oportunidades de mejora de la planta Celfrío SAS.

Tabla 13: Medidas de ahorro energético.

Tipo de medida	Definición
Control operacional	Medidas destinadas a garantizar la detección, control y prevención de las malas prácticas operacionales que se puedan presentar en la organización.
Prácticas operacionales	Medidas relacionadas al uso de metodologías o herramientas que ayuden al operario a mejorar su desempeño en el proceso productivo.
Ajustes de parámetros operacionales	Medidas destinadas a modificar los parámetros de control operacional con el fin de optimizar el desempeño de las variables operacionales.
Cambios tecnológicos	Medidas orientadas a la adquisición de un nuevo equipo o reemplazo de uno existente con el fin de mejorar el desempeño energético de la organización

Nombre de la fuente: Guía de implementación de un SGE basado en la norma ISO 50001:2011. UPME.

- La primera oportunidad de mejora que se identifica corresponde a una medida de control operacional dirigida a garantizar un control eficaz del desempeño energético de la organización, mediante la medición del consumo puntual de energía eléctrica de la planta Celfrío SAS S.A.S., puesto que este se presume aproximadamente del 80% – 90% del consumo de la energía del “parque industrial” según un prorrateo realizado en el mes de marzo.

Es importante saber el consumo exacto de energía que presenta la planta, ya que en caso de desconocerse no se puede saber con exactitud si una reducción en el consumo de energía corresponde a una mejora en el desempeño energético o a cambios en los procesos que se llevan a cabo en las otras plantas que conforman el “parque industrial”.

- La segunda oportunidad de mejora que se contempla consiste en una medida de cambio tecnológico en el proceso de iluminación de los túneles de congelación y los cuartos de conservación. Puesto que las lámparas permanecen encendidas continuamente aun cuando no se requieren.

Para la sección de los túneles de congelación se sugiere la instalación de dos contactores magnéticos metálicos en la parte externa de cada acceso. De manera que, cuando se realice una apertura el campo magnético del encapsulado con imán (instalado en la parte móvil) cesará de accionar sobre el encapsulado con reed switch (instalado en el marco de la puerta) abriendo sus contactos y ejecutando la orden de encender la iluminación.

La estimación del ahorro de esta oportunidad de mejora se realiza considerando únicamente el ahorro debido al consumo de energía eléctrica por el proceso de iluminación sin tener en cuenta la reducción de la carga térmica por este servicio. Para estimar el ahorro debido al consumo se tiene en cuenta un tiempo promedio de inactividad en los túneles y los días en los que no hay producción en la planta.

A continuación, la Tabla 14 muestra un resumen de la estimación del ahorro de energía en el área de túneles de congelación.

Tabla 14: Resumen de la estimación del ahorro de energía en los túneles de congelación.

Ahorro energético de iluminación en los túneles de congelación			
Túneles de congelación	Túnel 1	Túnel 2	Unidades
Tiempo de descanso al mes	96	96	[h*mes]
Tiempo de inactividad al mes	468	468	[h*mes]
Potencia iluminación	0,122	0,234	[kW]
Energía Ahorrada por inactividad	57	109	[kWh/mes]

Energía Ahorrada por descansos	12	22	[kWh/mes]
Energía total ahorrada	69	132	[kWh/mes]
Ahorro en pesos colombianos debido a la reducción de consumo			
Pesos colombianos ahorrados/mes	\$22.004	\$42.175	COP/mes
Pesos colombianos ahorrados/año	\$264.049	\$506.095	COP/año
Total pesos colombianos ahorrados/año	\$770.144		COP/año

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Posteriormente, se calcula el ahorro de consumo de energía en el área de conservación, donde se propone instalar sensores de movimiento en los pasillos de cada uno de los cuartos de conservación con el fin de controlar el encendido de las lámparas. Para la estimación del ahorro debido al consumo se tiene en cuenta que: existe un cambio de turno de 7:00 p.m. a 10:00 p.m. en el que no hay actividad en los cuartos de conservación, los días domingo no hay ingreso ni salida de productos, y que el tiempo promedio de ingreso y salida de productos en un día es de 5 horas.

Tabla 15: Resumen de la estimación del ahorro de energía en el área de conservación.

Ahorro energético de iluminación en los cuartos de conservación		
Datos	Conservación	Unidades
Tiempo de receso y cambio de turno al mes	130	[h*mes]
Tiempo de Inactividad al mes	96	[h*mes]
Tiempo de descanso al mes	96	[h*mes]
Potencia iluminación	0,1397	[kW]
Energía ahorrada por recesos y cambios de turno	18,2	[kWh/mes]
Energía ahorrada por inactividad	13,4	[kWh/mes]
Energía ahorrada por descanso	13,4	[kWh/mes]
Energía total ahorrada	45,0	[kWh/mes]
Ahorro en pesos colombianos debido a la reducción de consumo		
Pesos colombianos ahorrados al mes	14.395	COP/mes
Pesos colombianos ahorrados al año	172.736	COP/año
Total pesos colombianos ahorrados/año en los tres cuartos	518.209	COP/año

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

- La tercera oportunidad de mejora consiste en una medida orientada a mejorar las prácticas operacionales en el proceso de ingreso y retiro de mercancía a los cuartos de conservación. Puesto que la forma en que se realiza conlleva a tener grandes pérdidas frigoríficas debidas a las renovaciones de aire que se presentan durante el ingreso y retiro de mercancía.

Así pues, se propone implementar un plan de capacitación dirigido a los operarios encargados de realizar el proceso de ingreso y retiro de mercancías a los cuartos de conservación con el fin de reducir las pérdidas frigoríficas por renovación de aire.

Para estimar el ahorro debido a las buenas prácticas operacionales se procede a identificar la situación inicial de la planta. Teniendo en cuenta las condiciones actuales de operación se estima el calor de evaporación para cada proceso. Posteriormente, se calcula el coeficiente de operación con el fin de determinar la eficiencia del proceso.

Estimación del COP del proceso de congelación

Para la estimación del coeficiente de operación en el proceso de refrigeración se propone calcular el calor de evaporación de este proceso como función del calor extraído al pollo desde su temperatura de recepción 4°C hasta su temperatura de congelación -18°C. Para este cálculo se consideran las propiedades termodinámicas del pollo, tales como: calor específico del pollo antes de la congelación, calor específico del pollo después de la congelación, calor latente de solidificación y punto de congelación.

A continuación, la Tabla 16 resume los resultados obtenidos en la estimación del calor de evaporación y el coeficiente de operación del proceso de congelación. La metodología utilizada se encuentra en el Anexo AAnexo E.

Tabla 16: Resumen de la estimación del COP del sistema de congelación.

