



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

*“Herramienta integral de gestión energética para pequeñas empresas  
(PYMES) del sector manufacturero alimenticio”*

Trabajo Final de Graduación para optar por el título de  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial  
con el grado académico de  
Licenciatura

Realizado por:

Tannya Santos Castro

Cartago, mayo, 2025



**Carrera evaluada y acreditada por:** Agencia de Acreditación de programas  
de Ingeniería y de Arquitectura

# Hoja de datos

## Datos personales

**Nombre completo:** Tannya Santos Castro

**Número de cédula:** 1 1784 0632

**Número de carné:** 2019003608

**Números de teléfono:** 7050 3787

**Correo electrónico:** tannyasantoscastro@estudiantec.cr / tscastro1020@gmail.com

**Dirección exacta de domicilio:** San Jose, Moravia, Trinidad, Los Sitios, Urbanizacion Andree Chalet, Primera Etapa, Casa 141g. Portón Negro, Muro Café.

## Datos de la Empresa

**Nombre:** Ministerio de Ambiente y Energía - Dirección de Cambio Climático

**Actividad Principal:** Coordinación y gestión de política pública de cambio climático en Costa Rica.

**Dirección:** Barrio González Lahmann, frente a iglesia Sagrado Corazón de Jesus, Calle 25A.

**Contacto:** cambioclimatico@minae.go.cr / jvargas@minae.go.cr

**Teléfono:** 2106 8530

# Carta de aceptación de la empresa



MINISTERIO DE  
AMBIENTE Y ENERGÍA

GOBIERNO  
DE COSTA RICA

Dirección de Cambio Climático

San José, 14 de octubre de 2024

**DCC-240-2024**

Ing. Sebastián Mata Ortega  
Coordinador de Trabajo Final de Graduación de la carrera  
Tecnológico de Costa Rica

Asunto: Trabajo Final de Graduación a nivel de Licenciatura Tannya Liseth Santos Castro

Estimado Ing. Mata:

Reciba un cordial saludo de parte de la Dirección de Cambio Climático (DCC) del MINAE.

En respuesta al oficio del 07 de octubre del 2024 es grato indicar que se acepta a la estudiante Tannya Liseth Santos Castro, cédula: 2019003608, para que realice el Trabajo Final de Graduación a nivel de licenciatura en esta Dirección.

Esta práctica iniciará a partir del de 10 de febrero y finaliza el 06 de junio de 2025.

Agradeciendo su atención.

Saludos cordiales,

MAX  
ALONSO  
MENA  
ROJAS  
(FIRMA)

Firmado  
digitalmente por  
MAX ALONSO  
MENA ROJAS  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.10.15  
17:37:49 -06'00'

Max Mena Rojas  
Director a.i  
Dirección de Cambio Climático

Cc. Sr. Jorge Vargas Vargas, Dirección de Cambio Climático.  
Srta. Tannya Liseth Santos Castro, Estudiante

# Dedicatoria

A mi madre, Adriana Castro Zúñiga, por su apoyo y amor incondicional todos estos años siempre esforzándose por mi hermana y por mí a pesar de las dificultades, por inculcarme sus valores y principios, y permitirme soñar para cumplir mis metas y sueños.

A mi hermana, Kimberly Santos Castro, mis abuelos Miriam Zúñiga Barquero y Juan Diego Castro Mora, y mi tío Diego Castro Zúñiga quienes siempre han estado a mi lado creyendo en mí, por sus consejos y apoyo y fuerza ante las adversidades.

# Agradecimientos

A mis amigos que creyeron en mis capacidades incluso cuando se presentaban dificultades a lo largo del proyecto, sus motivaciones y apoyo fueron incondicionales.

A mi tía Yency Castro Zúñiga, quien me ayudó cuando se presentaron obstáculos en el proyecto y dentro de sus capacidades contribuyó para que yo pudiera concluir mis estudios.

A Franklin Vega Arias, por su apoyo y ayuda en el proceso, siempre dispuesto a colaborar y a creer en mí.

A mis profesores, Rosa María Matarrita Chaves, Carlos Piedra Santamaría y Sebastián Mata Ortega, quienes estuvieron presentes en diferentes etapas del proyecto y me guiaron a lo largo del proceso para finalizar con éxito mi TFG.

# Resumen

Actualmente, el sector de las PYMES enfrenta desafíos importantes en materia de sostenibilidad, eficiencia energética y acceso a herramientas que faciliten la toma de decisiones estratégicas orientadas al uso inteligente de los recursos energéticos. Esto limita su capacidad para alinearse con los objetivos y metas nacionales, como el Plan de Descarbonización. **[Objetivo]** El presente proyecto tiene como propósito establecer lineamientos iniciales, tanto legales como técnicos, que generen conocimientos base para que las pequeñas empresas reconozcan la importancia de la gestión energética. Asimismo, se propone la aplicación de una herramienta práctica para la medición y análisis básico del desempeño energético en conjunto a una estructura financiera para mejorar su implementación. **[Metodología]** Se llevó a cabo una investigación y análisis de información nacional técnica, legal y financiera, complementada con benchmarking. A partir de esta base, se desarrolló una herramienta integral de gestión energética, cuya viabilidad fue evaluada mediante su aplicación en empresas reales del sector alimenticio. **[Resultados]** La aplicación de la herramienta en casos reales permitió obtener análisis del consumo energético en función de la producción y los equipos. Además, se realizó una evaluación preliminar de la rentabilidad del proyecto desde la perspectiva del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). **[Conclusiones]** El análisis financiero demuestra que la herramienta es rentable en términos de implementación y operación por parte del MINAE. Su aplicación práctica en pequeñas empresas del sector manufacturero alimenticio permitió obtener información útil para relacionar el consumo energético con variables productivas y operativas, evidenciando su aplicabilidad y potencial impacto en el sector.

**Palabras clave:** Desempeño energético, ISO 50001, pequeñas empresas, manufactura alimenticia, sostenibilidad.

# Abstract

Currently, the SME sector faces significant challenges related to sustainability, energy efficiency, and the availability of tools to support strategic decision-making aimed at the intelligent use of energy resources. These limitations hinder their ability to align with national goals, such as those outlined in Costa Rica's Decarbonization Plan. **[Objective]** This project aims to establish initial legal and technical guidelines to generate foundational knowledge that enables small businesses to recognize the importance of energy management. Additionally, it proposes a practical tool for basic energy performance measurement and analysis suggesting a financial structure to facilitate the implementation. **[Methodology]** The research involved the collection and analysis of national technical and legal information, benchmarking of best practices, and the development of an integrated energy management tool. This tool was applied to real cases in the food manufacturing sector to assess its feasibility and effectiveness. **[Results]** The application of the tool in real scenarios allowed for the analysis of energy consumption in relation to production and equipment. A preliminary assessment of the project's financial viability from the perspective of the Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) was also conducted. **[Conclusions]** The financial analysis demonstrates the cost-effectiveness of implementing and operating the tool under MINAE's oversight. Its application in actual companies provided relevant data linking energy consumption with production and operational variables, confirming the tool's applicability and potential impact on the sector.

**Key words:** Energy performance, ISO 50001, small enterprise, food manufacturing sector, sustainability.

# Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Reseña de la empresa</b> .....	<b>3</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>4</b>
Teóricos .....	4
Prácticos .....	5
<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>6</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>9</b>
Objetivo general .....	9
Objetivos específicos.....	9
<b>Justificación</b> .....	<b>10</b>
<b>Alcance</b> .....	<b>12</b>
<b>Viabilidad</b> .....	<b>13</b>
<b>Administración del riesgo</b> .....	<b>14</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>16</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>26</b>
<b>Análisis de resultados</b> .....	<b>28</b>
Objetivo 1 .....	28
Reglamento de oficialización del código eléctrico de CR para la seguridad de la vida y de la propiedad (Decreto RTCR 458:2011) .....	29
INTE/ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso” .....	31
NFPA 70: Código Nacional Eléctrico (NEC) .....	36
Objetivo 2 .....	38
Descripción de la empresa.....	38
Descripción del sistema eléctrico .....	38
Información de diagrama unifilar .....	39
Información de energía consumida en la empresa.....	40
Facturación energética mensual.....	40
Mediciones energéticas.....	41

Balance de energía.....	42
Métricas de desempeño energético.....	43
Oportunidades de ahorro y proyectos de inversión.....	44
Herramienta complementaria de Excel <i>Calculadora energética</i> .....	45
Objetivo 3.....	46
Costos asociados a la implementación y operación de la herramienta.....	46
Beneficios derivados.....	51
Fuentes de financiamiento.....	58
Objetivo 4.....	61
Empresa 1 - Congelados.....	62
Empresa 2 - Jugos concentrados.....	64
Análisis general de la herramienta.....	66
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>68</b>
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
<b>Bibliografía.....</b>	<b>70</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>77</b>
Apéndice 1.....	77
Apéndice 2.....	81
Apéndice 3.....	97
Apéndice 4.....	100
Apéndice 5.....	103