Variables	Valor	Unidades
Masa	37225,62	[kg]
Calor específico antes de la congelación (Aves frescas)	0,79	[kcal/kg °C]
Calor específico después de la congelación (Aves frescas)	0,42	[kcal/kg °C]
Calor latente de solidificación	-59	[kcal/kg]
Temperatura inicial	4	[°C]

Temperatura final	-2,8	[°C]
Temperatura deseada	-18	[°C]
Calor sensible 1	-199976	[kcal]
Calor latente	-2196312	[kcal]
Calor sensible 2	-237648	[kcal]
Calor de evaporación	-2633936	[kcal]
Energía consumida	1138026,8	[kcal]
COP	2,314	[-]

Fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Estimación del COP para el proceso de conservación.

Para la estimación del coeficiente de operación en el proceso de conservación se propone calcular el calor de evaporación de este proceso como función de la carga térmica total del sistema por el consumo de energía eléctrica del proceso.

En los cálculos de la estimación de la carga térmica base de los cuartos de conservación principalmente se considera que: el tipo de producto a conservar es pollo, la cantidad de producto es un 100% de la capacidad máxima de almacenamiento y que las pérdidas frigoríficas debidas a las infiltraciones son máximas.

La Tabla 17 resume la estimación de la carga térmica base del cuarto de conserva 1 y 2. La metodología utilizada para calcular la ganancia de calor debida a los diferentes focos de calor se describe en el Anexo E.

Tabla 17: Resumen de la estimación de la carga térmica base cuarto de conserva 1 y 2.

Cálculo de la carga térmica total en la cámara de conserva 1 y 2		
Variable	Valor	Unidades
Volumen de la cámara	7189,11	[m ³]
Temperatura interior deseada	-20	[°C]
Temperatura del producto	-18	[°C]
Humedad relativa deseada	85	[%]
Carga térmica en kcal/día		
Calor disipado a través de las paredes	170227	[kcal/día]
Ganancia de calor por los operarios	3400	[kcal/día]
Ganancia de calor debida a la iluminación	11269	[kcal/día]
Ganancia de calor por servicios	339179	[kcal/día]
Ganancia de calor por producto	3206896	[kcal/día]

Ganancia de calor por infiltraciones	537631	[kcal/día]
Ganancia de calor por infiltraciones	537631	[kcal/día]
Ganancia de calor total conserva 1 y 2	4806232,30	[kcal/día]

Nombre de la fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Tabla 18: Resumen de la estimación de la carga térmica base cuarto de conserva 3.

Cálculo de la carga térmica total en la cámara de conserva 3		
Variable	Valor	Unidades
Volumen de la cámara	3594,56	[m ³]
Temperatura interior deseada	-20	[°C]
Temperatura del producto	-18	[°C]
Humedad relativa deseada	85	[%]
Carga térmica en kcal/día		
Calor disipado a través de las paredes	93106	[kcal/día]
Ganancia de calor por los operarios	1600	[kcal/día]
Ganancia de calor debida a la iluminación	2885	[kcal/día]
Ganancia de calor por servicios	14708	[kcal/día]
Ganancia de calor por producto	460	[kcal/día]
Ganancia de calor por infiltraciones	268815	[kcal/día]
Ganancia de calor total	381574,15	[kcal/día]

Nombre de la fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Tabla 19: Estimación del coeficiente de operación de los cuartos de conservación.

Estimación del ahorro energético		
Calor de evaporación inicial conserva 1 y 2	4806232,30	[kcal/día]
Calor de evaporación inicial conserva 3	381574,15	[kcal/día]
Energía eléctrica consumida	4890510,52	[kcal/día]
COP	1,06	[-]

Nombre de la fuente: Celfrío SAS, Elaboración propia.

Ahora bien, para estimar los ahorros que se obtienen se asume que el coeficiente de operación - COP se mantiene constante y que la carga térmica parcial debida a las infiltraciones será mínima, lo que reduce el calor de evaporación del sistema y permitirá estimar un nuevo consumo de energía eléctrica.

La Tabla 20 resume los resultados obtenidos en la estimación de la carga térmica y el ahorro energético obtenido debido a la reducción de la carga térmica parcial correspondiente a la renovación de aire.

Tabla 20: Resumen de la estimación del ahorro energético por la reducción de las pérdidas frigoríficas por renovación de aire.

Estimación del ahorro energético		
Calor de evaporación inicial conserva 1 y 2	4806232,30	[kcal/día]
Calor de evaporación inicial conserva 3	381574,15	[kcal/día]
Energía eléctrica consumida	4890510,52	[kcal/día]
COP	1,06	[-]
Calor de evaporación nuevo conserva 1 y 2	4098374,55	[kcal/día]
Calor de evaporación nuevo conserva 3	381574,15	[kcal/día]
Ahorro de energía	185,36	[kWh/día]

Nombre de la fuente: Elaboración propia

El ahorro de energía mostrado en la Tabla 20 equivale a un 3,26% del consumo de energía diario de la organización. Ahora bien, la inversión en capacitaciones se estima en \$6.000.000.

5.3.3. Objetivos energéticos y metas energéticas

Los objetivos y metas energéticas se establecen teniendo en cuenta los USEs identificados en la etapa de revisión energética, las oportunidades de mejora, las variables presentes en los procesos y las recomendaciones del personal encargado del mantenimiento y control operacional en la planta.

A continuación, se citan los objetivos energéticos establecidos en la planta.

- Identificar el consumo de energía eléctrica de la planta con el fin de monitorear y mejorar continuamente el desempeño de la organización, mediante la evaluación de una propuesta de implementación de un sistema de medición en el tablero de distribución de la planta Celfrío SAS.
- Reducir en un 3,26% el consumo de energía eléctrica en los procesos de conservación y recepción de mercancía, por medio de la identificación de las pérdidas frigoríficas que se presentan en los procesos de congelación y conservación de productos mediante la implementación de instrumentos de medición térmica que permitan detectar puntos calientes en las instalaciones de la planta; la promoción de buenas prácticas operacionales en el personal que

trabaja para o en nombre de Celfrío SAS por medio de capacitaciones sobre el uso racional y eficiente de la energía en la organización.

- Estandarizar los procesos que se ejecutan en la planta Celfrío SAS con el fin de garantizar un mejor control en el desempeño energético de la organización. Por medio de la implementación de procedimientos, formatos y registros.

5.3.4. Documentación del Sistema de Gestión Energético

Para la elaboración de la documentación del sistema energético se considera que el representante de la alta dirección sugiere elaborar una documentación alterna para el sistema, excluida del sistema integral de gestión para no tener conflictos con los requisitos de implementación exigidos por otras normas.

La información documentada para la efectividad del SGEN de Celfrío SAS S.A.S. se encuentra compuesta por el Manual del Sistema de Gestión Energético, procedimientos, formatos y registros. Estos documentos se encuentran elaborados según la metodología establecida **en el procedimiento de gestión documental del SGEN**, el cual describe la gestión documental de la organización, la estructura de los documentos y el formato.