# Índice de figuras

Figura 1. Comportamiento de la producción y demanda de la energía. ....	5
Figura 2. Producción de energía 2024. ....	16
Figura 3. Producción energética por año. ....	17
Figura 4. Consumo final de energía por sector. ....	18
Figura 5. Porcentaje de sector alimenticio y bebidas ante la totalidad de la industria manufacturera. ....	19
Figura 6. Realidad de industria manufacturera 2014. ....	20
Figura 7. Intensidad energética final por rama. ....	20
Figura 8. Composición PYMES del sector alimenticio en la industria manufacturera. ....	21
Figura 9. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. ....	32
Figura 10. Diagrama unifilar edificio de oficinas. ....	39
Figura 11. Consumo de energía eléctrica facturada para un medidor. ....	40
Figura 12. Balance de energía eléctrica por sistemas energéticos. ....	42
Figura 13. Diagrama de procesos ejemplificado. ....	43
Figura 14. Comparación de periodo de línea base y periodo de reporte. ....	44
Figura 15. Configuraciones de hojas de cálculo para medición y análisis de desempeño energético. ....	45
Figura 16. Proyección de participación de empresas pequeñas. ....	53
Figura 17. Comparación de consumo energético dentro del sector industria alimentos. ....	55
Figura 18. Comparación de consumo energético dentro del sector CR. ....	55
Figura 19. Consumo energético mensual 2024 Empresa 1. ....	62
Figura 20. Consumo energético mensual 2025 Empresa 1. ....	63
Figura 21. Consumo energético mensual 2024 Empresa 2. ....	64
Figura 22. Consumo energético mensual 2025 Empresa 2. ....	64
Figura 23. Participación parcial de equipos Empresa 2. ....	65
Figura 24. Aplicabilidad de “Calculadora energética” ....	67

# Índice de Tablas

Tabla 1: Desviación entre el debiera y la realidad.....	8
Tabla 2: Metodología empleada en el desarrollo del proyecto.....	26
Tabla 3: Tipo de verificación de acuerdo con la descripción de la PYME.....	29
Tabla 4: Resumen de requisitos en apartado 1. ....	30
Tabla 5: Resumen de requisitos en apartado 2. ....	35
Tabla 6: Resumen de requisitos en apartado 3. ....	37
Tabla 7: Principales equipos para mediciones energéticas. ....	41
Tabla 8: Estrategias de ahorro e inversión.....	44
Tabla 9: Cotización Productora Multi Maite. ....	48
Tabla 10: Cotización según proyecto SICOP.....	49
Tabla 11: Costos de elaboración de herramienta. ....	49
Tabla 12: Cotización de equipo y sueldo según MTSS. ....	50
Tabla 13: Resumen de costos asociados. ....	50
Tabla 14: Proyección de participación de empresas por año.....	54
Tabla 15: Datos para cálculo de precio social del carbono.....	54
Tabla 16: Estimación de empresa de conservas.....	56
Tabla 17: Consumo energético promedio por empresa .....	56
Tabla 18: Análisis de reducción de consumo en primer año. ....	57
Tabla 19: Estimación de rentabilidad de proyecto.....	57

# Siglas y acrónimos

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

NDC: Contribuciones Nacionalmente Determinadas

PYMES: Pequeñas empresas

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

IEA: Agencia Internacional de la Energía

ICE: Instituto Costarricense de la Electricidad

ISO: Organización Internacional de la Normalización

ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

CCI: Centro de Comercio Internacional

DCC: Dirección de Cambio Climático

MEIC: Ministerio de Economía, Industria y Comercio

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

SGEn: Sistema de Gestión Energética

PR: Profesional Responsable

UVIE: Unidad de Verificación de Instalación Eléctrica

PHVA: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos

MTSS: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social

CICR: Cámara de Industrias de Costa Rica

CNFL: Compañía Nacional de Fuerza y Luz

JASEC: Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago

ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia

FODEMIPYME: Fondo Especial para el Desarrollo de las Micros, Pequeñas y Medianas Empresas

# Introducción

El cambio climático es un tema que se ha tratado a nivel mundial durante años, por medio de distintos tratados y acuerdos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); entre ellos, el Acuerdo de París y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), que pretenden actuar en diferentes áreas para la mitigación de los gases de efecto invernadero donde la industria cuenta con papel importante en las metas energéticas y ambientales del país [1] [2].

Costa Rica cuenta con una posición relevante en cuanto a materia ambiental; no obstante, existe una brecha significativa sobre la temática entre las empresas ubicadas en el país. Por ejemplo, las PYMES se encuentran limitadas, tanto en recursos como en conocimientos, de manera que se restringe la implementación de ideas y proyectos que contribuyan a la mejora de eficiencia energética y consumo inteligente de energía [3]. La mejora energética en la industria manufacturera, a través de herramientas que proporcionen una base de conocimiento inicial, proporcionaría beneficios alineados con los ODS, tales como innovación e infraestructura, producción y consumo responsables, salud y bienestar, energía asequible y no contaminante y ciudades y comunidades sostenibles.

A partir de este proyecto se desarrolla y evalúa una herramienta que facilite a las pequeñas empresas adquirir conocimiento en eficiencia energética y reducir las barreras que impiden su transición energética a través de conocimiento legal y técnico necesario y así establecer el punto de partida para recopilación de datos desde una perspectiva de gestión energética con el apoyo de la Dirección del Cambio Climático. Asimismo, abarcar normativa enfocada en eficiencia energética, como la norma ISO 50001, la cual tiene como objetivo colaborar a una mejora continua en el desempeño energético de sistemas y procesos de las empresas.

Este escrito presenta información a través de tres apartados, como lineamientos iniciales, además de una guía para la medición y análisis del desempeño energético, en la cual se recopila información de la empresa y se expone cifras relevantes para medición y análisis de datos energéticos, acompañado de una herramienta de excel que permite realizar un registro de información, generar gráficas y proyectar datos para un futuro análisis de consumo y uso

de la energía, además continua con la estructura financiera asociada a la implementación y operación de la herramienta, tanto para las PYMES, como para el MINAE, a partir de la participación de las empresas, y culminando con una evaluación del proyecto por parte de las PYMES para determinar su aplicabilidad.

Para la realización del proyecto se lleva a cabo la recopilación exhaustiva de información con respecto a desempeño energético en el sector PYME pertenecientes a los sectores alimenticio, lo cual cuenta con limitantes debido a la escasa regulación e información relacionada al sector seleccionado.

## Reseña de la empresa

El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) se creó en 1888, desde entonces ha contribuido con temas relevantes en el área ambiental, además ha velado por la mejora de la calidad de vida de los habitantes de Costa Rica. Es importante recordar que este también es el ministerio rector del sector energía y gestión ambiental garantizando sostenibilidad en el desarrollo ambiental, político y comercial del país.

Para 2004, se crea la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), la cual tiene como objetivo la aprobación de políticas y proyectos para la mitigación de gases de efecto invernadero, enfocada en recursos naturales, transporte, energía y cambio climático. Por este motivo, en 2010 surge una entidad adscrita al MINAE, la Dirección del Cambio Climático (DCC), la cual centra su labor en la política pública del cambio climático y así ir integrando una agenda interministerial.

En 2012 surge el Comité Técnico Interministerial de Cambio Climático (CTICC), el cual tiene por sede la DCC y se encarga de dar seguimiento a las acciones climáticas a nivel institucional; finalmente, en 2017, nace la Secretaría de Planificación de Ambiente, Energía, Mares y Ordenamiento Territorial (SEPLASA), la cual toma la función de coordinador sectorial concerniente al cambio climático.

Actualmente, la DCC fue reforzada gracias a un esquema conocido como Sistema de Cambio Climático (SCC), con un trabajo multisectorial y multidimensional que facilita la acción de los diferentes actores sectoriales, todo en camino de la descarbonización de la economía y fortalecer los sistemas productivos y ecosistemas.

# Antecedentes

## Teóricos

Costa Rica, como país firmante del Acuerdo de París, está comprometido con el cumplimiento de las NDC, que tienen como objetivo la transformación de la economía y la implementación de un modelo de desarrollo capaz de afrontar los desafíos del cambio climático en los diferentes sectores productivos que se encuentran en el país; sin embargo, existen brechas en la industria por lo que es necesario crear diferentes herramientas que sean capaces de generar un cambio hacia la sostenibilidad en distintas áreas como lo son la energía, industria, comercio y servicios, economía descarbonizada, políticas, estrategias y planes de cambio climático que se encuentran ligadas con sectores como las PYMES [2].

Para cumplir con los compromisos nacionales, el país se ha enfocado en promover el uso de energías renovables para la reducción de emisiones, en este tema, el papel de la industria corresponde al uso de la energía eficientemente y mejoramiento de su impacto energético [2]. No obstante, las micro, pequeñas y medianas empresas, que tienen un papel importante en la industria, cuentan con limitaciones como el conocimiento y financiamiento, por lo que existe un vacío de instrumentos que permitan la transición energética de este sector [4].

El crecimiento económico está directamente relacionado con la demanda energética [3] y de acuerdo con los datos presentados por el ICE, para el 2022 (Figura 1), Costa Rica no es la excepción, gracias a que es líder en generación de energía a partir de fuentes renovables; por ello es necesario impulsar un consumo energético eficiente por parte de la industria, ya que año con año se incrementa la demanda energética nacional por parte de la industria, independientemente de si es una empresa grande o si es una PYMES [5]. No obstante, es importante mencionar que es necesario considerar todos los tipos de energía consumidos en la empresa, no únicamente energía eléctrica [6].

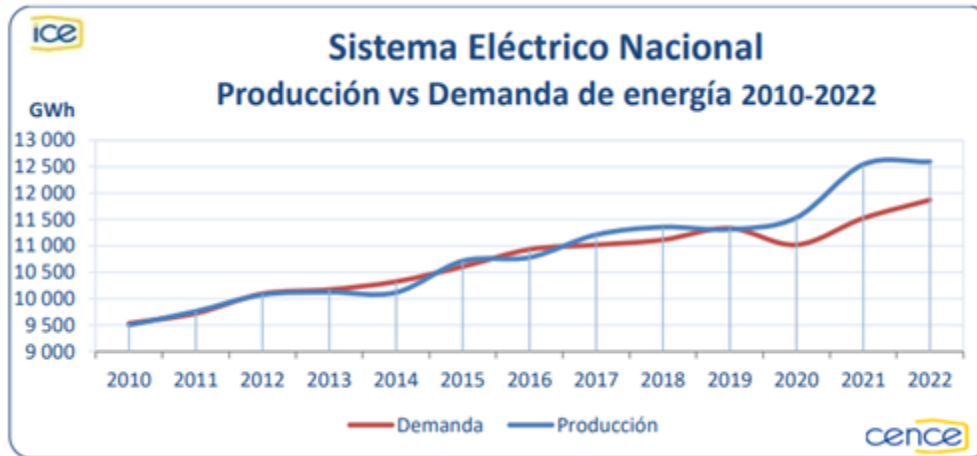


Figura 1. Comportamiento de la producción y demanda de la energía.

Fuente: ICE, 2022.

Según se indica en [7], la mejora de eficiencia energética podría definirse como “el incremento de eficiencia energética como un resultado de cambio tecnológico, cultural y económico”. Sin embargo, debido al reducido acceso a fuentes de información, desconocen de aspectos técnicos y legales necesarios para la gestión energética [4].

## Prácticos

De acuerdo con [8] la implementación de estrategias a través de una serie de pasos enfocados en rendimiento energético, en PYMES se generó ahorros energéticos entre 5 – 20 %, en un periodo de 1 a 3 años; no obstante, este puede variar dependiendo de la exigencia en la aplicación de estrategias de gestión energética con inversión económica reducida. Estas organizaciones [9] implementaron un cambio en las horas de producción con el objetivo de reducir los costos energéticos, lo que generó un ahorro promedio anual de 9.8 %, a través de simulaciones, este último priorizó los costos sobre la reducción de consumo energético.

Según se menciona [3], la aplicación de estrategias de mantenimiento puede aplicarse desde la perspectiva de eficiencia energética; no obstante, la carencia de información impide a estas empresas aplicar modelos de gestión energética.

# Planteamiento del problema

Dado el incremento del consumo energético en la actualidad, para satisfacer las necesidades de la sociedad, tales como iluminación, producción de alimentos y artículos, funcionamiento de equipos y demás, existe el compromiso por parte de los países en generar energía de manera renovable y de consumir dicha energía inteligentemente. No obstante, la realidad de ciertas empresas limita sus acciones para contribuir con medidas de eficiencia energética como es el caso de las PYMES, las cuales representan el 99 % del total de las empresas y el 13 % de consumo energético a nivel global; asimismo, menciona [10] que de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA), parte de su reducida contribución se debe a una serie de variables, entre estas se encuentran los aspectos culturales, porque no se relacionan estrategias técnicas con beneficios a mediano plazo como lo es la competitividad de la empresa, debido a que, como cultura de la sociedad, se desconocen los aportes que pueden realizar desde su empresa.

Como se ha mencionado, las actividades humanas dependen de la energía y estas generan un impacto ambiental considerable debido a la necesidad de producir energía, aquí las empresas tienen un papel importante y, como parte de estas, las PYMES [10]. No obstante, la eficiencia energética no está sujeta al uso de un tipo de energía o tecnología en específico, sino en estrategias de planeación y procedimiento de control que contribuyen a la reducción de consumo energético y, del mismo modo, a la reducción de gases de efecto invernadero, lo que hace a las empresas ambientalmente sostenibles [8].

Costa Rica se encuentra en una posición relevante en cuanto a materia ambiental, debido a las entidades públicas encargadas de desarrollar políticas ambientales aplicables a las industrias desde una perspectiva energética, con el fin de contribuir al ambiente desde la generación hasta el consumo de la energía [2]. No obstante, de igual manera que otros países, existe mayor cantidad de políticas energéticas y ambientales dirigidas hacia empresas grandes, por lo que las PYMES desconocen oportunidades de mejoras en cuanto a la reducción de consumo energético [11].

De acuerdo con [3], el nivel económico que presentan las PYMES en la zona Latinoamericana es reducido, esto impide mejoras en la empresa debido a la inversión económica que requieren. No obstante, estas tienen un papel importante en la economía de la sociedad, ya que [12] indica que la empleabilidad por parte de las PYMES representa aproximadamente el 47 % en el país, de manera que es relevante aplicar estrategias que colaboren el crecimiento económico de las micro, pequeñas y medianas empresas, tales como acciones de ahorro energético y, por ende, reducción en costos de factura energética [10].

Debido a las barreras internas y externas que estas presentan, se afecta el crecimiento e innovación de las micro y pequeñas empresas, aquí se resaltan aspectos económicos y falta de capacitación [4]. Esto es más notorio en el caso latinoamericano, donde el nivel económico no permite hacer cambio de tecnologías como lo hacen en países europeos, ya que estos se caracterizan por un alto nivel de desarrollo, de modo que es importante mejorar el funcionamiento de los equipos con los que ya cuentan las empresas y aplicar métodos de mantenimiento desde una perspectiva energética que permita establecer una relación entre el consumo, producción y mantenimiento de equipo [3].

Por lo tanto, una herramienta integral enfocada en establecer conocimiento inicial legal y técnico necesario para la gestión energética y de fácil acceso, otorga a las PYMES pertenecientes al sector industrial de alimentos el conocimiento requerido inicial de gestión energética, importancia de mediciones de consumo de energía y recopilación de datos para conocer el contexto organizacional que permita un punto de partida sólido hacia la gestión energética a través de normativa, reglamentaciones y conocimiento técnico.

En consecuencia, por la falta de recursos que presentan las PYMES, se han limitado sus acciones en cuanto a gestión energética, por otro lado, es posible que estas cuenten con maquinaria vetusta debido a que presenta un menor costo de compra.

Del mismo modo, estas desconocen de la importancia de prácticas técnicas tales como recopilación ordenada de datos energéticos, debido a la falta de herramientas aplicables a su escenario.

A partir de esta propuesta se pretende que las empresas pertenecientes al sector PYMES les sea posible contar con el conocimiento técnico y legal necesario como punto de partida hacia

la gestión energética, con el establecimiento de la información necesaria para el contexto organizacional y la importancia de recopilación de datos energéticos que a futuro conlleva a la reducción de su impacto ambiental.

Tabla 1: Desviación entre el debiera y la realidad

		Dato suministro	Referencia bibliográfica
Debería	Identificar realidad de consumo energético por sector PYME para determinar la competitividad	Consumo energético por sector PYME	ISO 50001:2018

Desviación (problema)	Aunque el MINAE cuenta con gran acceso a datos, no obstante, datos de cuestión energética y consumo podrían ser de acceso limitado y no conocer un panorama general certero sobre las PYMES		
		Dato suministrado	Referencia bibliográfica
Realidad	Se omite cuantificación de datos específicos por sector de las PYMES	La entidad no cuenta con datos de generación energética para conocer el panorama general a nivel país.	---

# Objetivos

## Objetivo general

Desarrollar una herramienta integral de gestión energética dirigida a pequeñas empresas del sector industrial alimenticio determinando los lineamientos legales y técnicos iniciales requeridos en la medición del desempeño energético de sus procesos productivos mediante la norma ISO 50001.