Nota: Los procedimientos de la organización no se anexan al presente documento debido al acuerdo de confidencialidad firmado entre los autores y la organización. Sin embargo, en el Anexo G se enuncia la documentación realizada en el proyecto.

5.3.5. Competencia, formación y toma de conciencia

En esta etapa se desarrolla un plan capacitación orientado a promover las buenas prácticas operacionales y concientizar al personal de la organización sobre el impacto que producen sus actividades al desempeño energético de la organización. Por lo que se elabora un diagnóstico de las necesidades de capacitación con el fin de identificar los conocimientos, habilidades y aptitudes que se requieren fortalecer en los colaboradores de la planta Celfrío SAS, a fin de contribuir con el logro de los objetivos energéticos o la mejora del desempeño energético.

La Tabla 21 define los tipos, modalidades y niveles de capacitación que comprende el plan de capacitación. Posteriormente, la Tabla 22 registra las necesidades de capacitación identificadas en la planta.

Tabla 21: Tipos, modalidades y niveles de capacitación.

Tipos de capacitación	Definición	Modalidad de capacitación	Nivel de capacitación
Capacitación inductiva	Está orientada a proporcionar la información básica de las actividades o procedimientos que se van a realizar para asegurar un buen desempeño por parte de los colaboradores. Por lo general, este	Formación.	Básico.

	tipo de capacitación está dirigida al personal que acaba de ingresar a la organización o acaba de ascender a un nuevo cargo en la organización.		
Capacitación preventiva	Es aquella orientada a prever los cambios que se producen en el personal, toda vez que su desempeño puede variar con los años, sus destrezas pueden deteriorarse y la tecnología hacer obsoletos sus conocimientos [11].	Formación; actualización; especialización.	Intermedio; Avanzado.
Capacitación correctiva	Como su nombre lo indica, está orientada a solucionar “problemas de desempeño”. En tal sentido, su fuente original de información es la Evaluación de Desempeño realizada normalmente en la empresa.	Formación; actualización; especialización.	Intermedio; Avanzado.

Nombre de la fuente: Escuela de organización industrial.

Tabla 22: Registro de las necesidades de capacitación identificadas en Celfrío SAS.

Perfil	Rol	Tipo de capacitación	Modalidad de capacitación	Nivel de capacitación	Acciones a desarrollar
Representante de la alta gerencia (agente externo)	Se desempeña como puente entre la alta dirección y el personal de la planta, asegurándose de que el SGE se establece, implementa y se mejora continuamente de acuerdo con los requisitos de la ISO 50001. Se encarga de realizar la planificación de las actividades de gestión de la energía y verifica que estas se desarrollan para apoyar la política de la organización	Inductiva	Formación	Intermedia	Desarrollar conocimientos respecto a la norma ISO 50001 haciendo énfasis en los beneficios del sistema de gestión energética y la mejora del desempeño energético de la planta Celfrío SAS.
Jefe de mantenimiento	Coordina las actividades de control operacional y mantenimiento en la planta. Se encarga de llevar a cabo un mantenimiento programado, control de la demanda de energía	Inductiva y preventiva	Formación y actualización	Intermedia	Desarrollar conocimientos respecto a la norma ISO 50001. Fortalecer las competencias relacionadas al control operacional de los procesos que

	y requisición de equipos y servicios.				se llevan a cabo en la planta.
Jefe de producción	Realiza el control de la producción de la planta, gestionando la recepción y despacho de productos; da cumplimiento a los indicadores de gestión.	Inductiva y correctiva	Formación	Intermedio	Desarrollar conocimientos respecto a la norma ISO 50001. Desarrollar conocimientos sobre buenas prácticas operacionales en los procesos de producción para dar mejor uso a los energéticos.
Operarios de producción y mantenimiento	Encargados de realizar el proceso productivo y de mantenimiento de la planta. Llevan a cabo los procesos de recepción y despacho de mercancía, logística, control operacional y mantenimiento.	Inductiva y correctiva	Formación	Intermedio	Desarrollar conocimientos sobre el SGE de la planta, principalmente de la política energética, indicadores de desempeño, objetivos, metas y planes de acción; sus actividades deben estar enfocadas hacia el control operacional y la ejecución de buenas prácticas operacionales.

Nombre de la fuente: Elaboración propia.

5.3.6. Comunicación

Con el objeto de garantizar que el personal que trabaja para o en nombre de Celfrío SAS identifique y comprenda su SGE se desarrolla el **formato de comunicación interna y externa del SGE de la organización** en la que se describe la metodología y los canales de comunicación empleados para informar internamente y externamente la información referente al SGE de la planta.

En el **formato de comunicación interna y externa** se evidencia la decisión de la organización de comunicar externamente su política energética como una garantía de su compromiso con el SGE. Así mismo, se establece que el manejo de la documentación del SGE se realiza de forma física y solo será digitalizada para conformar una memoria de la documentación existente.

5.3.7. Control operacional

Gran parte del potencial de ahorro de energía de una organización está asociado a los aspectos operacionales de los equipos que componen los USEs [8]. El control operacional de la planta Celfrío SAS se realiza por medio del formato , que describe las variables identificadas en los procesos, cuáles se monitorean y se controlan, los rangos de operación, las posibles causas de comportamientos irregulares en la variables controladas y los responsables de controlar los parámetros de operación de las variables indicadas.

Por otra parte, en el **formato cronograma mantenimiento preventivo** Celfrío SAS se describe el cronograma de mantenimiento preventivo de la planta Celfrío SAS.

5.3.8. Diseño

Celfrío SAS es una empresa independiente jurídicamente. Sin embargo, pertenece al grupo empresarial Manzanares SAS por lo que el poder de decisión de la empresa está supeditado a la voluntad de Manzanares SAS, conocida jurídicamente como matriz o controlante. Así pues, las decisiones de diseño orientadas a la ampliación o modificación de las instalaciones, el proceso productivo, el área de servicios, o la incorporación de un nuevo proceso o área están sujetas a los criterios de diseño que implemente el grupo empresarial Manzanares SAS.

Sin embargo, con el fin de dar cumplimiento a la norma ISO 50001:2011 se desarrolla **formato de diseño y adquisición de equipos** en la que se establecen los aspectos de diseño que se deben tener en cuenta para: una ampliación o modificación en el proceso productivo, del área de servicios, o la incorporación de un nuevo proceso o área.