## Objetivos específicos

- Identificar los lineamientos legales y técnicos aplicables al sector industrial alimenticio PYME en el contexto nacional, con base en la norma ISO 50001, que establezca los requisitos iniciales necesarios en la medición del desempeño energético.

Indicador de logro: Informe de aspectos legales y técnicos para la medición del desempeño energético.

- Diseñar una metodología práctica y accesible para la medición y análisis del desempeño energético de los procesos productivos de las PYMES del sector alimenticio, incorporando herramientas digitales y parámetros clave para su implementación.

Indicador de logro: Diseño metodológico para medición y análisis de desempeño energético.

- Definir la estructura financiera requerida para la implementación y operación de la herramienta de gestión energética, considerando costos asociados, fuentes de financiamiento y beneficios económicos derivados de la mejora en la eficiencia energética.

Indicador de logro: Informe de estructura financiera aplicable a la implementación de la herramienta.

- Desarrollar un modelo piloto de la herramienta de gestión energética que valide su aplicabilidad en PYMES del sector alimenticio, incorporando un análisis de casos reales y retroalimentación de los usuarios para su optimización.

Indicadores de logro: Análisis de diagramas, gráficos y datos porcentuales de aplicabilidad de herramienta.

# Justificación

Actualmente, el país tiene como modelo en materia de energía renovable la hidroeléctrica, esta es la que más abastece al país y permite cumplir con la demanda de una manera sostenible, además fomenta la eficiencia energética e innovación; no obstante, las industrias también cuentan con responsabilidades en materia energética, al evitar el uso ineficiente para sus servicios [13].

Es importante señalar que la mayoría de las PYMES no cuentan con el conocimiento ni los recursos económicos para la aplicación de modelos de gestión energética [4] por lo que es relevante establecer el punto de partida con la recopilación de información básica. Sin embargo, también se debe reconocer que carecen de herramientas y conocimiento que les indique las tareas por seguir para la implementación de complejas estrategias e identificar oportunidades de mejora [14]. Costa Rica, a través de sus compromisos, está consciente de la necesidad de desarrollar información y capacidades que influyan de manera positiva en la toma de decisiones dirigido a adaptación a una economía descarbonizada en las empresas [15], que beneficien, en este caso, a sectores representativos de las PYMES, tales como la industria manufacturera en producción de alimentos [16]. Sin embargo, como se ha establecido anteriormente, las empresas del sector PYMES generalmente no incluyen como parte de sus procesos modelos de gestión, la información enfocada hacia la eficiencia energética y mejora de sus procesos, práctica que si es muy difundida en la industria a gran escala del sector manufacturero, en la que se presenta mayor aceptación de proyectos de eficiencia y gestión [17].

Con la información generada mediante el proyecto, se espera colaborar con empresas PYMES a establecer un punto de partida como las bases técnicas y legales necesarias para comprender la importancia de la recopilación de datos energéticos y así aplicar una metodología práctica de medición y análisis de desempeño. Esto permitirá implementar estrategias que mejoren el rendimiento energético cuando los equipos no sean nuevos o que tecnológicamente estén enfocados a menor consumo energético [8]. Además hay que tomar en cuenta vocabulario que permita comprender las prácticas, ya que, según indica [18], la

falta de comunicación adecuada de ideas con los empresarios PYMES impide la implementación de estrategias, aun cuando puedan contar con recursos para aplicarlos.

Por parte del Centro de Comercio Internacional (CCI), la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) cuentan con una guía a partir de normativas internacionales dirigida a las PYMES con el fin de modernizar su rendimiento energético [10]. Sin embargo, la mayoría de las PYMES no cuenta con el conocimiento ni los recursos económicos para la aplicación de modelos energéticos [4]. Por lo tanto, se pretende partir de herramientas con el apoyo de entidades públicas, debido a su compromiso en hacer contribuciones en búsqueda de eficiencia energética a través de estándares, regulaciones, modelos bajos en emisiones y tecnología en la industria contribuyendo a la competitividad de las empresas [2].

# Alcance

El proyecto tiene un alcance exploratorio, ya que se pretende brindar a las PYMES una herramienta genérica con información relevante en desempeño energético. Además, este alcance también se muestra en el breve análisis financiero referente a los beneficios derivados y costos asociados a la implementación y operación de la herramienta con respecto al MINAE, ya que es necesario considerar que la herramienta será para uso de las pequeñas empresas, no obstante, es brindada a través de esta entidad.

Además, se tiene un alcance correlacional, de acuerdo con las normativas y reglamentación costarricense y conocimiento en industrias PYMES de otros países, ya que desarrolla aspectos técnicos y legales enfocados en el consumo energético inteligente y, por ende, también un alcance explicativo, debido a la definición de una estructura financiera referente a las PYMES y la validación del modelo piloto de la herramienta.

# Viabilidad

## Disponibilidad Tecnológica

La tecnología disponible para la ejecución del proyecto se enfoca principalmente en tecnología de la información (computadora) para realizar investigación, análisis y recopilación de datos.

## Disponibilidad de Recursos Financieros

No se cuentan con recursos financieros por parte de la Dirección de Cambio Climático para el desarrollo del proyecto; además, debido a que se pretende desarrollar una herramienta integral a disposición de las PYMES, con acceso desde el MINAE, y conscientes de los recursos ajustados que presenta el sector manufacturero seleccionado. El desarrollo de la herramienta no deberá requerir costos fuera de la disponibilidad tecnológica.

## Disponibilidad de Recursos Humanos

A través de la empresa se asigna un asesor profesional con conocimiento ingenieril relacionado al área del proyecto, además del profesor guía asignado por el coordinador de Trabajos Finales de Graduación para supervisión del proyecto, quien contribuye con información y retroalimentación a lo largo del proceso.

## Disponibilidad de Materiales

Datos energéticos y de procesos, además de estudios de gestión energética en PYMES desde una perspectiva de mantenimiento y fuentes bibliográficas, se estudian distintas estrategias enfocadas en eficiencia energética desde la aplicación de normativas que impulsan la competitividad de las empresas.

# Administración del riesgo

## Recurso humano

La principal limitante que se podría presentar sería la obtención de datos energéticos para el análisis de las PYMES, esto debido a que las empresas pequeñas no cuentan con ningún compromiso con el MINAE por lo que su participación es completamente voluntaria y podrían abstenerse al suponer que la herramienta implica una limitante en lugar de un beneficio; es necesario resaltar que el sector alimentos es el mayor consumidor de energía de la industria manufacturera [19] y la gestión energética contribuye a alinearse con las metas energéticas y ambientales del país además de abrirse paso en el sector sostenible y mejorar su competitividad y contar con un consumo inteligente de los recursos energéticos [3].

Aunque existe información de gestión energética en PYMES (Pequeñas empresas) en distintos países, no se cuenta con una amplia base de información sobre el caso de las PYMES a nivel nacional, ya que los datos proporcionados para el sector industrial no indica la clasificación de la empresa perteneciente o no a las PYMES, lo que se indica son datos de los estudios por industria más generalizada de acuerdo con estudios del ICE [5] y MINAE [19], lo que no se permite concluir la ausencia de herramientas con enfoque de ahorro energético en dicha sección de la industria; no obstante, limita la profundidad del análisis por ser empresas no agremiadas y con recursos condicionados, por lo que se planea abarcar a los sectores manufactureros de las PYMES más significativos en cuanto a consumo energético como es el caso de la producción de alimentos.

Adicionalmente, otra limitante es el tiempo necesario para recopilar datos directamente de las empresas, ya que se requiere de la participación para obtener información relevante a la validación de la herramienta, esto porque existe la posibilidad de que ciertas empresas decidan no participar en el tiempo requerido, lo cual podría afectar el desarrollo del proyecto, de ahí la importancia de contar con una lista amplia de empresas PYMES, de modo que,

incluso si algunas no participan, se logre recopilar una cantidad significativa de datos que permita cumplir con los objetivos del proyecto.

## Recurso financiero

No se cuenta con un rubro de recursos económicos de manera que, si se requiere realizar un gasto para cumplir con los objetivos, este correrá por parte del estudiante o, en caso de ser significativa, discutir soluciones con la empresa en caso de que cuenten con disponibilidad de materiales necesarios.

## Confidencialidad

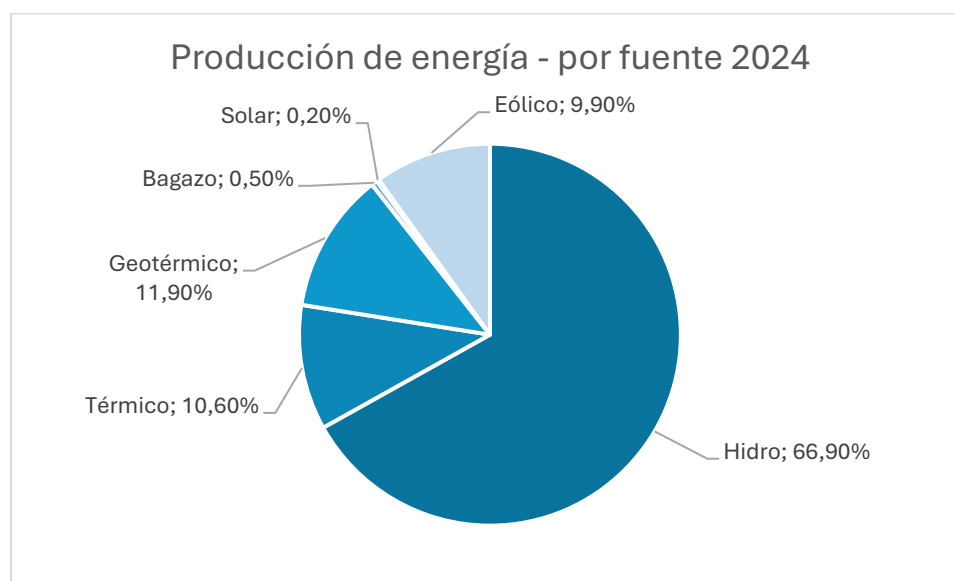
El trabajo será de naturaleza pública, ya que se pretende generar una herramienta disponible para las empresas y proyectos que tengan como objetivos estrategias de ahorro energético y descarbonización de procesos; no obstante, los datos proporcionados por parte de las empresas en la evaluación del proyecto y los nombres serán tratados de manera privada.

# Marco teórico

## Situación energética Costa Rica

Actualmente se cuenta con una cobertura eléctrica nacional de un 99,4 %, según los datos de 2022 [20], además se satisface la mayoría del consumo energético a partir de energías renovables y a través de diferentes empresas eléctricas y cooperativas para abarcar las diferentes zonas del país [21].

Para el 2024, el país se abasteció en energías renovables en un 89,4 %, lo que implica una reducción de 9,86 % en comparación con los datos de 2022 donde se muestra un aumento de producción energética térmica para satisfacer la demanda del país [5] [21].

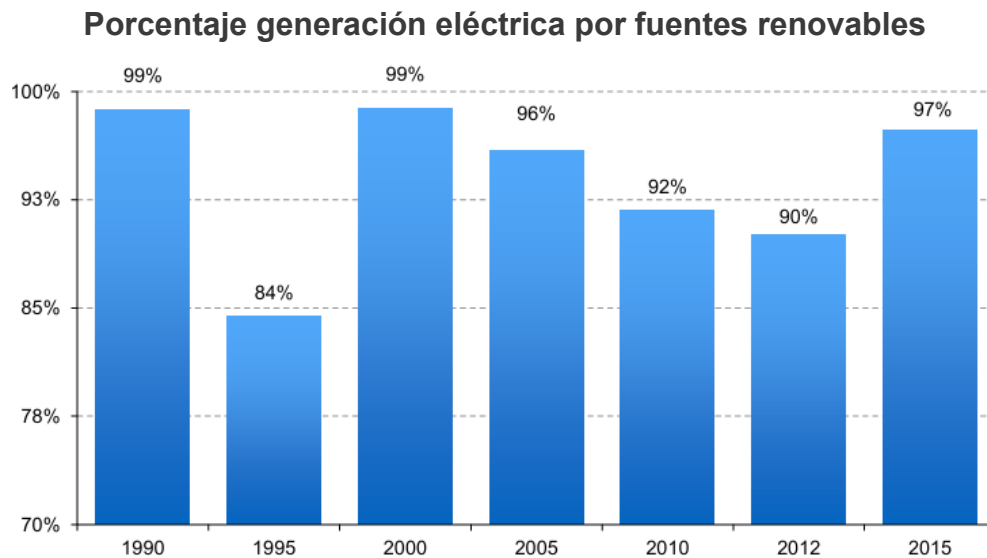


*Figura 2. Producción de energía 2024.*

*Fuente: Adaptado de ICE, 2024.*

La matriz eléctrica nacional, aunque está conformada mayormente por fuentes renovables, el porcentaje de producción puede variar por causa de diferentes factores, como eventos climatológicos y efectos del cambio climático, debido a la dependencia al recurso hídrico lo que podría ocasionar la necesidad de producir a partir de fuentes no renovables; por ello, a lo largo de los años, puede verse una variación en la generación eléctrica (*Figura 3*) [19]. No

obstante, se ha declarado, en el Estado de la Nación, que el país está perdiendo sostenibilidad debido a los riesgos climáticos incrementando la inseguridad de la infraestructura [22].



*Figura 3. Producción energética por año.*

*Fuente: MINAE, 2017.*

La alta dependencia de las condiciones climatológicas se refleja en la insuficiencia de las fuentes renovables ante las variaciones del clima, por lo que país aún requiere de las fuentes no renovables, como hidrocarburos, para cumplir con la demanda energética, aunque aumente la emisión de gases de efecto invernadero [22].

## Uso de la energía en Costa Rica

La matriz eléctrica nacional ha sido estudiada no solo en el lado de producción, sino también en el consumo final de la energía, donde se han identificado los distintos usos como transporte, industria, residencial, agropecuario, terciario y otros, mostrados en la *Figura 4*.

En primera posición, se encuentra el sector transporte, el cual presenta un crecimiento de consumo energético desmedido, lo que se vuelve preocupante debido al uso de combustibles fósiles y con esto se genera un aumento de emisiones de efecto invernadero [22]; no obstante, este va seguido por el sector industria, el cual muestra mayor regularidad en el aumento de consumo energético; asimismo, este sector no reduce el consumo, como se observa el caso del sector residencial [19].

## CONSUMO ANUAL POR SECTOR

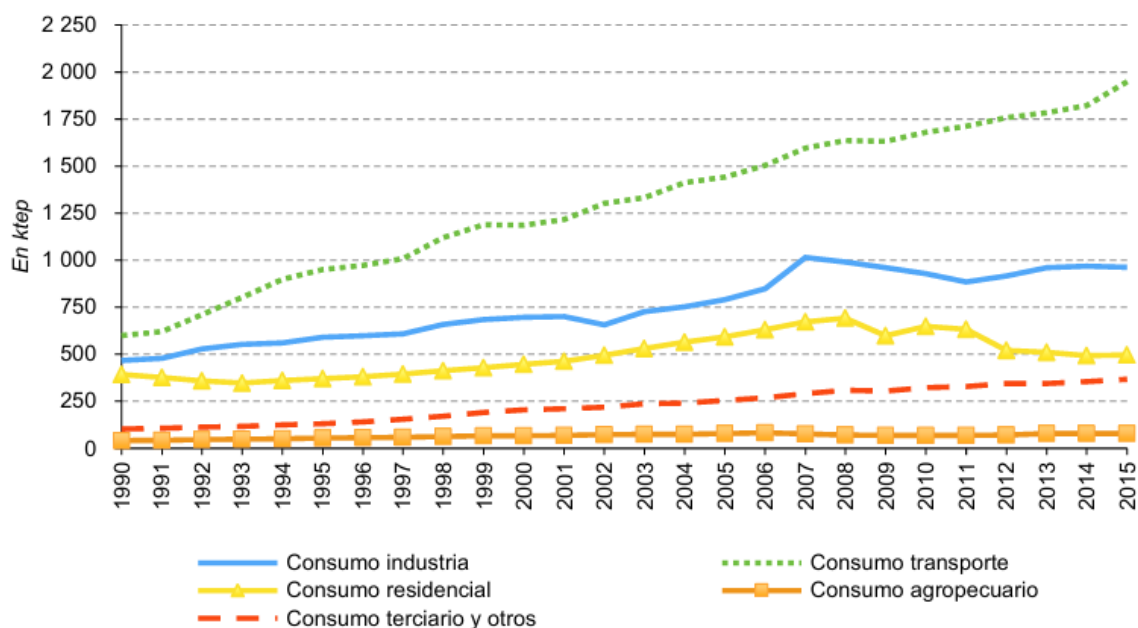


Figura 4. Consumo final de energía por sector.

Fuente: MINAE, 2017.