6. CONCLUSIONES

- En la identificación del escenario inicial de la planta Celfrío SAS con relación a los requisitos que exige la norma ISO 50001:2011, se observa que la organización tiene debilidades en el cumplimiento de estos presentando un porcentaje de cumplimiento, y en algunos casos como el de la revisión energética, que abarca la identificación de los usos significativo de la energía, el monitoreo y control de las variables que afectan los USEs y la evaluación de su desempeño energético, el grado de cumplimiento es inexistente.
- Con el desarrollo de la propuesta de planificación de un SGE_n se estima un cumplimiento del 100% de los requisitos generales del SGE_n que establece la norma. Respecto a la etapa de planificación energética se logró establecer: los usos significativos de la energía, las variables operacionales que influyen en los USEs, las líneas de base energética, los indicadores de desempeño y las oportunidades de mejora, todo esto en un contexto documental, por lo que se estima un cumplimiento del 60% en estos requisitos.
- La línea de base obtenida en el proceso de congelación realizado en la organización, causante del 23% del consumo de energía eléctrica de la planta, presentó una correlación débil entre la variable producción y consumo de energía (0,1279), siendo necesario realizar un análisis de los datos históricos para realizar un filtrado de datos, con el que se obtuvo una correlación moderada (0,2388) la cual no es suficientemente fuerte para predecir el consumo futuro de la energía. Por ende, se concluye que la correlación entre la variable producción y consumo de energía para el proceso de congelación no es significativa debido a que existen en la planta otros procesos responsables de la mayor parte del consumo de energía en la planta.
- La línea de base obtenida en el proceso de conservación realizado en la organización, causante del 76% del consumo de energía eléctrica de la planta, presentó una correlación inexistente entre la variable de producto conservado y consumo de energía eléctrica (0,006). Por lo que se realizó un análisis del proceso, en el que se identifica que el consumo de energía eléctrica de este depende en gran medida de las cargas térmicas que se presentan en el sistema, las cuales varían constantemente debido a: las malas prácticas operacionales, las condiciones del ambiente, los servicios necesarios para llevar a cabo las actividades del proceso, la naturaleza del producto a conservar, entre otros factores.
- Con la información recopilada en la caracterización energética de la organización no fue posible establecer un indicador de desempeño energético para el proceso de conservación, dado que la variable cantidad de producto conservado no representa el desempeño energético de este proceso, pues como

se explicó anteriormente, el consumo de energía en el proceso de conservación se da en función de la carga térmica que se presenta, la cual no puede ser medida y solo puede ser estimada de forma aproximada. Por consiguiente, se sugirió gestionar el desempeño energético de este proceso por medio del control de parámetros operacionales en el proceso de ingreso y salida de producto a las cámaras de conservación.

- La línea de meta obtenida en el proceso de congelación realizado en la organización presenta una correlación superior a la línea de base energética entre la variable producto congelado y consumo de energía siendo de (0.3278). Además, el potencial de ahorro energético obtenido respecto a la línea de base energética es de 27,6%.
- En la identificación de las oportunidades de mejora se hace énfasis en las necesidades de medición del consumo de energía puntual de la organización debido a que este se presume del 80% - 90% del consumo total del parque según un prorrateo realizado en el mes de marzo del año 2019.
- El ahorro energético obtenido por cambios en el proceso de iluminación se considera despreciable considerando el consumo de energía de otros procesos de la organización.
- En el análisis de los procesos operacionales desarrollados en la planta Celfrío SAS se identificó una oportunidad de mejora sustancial debida a la reducción de la carga térmica en el proceso de conservación lo que permite aproximadamente un ahorro de energía eléctrica del 3,26% del consumo de energía total.

7. RECOMENDACIONES

- Es importante realizar el proceso de análisis de brechas como una herramienta eficaz para la recopilación y diagnóstico de la información documental de la empresa, el funcionamiento de sus procesos, los flujos energéticos y el estado inicial de la gestión de la energía.
- Es imprescindible conocer el consumo exacto de energía que presenta la planta, ya que en caso de desconocerse no se puede saber con exactitud si una reducción en el consumo de energía corresponde a una mejora en el desempeño energético o a cambios en los procesos que se llevan a cabo en las otras plantas que conforman el “parque industrial”.
- Para futuras ampliaciones o incorporación de procesos, se debe considerar implementar en los procesos y equipos de la planta un sistema de control con un alto grado de instrumentación que permita conocer los parámetros de operación del sistema de refrigeración, con el fin de identificar fallas en el proceso y conocer el desempeño del sistema.
- Se sugiere adquirir el equipo de medición necesario para asegurar el control del flujo de refrigerante. Puesto que, un buen control en este permite que el flujo de refrigerante que pase al evaporador sea igual a la cantidad que se va a evaporar. Además, permite mantener una presión diferencial entre el lado de alta y de baja presión, para que el refrigerante se evapore a la baja presión deseada y a la temperatura correspondiente [12].
- Se debe considerar tener un mayor control en la relación de compresión que existe entre la presión de compresión y la presión de evaporación. Puesto que, con altos ratios de compresión, la potencia requerida por el compresor es muy grande.