## Situación actual PYMES

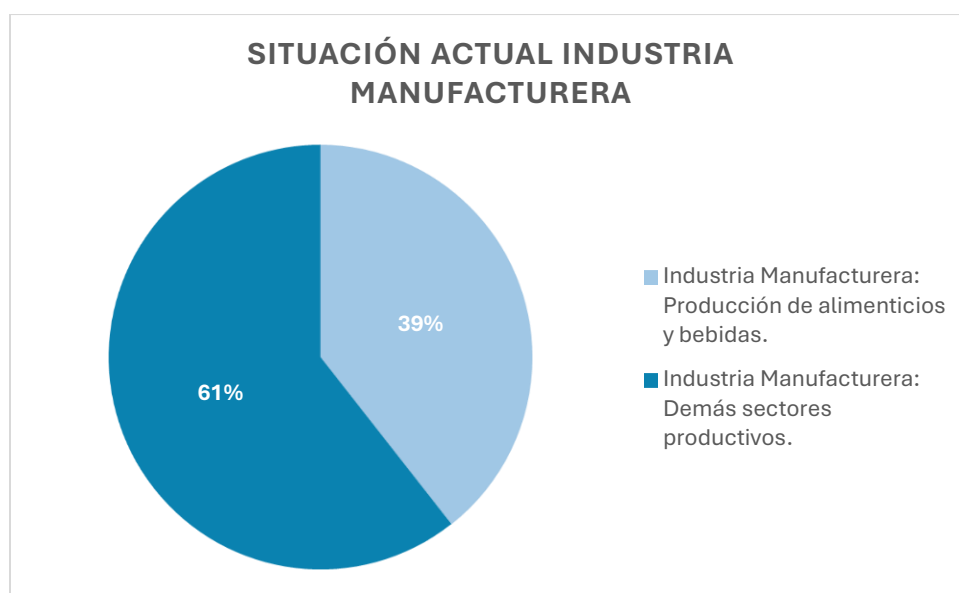
A lo largo de los años, Costa Rica se ha propuesto metas ambientales y descarbonización económica como parte de su compromiso con el Acuerdo de París, a partir de las NDC, para esto se proponen ejes de descarbonización, donde se incluye la energía y los procesos industriales como sectores vitales en camino a la eficiencia energética [13].

Las estrategias del país se materializan en un marco normativo compuesto por leyes, reglamentos y directrices diseñadas para orientar a las empresas hacia una producción más eficiente en el uso de la energía, como es el caso de la Ley N° 7447 de Regulación del Uso Racional de la Energía. Dicha ley indica que las empresas privadas con un consumo energético anual mayor a 240 kWh, 360 000 L de combustible derivado del petróleo o un consumo equivalente a 12 TJ estarán obligadas a establecer programas del uso racional de la energía [23]. De acuerdo con lo estipulado, las empresas con un consumo menor al mencionado no están obligadas a acatar dicha ley; no obstante, su guía puede ser utilizada como referencia, dado que la industria manufacturera del sector alimenticio cuenta con un

papel importante debido a que esta representa el 39 % de la industria manufactura PYME del país [24].

Gracias a la *Figura 5* y la *Figura 6*, se observa una aproximación en los datos, donde se refleja que el sector manufactura de alimentos y bebidas es la rama con mayor presencia en la industria, a pesar de la diferencia de una década.

De acuerdo con la lista de PYMES activas para enero, publicada por el MEIC, se tiene un registro total de 25 680 empresas, de las cuales solamente 2559 corresponden a Industria Manufacturera, lo cual corresponde a un 10 % de las PYMES registradas; de dicho sector, el 39 % pertenece al sector alimenticio según un análisis de los datos publicados (*Figura 5*), por lo que el sector seleccionado representa un 4 % de toda las PYMES registradas como activas en el país.



*Figura 5. Porcentaje de sector alimenticio y bebidas ante la totalidad de la industria manufacturera.*

*Fuente: Elaboración propia con base en la información de las PYMES Activas.*

## COMPOSICIÓN DEL SUBSECTOR DE MANUFACTURA

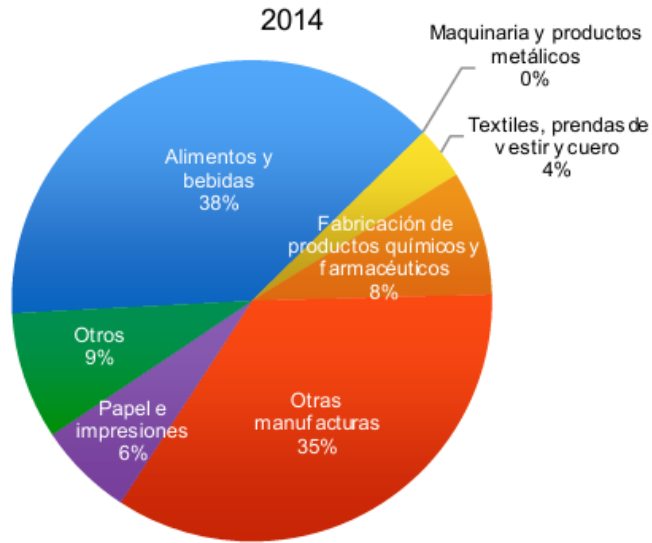


Figura 6. Realidad de industria manufacturera 2014.

Fuente: MINAE, 2017.

## CONSUMO ENERGÉTICO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA POR RAMAS

(En ktep/millones de colones de 2012)

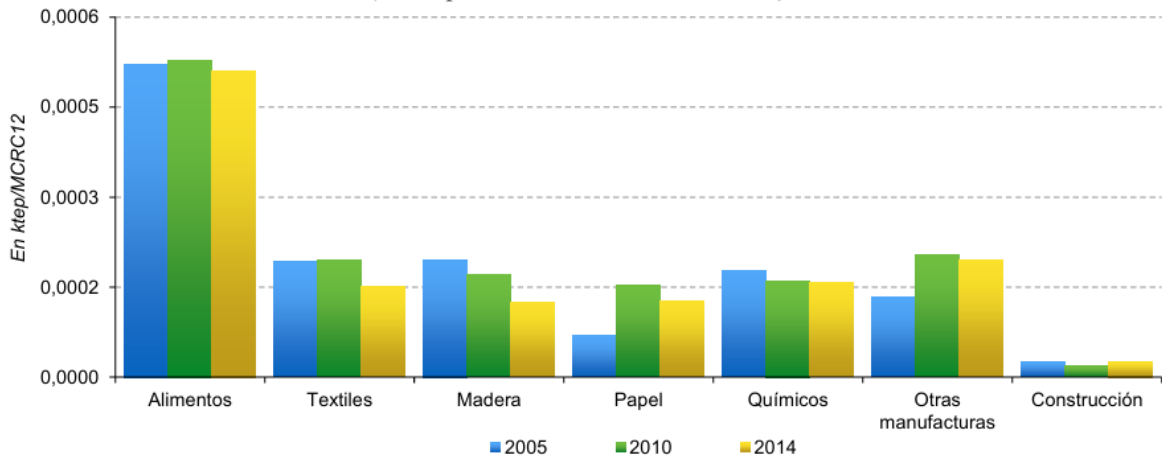
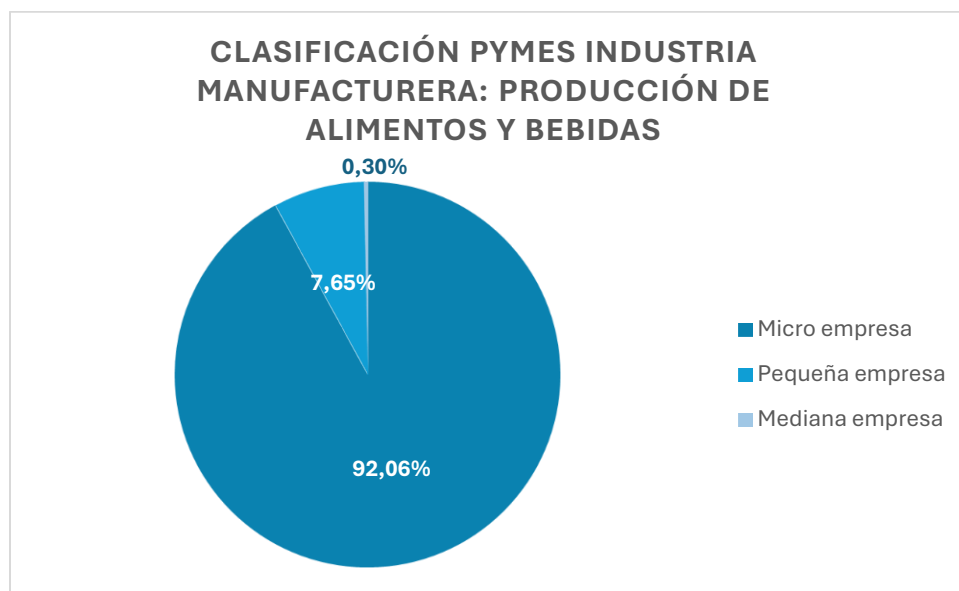


Figura 7. Intensidad energética final por rama.