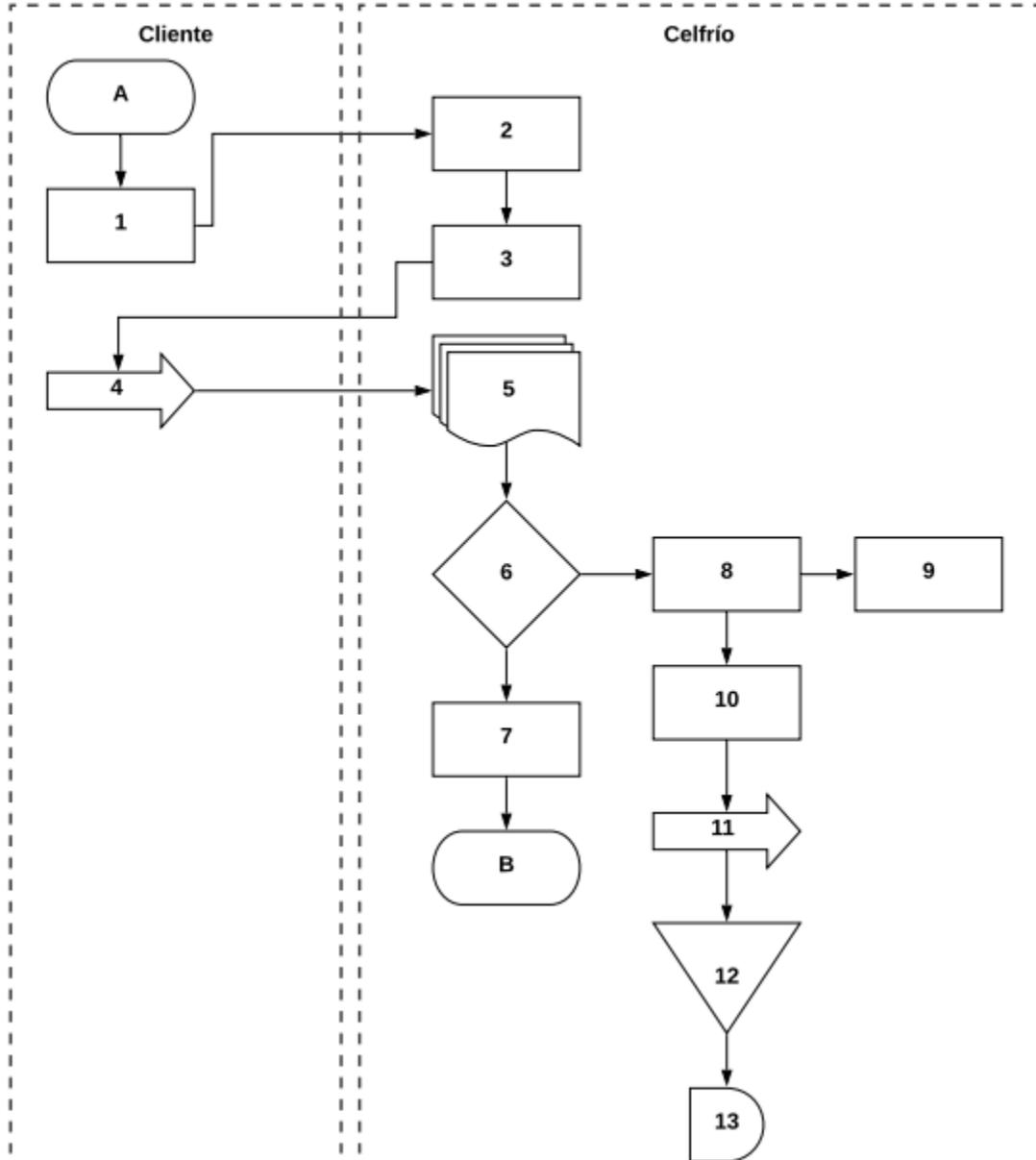
BIBLIOGRAFÍA

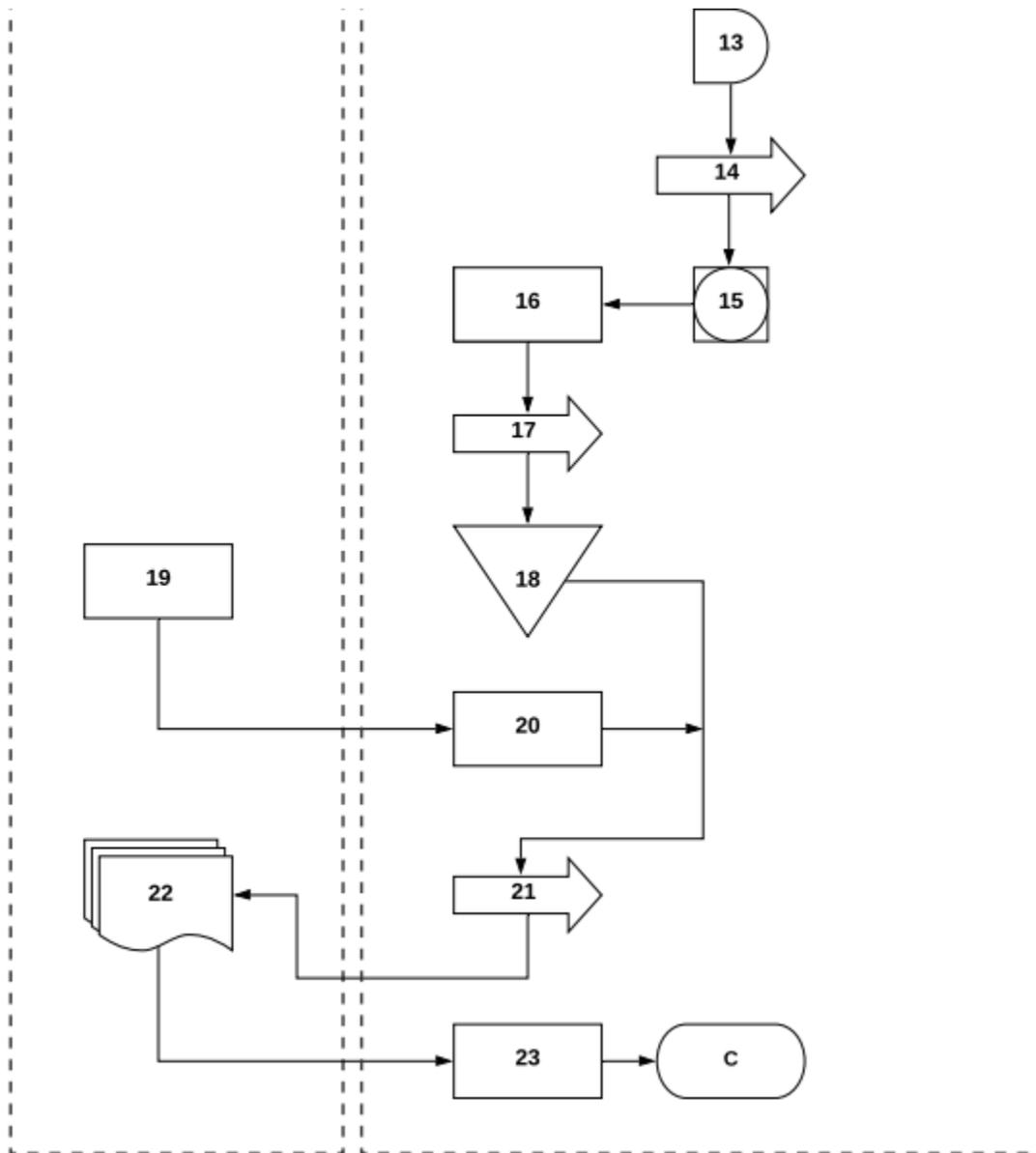
- [1] A. Boroto Nordelo, M. Lapidó Rodríguez, J. Monteagudo Yanes, M. A. Armas Teyra, M. Montesino Pérez, J. Delgado Castillo, F. Gonzalo Pérez, A. Padron y F. P. Viego, «La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial,» *Energética*, nº 33, pp. 65-69, 2005.
- [2] A. F. Rendón Marin, *PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRÍOS*, Pereira, 2014.
- [3] Fondo de Reconversión Industrial FONDOIN, *Manual de buenas prácticas en refrigeración*, Caracas, La Florida.
- [4] Y. A. Cengel y M. A. Boles, *Termodinámica* 7ma edición, McGraw-Hill, 2012.
- [5] Ministerio de la protección social, *Decreto número 1500 de 2007*, Bogotá, 2007.
- [6] Universidad Politécnica de Cataluña, *DISEÑO DE UNA INSTALACION FRIGORIFICA PARA OCHO CAMARAS DE 2.560 m3*, Barcelona.
- [7] Empaques Margall- Royal Tools, «Paletizadoras envolvedoras,» [En línea]. Available: <http://www.paletizadorasenvolvedoras.com/>. [Último acceso: 2 Septiembre 2019].
- [8] A. C. d. E. E. AChEE, M. De Laire, Y. Fiallos y Á. Aguilera, *Guía de Implementación de Sistemas de Gestión de Energía basado en ISO 50001*, Cuarta ed., 2007.
- [9] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), *Guía de implementación de un sistema de gestión basado en la norma ISO 50001*, Bogotá.
- [10] J. Espina Alvarado, *Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos fundamentales para la distribución de electricidad*, 2017.
- [11] Escuela de organización industrial, *MODELO DE UN PLAN DE CAPACITACION*, 2013.
- [12] E. Hernández Goribar, *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*, México, México DF: LIMUSA MEXICO, 1975.
- [13] J. J. Soto Cruz, *Fundamentos sobre ahorro de energía*, Mérida, Mérida, Yucatán: Universidad de Yucatán, 1996.

- [14] P. Fernández Díez, *Cápítulo IV Cargas térmicas y dimensionado*.
- [15] S. Sur, «Quiero apuntes (Sistemas de refrigeración de doble etapa y en cascada),» [En línea]. Available: <https://www.quieroapuntes.com/sistemas-de-refrigeracion-de-doble-etapa-y-en-cascada.html>. [Último acceso: 25 Septiembre 2019].

ANEXOS

Anexo A: Diagrama de flujo del proceso de logística llevado a cabo en Celfrío SAS.





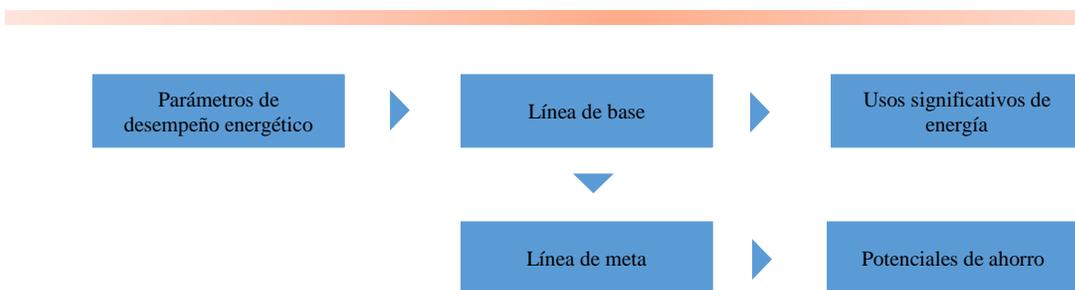
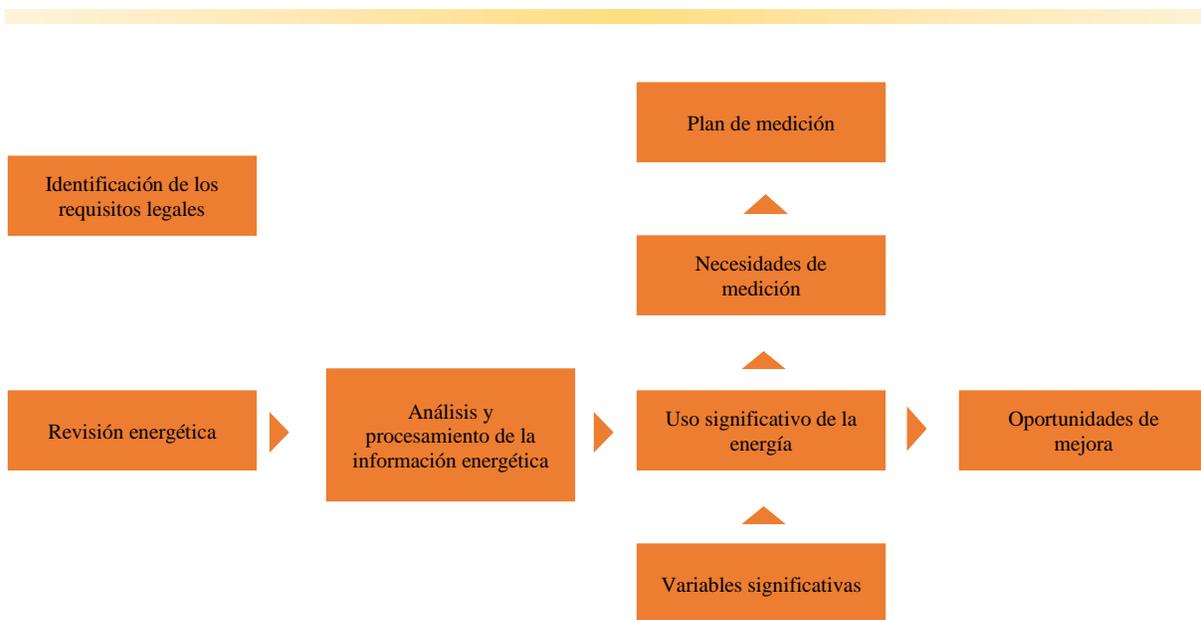
Nombre de la fuente: Celfrío SAS, elaboración propia.

Descripción del diagrama de flujo

A. Inicio; B. Devolución de los productos al cliente; C. Fin del proceso 1; Solicitar envío de productos; 2.Verificar disponibilidad física de los cuartos de conserva; 3.Programar la recepción de los productos; 4.Transporte de los productos; 5.Validar la información de entrada; 6.Verificar que el producto cumpla con las condiciones de salubridad; 7.Reportar al cliente la novedad de incumplimiento para el recibo de mercancía; 8.Realizar pesaje de entrada; 9.Control de bascula; 10.Descargar los productos en los muelles de cargue y descargue; 11.Transporte de los productos a los túneles de congelación; 12. Almacenamiento

en los túneles de congelación; 13. Espera por enfriamiento del producto hasta el punto de congelación; 14. Transporte del producto al área de paletizado; 15. Empacar el producto en bultos e inspección del peso de estos; 16. Paletizar los productos en estibas; 17. Transporte de las estibas de producto; 18. Almacenamiento del producto en las cámaras de conservación; 19. Solicitar retiro de los productos; 20. Programar el retiro de los productos; 21. Transporte de las estibas de producto a los muelles de cargue y descargue; 22. Validar la información de salida; 23. Cargar los productos a los camiones del cliente.

Anexo B: Estructura de la etapa de planificación de la norma ISO 5001:2011.



Nombre de la fuente: UPME, guía de implementación de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 5001:2011.

Anexo C: Resumen de matriz de requisitos legales del SGEEn de Celfrío SAS.