Fuente: MINAE, 2017.

De acuerdo con la *Figura 5* y la *Figura 7*, el sector alimentos se muestra como el mayor consumidor energético, por lo que su reducida presencia en la industria resalta el hecho de que sus procesos son dependientes de un alto consumo de energía, aquí se relacionan diferentes factores, tales como los equipos, jornadas, procesos y demás [3].

La *Figura 8* muestra que el sector alimenticio está mayormente conformado con microempresas, con una participación del 92.06 %, seguidas por las pequeñas empresas, con un 7.65 %, y la mediana empresa, con un 0.3 %, con estos datos queda evidenciada la diferencia entre micro y pequeña empresa, donde la presencialidad de las microempresas en el país es más notoria, aunque se encuentra mayormente limitada de recursos, ya que de acuerdo con [25], cerca de un 40 % de las PYMES ubicadas en la zona pacífico central del país se encuentran en economías de subsistencia.



*Figura 8. Composición PYMES del sector alimenticio en la industria manufacturera.*

*Fuente: Elaboración propia con base en la información de las PYMES Activas.*

## Energía

La energía se define como la habilidad para hacer un trabajo [26], la cual se puede obtener a través de la electricidad, combustibles, calor y demás fuentes, esta energía puede ser tratada, almacenada y utilizada, además de que se produce por medio de fuentes renovables y no renovables para así tener un consumo final en equipos y procesos [6] [21].

En la actualidad, el acceso a energías limpias ha contribuido a un mayor desarrollo humano en diferentes partes del mundo incluyendo a América Latina, el cual analiza factores como la calidad de vida que está relacionado con el acceso a energía y la salud relacionada con las energías limpias, donde Costa Rica presenta un Índice de Desarrollo Humano de 0.833 para el 2023 clasificado como “muy alto” según las Naciones Unidas [27] [28].

## Gestión energética

Proceso aplicado con el fin de utilizar eficientemente los recursos energéticos, gracias a la reducción de pérdidas, costos y consumo, en este proceso la documentación es de vital importancia para investigación y análisis de problemas [29].

Como parte del proceso, idealmente se monitorea el consumo energético, por lo que a partir de las mediciones energéticas se recopila información para identificar y mantener el consumo energético en óptimas condiciones [30]. A partir de la información analizada, se establecen metas y objetivos que permiten establecer políticas energéticas y objetivos dentro del alcance de las empresas [6].

## Política energética

Para la aplicación de políticas energéticas a nivel interno-empresarial, se requiere de la implementación de Sistemas de Gestión Energética que se componen de diversos factores, entre ellos, las políticas energéticas en las empresas con el objetivo de establecer a corto y largo plazo, medidas y acciones de gestión energética, partiendo de la identificación de la necesidad de crear políticas dirigidas a la energía, contemplando la información energética con la que cuenta la organización y, así, implementar y monitorear el compromiso relacionado con el desempeño energético establecido por el equipo de gestión energética en las políticas para realizar los ajustes de la manera que mejor se alinee con la empresa [6] [31].

Las políticas energéticas pueden ser establecidas tanto en las empresas como en las entidades gubernamentales, como el caso de la Ley N° 7447 de Regulación del Uso Racional de la Energía dirigida a las empresas de alto consumo energético [23]; no obstante, diferentes

países, como Singapur, han establecido políticas en las cuales se enfatiza en el sector industrial, no solo dirigido a grandes empresas donde establecen los objetivos y también herramientas que apoyen a las empresas a alcanzar las metas indicadas por el gobierno [32].

Diferentes autores han establecido estructuras para la creación de políticas; no obstante, ISO menciona que estas deben de expresar el compromiso de la empresa con metas y compromisos relacionados con el desempeño energético de cada empresa enfatizando en la mejora continua [6].

## Desempeño energético

El desempeño energético se conoce como la relación de los resultados del uso de la energía, consumo de la energía y eficiencia energética, el cual permanece en mejora continua a partir de la implementación de sistemas de gestión energética, con el fin de identificar oportunidades de mejora a través de la revisión energética [6].

En diferentes escritos se ha estudiado la gestión energética como factor clave para el desempeño energético, en ellos se resalta la necesidad de enfocar la medición del desempeño energético como proyectos estratégicos para una menor restricción financiera en la implementación de prácticas dirigidas a la eficiencia energética [33].

## Reglamentos, normativas y políticas

El Acuerdo de París, como estrategia a nivel global de impacto ambiental, busca que los diferentes países firmantes implementen estrategias como reglamentos, leyes, políticas y demás mecanismos existentes para promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, con el propósito que llegar a una economía descarbonizada [1].

Las estrategias pueden variar según el alcance de un país a otro, estas dependen de diferentes variables, principalmente, enfocadas en los países desarrollados con una mayor emisión de gases efecto invernadero [1]. No obstante, en Costa Rica se ha buscado la implementación de estrategias más enfocadas en los altos consumidores [23], dejando de lado a las PYMES, las cuales cuentan con escasas herramientas para mejora en eficiencia y reducida información

para la implementación de estrategias, las cuales les permita alinearse con las estrategias ambientales implementadas por el país, aunque existen entidades como el INA y MEIC que intentan contribuir a las PYMES hacia un desarrollo sostenibles, las estrategias son insuficientes [34].

Alrededor del mundo, los diferentes países han aplicado estrategias para tener un alcance mayor, las cuales no solo incluyen a las grandes empresas en las políticas energéticas, sino que las PYMES también; gracias a esto, se ha demostrado que conocer la realidad de las PYMES, generar acuerdos para crear políticas y visibilizar apoyos económicos, son estrategias que permiten generar políticas con mayor aceptación por parte de la industria [35].

## INTE/ISO 50001:2018

En Costa Rica se cuenta con el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), el cual se encarga de la normalización nacional para brindar competitividad al mercado costarricense, como la norma INTE/ISO 50001:2018.

Esta norma permite implementar estrategias relacionadas con la mejora continua del desempeño energético, ya que establece los requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión Energética (SGEn) independientemente del tipo o tamaño de la organización; con ello se impulsa una cultura de energía eficiente. La norma enfocada en la mejora continua se basa en el ciclo PHVA [6]:

**Planificar:** Preparación de la empresa para la implementación de un SGEn a través de la información, cumplimiento de políticas, establecimiento del contexto de la empresa y el equipo de gestión, el cual se encarga de establecer el alcance y las limitaciones que presenta la empresa para crear políticas realistas de acuerdo con las necesidades de la empresa.

**Hacer:** Implementación de acciones establecidas en las políticas energéticas para la mejora del desempeño energético.

**Verificar:** Monitoreo y seguimiento de las acciones aplicadas de acuerdo con lo establecido en las políticas del SGEn.

Actuar: A través de los resultados, actuar sobre las no conformidades de las estrategias implementadas y mejorar continuamente el SGEN y así el desempeño energético de la empresa.

La implementación de un SGEN, según lo establecido por la norma, trae consigo una mayor conciencia del uso y consumo de la energía, lo cual conlleva estrategias inteligentes de consumo y uso mejorando la competitividad de la empresa mejorando procesos y reduciendo costos de energía [36].

## Cambio climático

De acuerdo con el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, el cambio climático se define como variaciones identificadas según el estado de valor medio y/o propiedades del clima, el cual puede permanecer por largos periodos temporales debido a procesos internos o externos, estos según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, los diferencia como variabilidad por causas ambientales y actividad humana [37].

La emisión de gases de efecto invernadero ha afectado gravemente el ambiente, esto ha ocasionado el cambio climático, el cual se ve reflejado principalmente en el aumento de temperatura ocasionado por diferentes factores relacionados tanto en la generación como en el consumo final de la energía; regiones de Asia y el Pacífico presentan una mayor emisión en comparación a otras zonas del mundo [38].

Debido al cambio climático surge el Acuerdo de París, que abre paso al Plan Nacional de Descarbonización y NDC, que buscan llevar al país a una economía descarbonizada mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero donde el sector industrial cuenta con un papel vital, ya que se presenta como el segundo consumidor energético después de transportes, con potencial de mejora en la reducción de consumo energético, lo cual contribuiría directamente en la reducción de emisiones [1] [2] [15].