Ámbito	Institución que lo expide	Nombre y descripción del Requisito	Frecuencia	Responsable
Gestión energética	Congreso de la república	Ley 697. Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Anual	Profesional jurídico
Medición de consumos de energía	Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)	Resolución CREG 038 de 2014. Por la cual se modifica el código de medida contenido en el anexo general del código de redes	Anual	Profesional jurídico
Instalaciones eléctricas	Ministerio de minas y energía	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. (RETIE). Tiene como objetivo principal establecer medidas que garanticen tu seguridad, la de los animales y vegetales; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.	Anual	Profesional jurídico
Operación y mantenimiento	Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC)	NTC 5852 NORMA DE SEGURIDAD PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Esta norma especifica diseño, construcción, instalación y funcionamiento con seguridad de los sistemas de refrigeración.	Anual	Profesional jurídico
Operación y mantenimiento	Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC)	Esta norma determina el desempeño técnico de un sistema de refrigeración, pero no el rendimiento funcional de una instalación completa o el desempeño de sus componentes individuales.	Anual	Profesional jurídico
Compras	Ministerio de minas y energía	Reglamento técnico de etiquetado energético. Haciendo exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica, acondicionadores de aire para recintos, motores monofásicos y trifásicos de inducción,	Anual	Profesional jurídico

		balastos para iluminación fluorescente y lavadoras de ropa.		
Operación y mantenimiento	Ministerio de minas y energía	El objeto fundamental del reglamento es establecer los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: Los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual. El reglamento establece las reglas generales que se deben tener en cuenta en los sistemas de iluminación interior y exterior, en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación.	Anual	Profesional jurídico
Operación y mantenimiento	Ministerio de la protección social	Establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación.	Anual	Profesional jurídico

Nombre de la fuente: Celfrío SAS, elaboración propia.

Anexo D: Formato censo de carga realizado en Celfrío SAS

Contactor	Voltaje 3 [V]	Corriente L1 [A]	Corriente L2 [A]	Corriente L3 [A]	Frecuencia [hz]	fp	Potencia total [kW]	Horas de operación	Energía consumida [kWh/día]	Energía consumida [kWh/Mes]
C3	435	5,05	5,26	5,54	-	0,74	2,95	24	70,72	2121,6
C4	435	8,30	8,48	8,27	-	0,98	6,07	24	145,76	4372,8
C5	435	8,61	8,46	8,32	-	0,98	6,12	24	146,96	4408,8
C6	435	16,51	16,48	16,45	-	0,81	19,21	18	345,78	10373,4
C7	435	25,56	25,91	25,86	-	0,86	16,91	18	304,38	9131,4
C8	435	7,40	7,91	7,88	-	0,74	4,30	20	86,07	2582
C9	435	8,63	8,89	8,92	-	0,79	4,91	20	98,20	2946
C10	435	6,77	7,28	6,58	-	0,67	3,91	20	78,13	2344
C11	435	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0	0,00	0
C12	435	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0	0,00	0
C13	435	8,78	9,30	8,63	-	0,78	4,63	20	92,53	2776
C14	435	0,86	0,95	0,94	-	0,68	0,32	20	6,40	192
C15	435	0,83	0,97	0,81	-	0,64	0,32	20	6,40	192
C16	435	0,86	0,86	0,98	-	0,65	0,39	20	7,73	232
C17	435	0,87	0,90	0,94	-	0,67	0,36	20	7,20	216
C20	435	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0	0,00	0
C21	435	1,46	1,51	1,36	-	0,47	0,45	20	9,07	272
C22	435	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0	0,00	0
C23	435	0,00	0,00	0,00	-	0	0,00	0	0,00	0
CPB	440		47,2		-	-	27	24	648,00	19440
CPA	440		227,1		-	-	148	24	3552,00	106560
BH	440		3,01		51,06	-	1,02	24	24,48	734,4
BV	440		1,77		54	-	1,02	24	24,48	734,4
IRC	127		0,8		-	-	-	-	4,2672	128,016
IC1	127		0,55		-	-	-	-	3,3528	100,584
IC2	127		0,55		-	-	-	-	3,3528	100,584
IC3	127		0,55		-	-	-	-	3,3528	100,584
IT1	127		0,48		-	-	-	-	2,92608	87,7824

IT2	127	0,92	-	-	-	-	5,60832	168,2496
IPC	127	0,4	-	-	-	-	2,4384	73,152
IO	127	0,4	-	-	-	-	0,8128	24,384
IC	127	0,4	-	-	-	-	1,016	30,48
IAC	127	0,4	-	-	-	-	1,2192	36,576
ITM	127	0,4	-	-	-	-	1,2192	36,576

Anexo E: Descripción de la metodología utilizada para la estimación del desempeño energético de los procesos.

Para la estimación del desempeño energético de los procesos de uso significativo de la energía se empleó el cálculo del coeficiente de operación del proceso (COP), que es una expresión de la eficiencia del sistema.

Esta expresión se define como la relación entre la cantidad de calor que debe retirar el sistema $Q_{evaporación}$ y la potencia eléctrica suministrada $W_{eléctrico}$.

$$COP = \frac{Q_{evaporación}}{W_{eléctrico}}$$

Ahora bien, se definió que el calor de evaporación depende de factores diferentes en cada proceso. Por consiguiente, en este capítulo se describe las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la estimación del calor de evaporación de cada proceso.

CALOR DE EVAPORACIÓN DEL PROCESO DE CONSERVACIÓN

Para el proceso de conservación se establece que el calor de evaporación del proceso depende de la carga de enfriamiento del recinto, la cual a su vez depende de diversas fuentes de calor. A continuación, se definen las cargas térmicas consideradas para la estimación del coeficiente de operación del proceso de conservación.

- **Ganancia de calor debida a los productos a conservar.**

Cuando un producto entra a un espacio refrigerado, con una temperatura mayor que la del recinto, el producto cede calor hasta alcanzar la temperatura del ambiente. Como el producto se encuentra congelado este calor cedido se conoce como “calor sensible sobre el punto de congelación” [12].

$$Q = mc\Delta T$$

- **Ganancia de calor debida a las infiltraciones del aire.**

La ganancia de calor debida a las infiltraciones resulta difícil de calcular debido a la influencia de múltiples factores. Por lo general, esta puede determinarse siempre y cuando se conozca el flujo de aire [13].

$$Q = m_a(h_o - h_i)$$

Donde:

m_a = Flujo de masa de aire que entra en 24 horas al espacio.

h_o = Entalpia del aire entrante.

h_i = Entalpia del aire interior.

Sin embargo, la cantidad de aire externo que ingresa al interior de la cámara depende de factores como: el área de la puerta, la cantidad de aperturas, el tiempo que permanece abierta, la localización de la puerta y las filtraciones que se puedan presentar por ranuras. Estos factores son difíciles de predecir considerando que en su mayoría dependen del comportamiento operacional y de las necesidades frigoríficas del día a evaluar. Por esta razón, se suele generalizar la estimación de la cantidad de cambios de aire en base a la experiencia obtenida en casos similares [13].

Se recurre al cálculo de infiltraciones considerando las tablas experimentales que permiten una rápida determinación. Por lo tanto, la carga térmica debida a las infiltraciones es:

$$Q = VNKq$$

Donde:

V = Volumen del recinto.

N = Número de renovaciones de aire (en las tablas experimentales este valor depende del volumen de la cámara).

K = Coeficiente de conservación para el tiempo de permanencia de una estiba en el recinto.

q = Carga térmica en $kcal/m^3$, (calor sensible + calor latente) para el enfriamiento del aire de renovación.

- **Ganancia de calor debida a la iluminación.**

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación, se considera que la potencia integrada de las lámparas se transformará en calor sensible. Adicionalmente, para considerar el consumo complementario de las reactancias se debe multiplicar la potencia por un factor el cuál se encuentra tabulado para el tipo de lampara y su potencia integrada.

Por lo tanto, la estimación de la carga térmica sensible aportada por la iluminación es:

$$Q = WnF$$

Donde:

W = Potencia integrada de la lampara

n = Número de lámparas en el recinto.

F = Factor que determina el consumo complementario de las reactancias.

- **Ganancia de calor debida a la transmisión por paredes, techo y piso.**

Un método rápido y eficaz que permite calcular el calor transmitido a través de una pared compuesta, es el que hace uso de tablas especiales que dan las $kcal/m^2$ por 24h que atraviesan las paredes de una cámara aislada considerando el material de aislamiento, el espesor del aislamiento y el salto térmico [14]. Por lo tanto, la estimación de la carga térmica debida a la transmisión de paredes es:

$$Q = Ak$$

Donde:

A = Área de la pared.

k = Calor transmitido en $kcal/m^2$ en 24h para poliuretano expandido en función del espesor y el salto térmico.

- **Ganancia de calor debida al calor cedido por los operarios.**

La ganancia de calor aportada por las personas en el recinto es tabulada y depende de la propia actividad que realicen las personas en el sitio y de la temperatura del ambiente.

La ganancia de calor debida al calor cedido por los operarios es:

$$Q = qn$$

Donde:

q = Calor perdido en $kcal/h$ por persona

n = Número de operarios en el recinto.

- **Ganancia de calor debida a los servicios industriales**

Para obtener la ganancia de calor debida al equipo que se tenga instalado en el espacio por acondiciona, se recurre a tablas experimentales. Siempre se debe considerar esta parte de la ganancia total que en ocasiones, puede ser muy importante. Por lo general, suele estimarse incrementando un 10% esta ganancia considerando alguna contingencia imprevista que pudiera ocurrir.

$$Q = 1.10 qn$$

Donde:

q = Calor cedido en $kcal/h$ por equipos o servicios.

n = Número de equipos o servicios en el recinto.

CALOR DE EVAPORACIÓN DEL PROCESO DE CONGELACIÓN

En el proceso de congelación se considera que el $Q_{evaporación}$ se da en función del calor extraído al producto a refrigerar para descender su temperatura a los $-18^{\circ}C$.

Por lo tanto, se considera el calor sensible para descender la temperatura del producto desde la temperatura de ingreso (4°C) hasta la temperatura previa a la congelación (0°C).

$$Q = mc\Delta T$$

En segunda instancia, se consideró el calor latente de congelación del producto, que hace referencia al calor que se desprende al cambiar, un gramo de un cuerpo, del estado líquido al estado sólido.

$$Q = mC_{\text{solidificación}}$$

Finalmente, se calculó el calor sensible necesario para descender la temperatura de congelación del producto (0°C) hasta la temperatura requerida (-18°C). Para esta estimación se consideró que el calor específico del producto corresponde al calor específico del producto después de la congelación.

$$Q = mc\Delta T$$

Anexo F: Objetivos, metas y planes de acción energéticos establecidos en Celfrío SAS.

Objetivos energéticos	Metas energéticas	Planes de acción	Responsable	Plazo	Método de verificación	Avance
Identificar el consumo de energía eléctrica de la planta con el fin de monitorear y mejorar continuamente el desempeño de la organización.	Implementación de un sistema de medición para identificar el consumo de energía eléctrica en Celfrío SAS.	1.Evaluación técnico-económica de los instrumentos de medición necesarios según las condiciones técnicas presentes. 2.Implementación de planes de medición de energía eléctrica	Representante financiero, Personal de operación y mantenimiento	6 meses	Control y monitoreo del consumo de energía eléctrica de la organización.	0%
Reducir en un 3,26% el consumo de energía eléctrica en los procesos de conservación y recepción de mercancía,	Identificación de las pérdidas frigoríficas que se presentan en los procesos de congelación y conservación de productos	Adquisición de instrumentos de medición térmica que permitan detectar puntos calientes en las instalaciones de la planta.	Representante de la alta dirección, representante de recursos humanos, representante financiero.	1 año	1.Verificar los registros de temperatura del recinto en el transcurso del tiempo.	0%
	Promoción de buenas prácticas operacionales en el personal que trabaja para o en nombre de Celfrío SAS	Capacitaciones sobre el uso racional y eficiente de la energía al personal de producción			2. Verificar que se diligencien las bitácoras de operación.	
		Capacitaciones sobre el uso racional y eficiente de la energía al personal de operación y mantenimiento.			3. Verificar que los procesos de ingreso y retiro de mercancía se ejecuten según los procedimientos.	
Estandarizar los procesos que se ejecutan en la planta Celfrío SAS con el fin de garantizar un mejor control en el desempeño energético de la organización	Implementación de: manuales, procedimientos, formatos y registros para el SGEEn.	Implementación de: manuales, procedimientos, formatos y registros para el SGEEn.	Representante de recursos humanos, representante de producción, representante de operación y mantenimiento, representante de calidad	6 meses	Por definir	0%

Anexo G: Listado maestro de documentos

Listado maestro de documentos							
Código	Nombre	Formato		Área responsable	Fecha de elaboración	Fecha de revisión	Código de revisión
		Físico	Digital				
	Diagnóstico inicial del SGEEn - Análisis de brechas		x				
	Cronograma de implementación del SGEEn		x				
	Política energética del SGEEn	x	x				
	Manual del SGEEn	x	x				
	Procedimiento de identificación de los requisitos legales y otros requisitos	x	x				
	Formato de registro de requisitos legales		x				
	Procedimiento de revisión energética	x	x				
	Formato de registro de censo de carga		x				
	Formato de registro de datos históricos de consumo de energía y producción		x				
	Formato de registro de identificación de los USEs		x				
	Procedimiento de líneas de base de energía	x	x				
	Formato de registro de líneas de base y líneas de meta energéticas		x				
	Procedimiento de indicadores de desempeño energético	x	x				
	Formato de registro de indicadores de desempeño energético IDEn		x				
	Formato de registro de oportunidades de mejora		x				

	Formato de registro objetivos, metas y planes de acción		x				
	Procedimiento de gestión documental del SGE	x	x				
	Formato de registro listado maestro de documentos		x				
	Formato de comunicación externa e interna del SGE		x				
	Formato de cronograma de mantenimiento preventivo		x				
	Procedimiento de diseño y adquisición de equipos	x	x				