# Metodología

Tabla 2: Metodología empleada en el desarrollo del proyecto

<b>Objetivo específico planteado</b>	<b>Actividad por realizar</b>	<b>Fuente de información</b>	<b>Análisis de datos con criterios estadísticos</b>	<b>Resultados esperados (Indicador de logro)</b>
Identificar los lineamientos legales y técnicos aplicables al sector industrial alimenticio PYME en el contexto nacional, con base en la norma ISO 50001, que establezca los requisitos iniciales necesarios en la medición del desempeño energético.	Identificar los aspectos legales y técnicos relevantes a la medición de desempeño energético.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manuales</li> <li>- Bases de datos.</li> <li>- Normativas (ISO 50001, NFPA 70)</li> <li>- Reglamentos (Decreto RTRC 458:2011)</li> </ul>	--	Informe de aspectos legales y técnicos para la medición del desempeño energético.
Diseñar una metodología práctica y accesible para la medición y análisis del desempeño energético de los procesos productivos de las PYMES del sector alimenticio, incorporando herramientas digitales y parámetros clave para su implementación.	Metodología para medición de desempeño energético y análisis de datos a través de herramientas programables.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manuales</li> <li>- Bases de datos.</li> <li>- Normativas (ISO 50000)</li> <li>- Benchmarking</li> </ul>	---	Diseño metodológico para medición y análisis de desempeño energético.

<p>Definir la estructura financiera requerida para la implementación y operación de la herramienta de gestión energética, considerando costos asociados, fuentes de financiamiento y beneficios económicos derivados de la mejora en la eficiencia energética.</p>	<p>Identificar los aspectos financieros necesarios de las estrategias que se desean analizar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Leyes</li> <li>- Información de bancos</li> <li>- Benchmarking</li> <li>- Información de entidades capacitadas en recursos energéticos</li> <li>- Informes nacionales</li> </ul>	<p>Análisis a beneficio derivado a partir del precio social del carbono con una reducción de emisión de 10 % en el sector alimentos PYME.</p>	<p>Informe de estructura financiera aplicable a la implementación y operación de la herramienta tanto en PYMES como MINAE.</p>
<p>Desarrollar un modelo piloto de la herramienta de gestión energética que valide su aplicabilidad en PYMES del sector alimenticio, incorporando un análisis de casos reales y retroalimentación de los usuarios para su optimización.</p>	<p>Metodología de recopilación de datos a través de entrevistas, encuestas, revisión de información, entre otras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Encuestas retroalimentativas.</li> <li>- Herramienta aplicada en empresas pertenecientes al sector seleccionado.</li> </ul>	<p>Porcentajes de validación de la herramienta, información de retroalimentación y datos energéticos proporcionados por las empresas.</p>	<p>Análisis, información y diagramas, gráficos y datos porcentuales de aplicabilidad de la herramienta.</p>

# Análisis de resultados

## Objetivo 1

Las PYMES operan con estructuras ajustadas y recursos optimizados, lo que implica que sus estrategias de eficiencia energética deben adaptarse a sus capacidades y disponibilidad; por esto, no están reguladas de la misma manera que las grandes empresas y los requisitos legales y técnicos son menos exigentes en cuanto a la medición de desempeño energético, no obstante, existen aspectos importantes por seguir, con el propósito de cumplir con dichos requisitos, para así dar inicio a un sistema de gestión energético.

Este porcentaje representativo del sector manufacturero tiene potencial para aplicar buenas prácticas de eficiencia energética en sus procesos de producción, reduciendo así su impacto ambiental y costos de facturación energética. Para lograrlo, es necesario cumplir con lineamientos iniciales que permitan la medición del desempeño energético, a partir de los reglamentos y normativas, por lo que es necesario que tengan presente las siguientes disposiciones:

- Reglamento de oficialización del código eléctrico de CR para la seguridad de la vida y de la propiedad (Decreto RTCR 458:2011)
- INTE/ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso”
- NFPA 70: Código Eléctrico Nacional (NEC)

Para la aplicación de sistemas de gestión de energía (SGEn) adecuados en Costa Rica, es necesario utilizar la norma para dicho fin, establecida por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), esta corresponde a la norma INTE/ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso” por lo que también se vuelve un requisito para cumplir con los lineamientos normativos [6].

De acuerdo con la norma ISO 50001, la medición del desempeño energético depende del uso de la energía, consumo de la energía y eficiencia energética, por lo que es necesario conocer

como está presente cada una de estas en la empresa y conocer los lineamientos iniciales para la medición del desempeño.

***Lineamientos iniciales para la medición de desempeño energético:***

Reglamento de oficialización del código eléctrico de CR para la seguridad de la vida y de la propiedad (Decreto RTCR 458:2011)

Como punto de partida para la medición de desempeño energético, es importante la verificación de que la instalación cumpla con lo establecido por el Código Eléctrico Nacional, según lo indica el Decreto RTCR 458:2011, con el fin de garantizar la seguridad de la edificación y las personas. Es necesario que la inspección de la instalación eléctrica sea realizada por un Profesional Responsable (PR) o Unidad de Verificación de Instalación Eléctrica (UVIE), para asegurar que la instalación eléctrica y conexión de equipos sea adecuada, de acuerdo con lo que indica el NEC, esto aplica para las empresas pequeñas con las siguientes descripciones de actividad:

Tabla 3: Tipo de verificación de acuerdo con la descripción de la PYME.

CIUU	Descripción de la actividad de la empresa pequeña	Entidad responsable de verificación
1040	Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal (de origen animal es del MAG).	PR
1061	Elaboración de productos de molinería (cereales, arroz, legumbres, harinas, etc).	UVIE
1062	Elaboración de almidones y productos derivados del almidón.	PR
1072	Elaboración de azúcar (incluye ingenios).	UVIE
1101	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas.	UVIE/PR(1)

Fuente: Anexo F. (RTCR 458:2011)

Es trascendental considerar que las empresas pequeñas son clasificadas de acuerdo con los siguientes criterios indicados por el Reglamento de Ley N°8262:

$$\text{Pequeñas empresas} = 35 < P \leq 100$$

Con:

$$P = [(0,6 \times pe/30) + (0,3 \times van/1.210.000.000) + (0,1 \times afe/760.000.000)] \times 100$$

Donde:

P: Puntaje obtenido por la empresa.

pe: Personal promedio empleado por la empresa durante el último período fiscal.

van: Valor de las ventas anuales netas de la empresa en el último período fiscal.

afe: Valor de los activos fijos netos de la empresa en el último período fiscal.

En el caso de las empresas que en su descripción de actividad no está en la lista indicada por el decreto, estas no están obligadas a realizar la verificación, no obstante, pueden realizarla con un PR que cumpla, como mínimo, con lo establecido en el anexo C (Guía de aspectos a evaluar para la verificación de las instalaciones eléctricas) del Decreto RTCR 458:2011, ya que una conexión segura permite la aplicación de un sistema de gestión energético adecuado.

Tabla 4: Resumen de requisitos en apartado 1.

---

Reglamento de oficialización del código eléctrico de CR para la seguridad de la vida y de la propiedad (Decreto RTCR 458:2011)

---

1. Cumplimiento con verificación de instalación eléctrica del Decreto RTCR 458:2011 para las PYMES pequeñas que se encuentran en la lista del Anexo F mencionadas en la Tabla 1 de este apartado.
-

## INTE/ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso”

Posterior a la verificación de las instalaciones eléctricas se puede proceder con lo establecido por la norma INTE/ISO 50001:2018 para la implementación de un sistema de gestión energética.

Esta norma es la base para la eficiencia energética a través de la medición del desempeño energético que relaciona el uso de energía, consumo de energía y eficiencia energética, es decir, es importante que las empresas tengan conciencia de los usos que le dan a la energía (iluminación, aire acondicionado, motores, etc.) y a la cantidad de energía consumida, para así determinar oportunidades de mejora que permitan consumir la energía de manera responsable, con el compromiso de una mejora continua demostrada por la información documentada de las estrategias aplicadas.

Para esto, se indica una serie de lineamientos aplicables a la industria, utilizando el ciclo Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), lo que permite establecer las bases para que las empresas puedan implementar estrategias energéticas eficientes de acuerdo con las necesidades de cada organización.

Dicha norma indica los lineamientos iniciales para la implementación de un sistema de gestión energética a través del ciclo PHVA, como se observa en la *Figura 8*, esto permite un proceso de gestión energética de mejora continua, donde, a lo largo de este capítulo, se enfatizará en la sección de planificar, ya que permite el establecimiento de las bases para la implementación del SGen [6].



Figura 9. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

Fuente: INTE/ISO 50001:2018.

De acuerdo con la norma ISO 50001, la medición de desempeño energético está relacionada con el uso de la energía, consumo de la energía y eficiencia energética; sin embargo, es necesario cumplir con requisitos iniciales a partir de la norma:

#### *Aspectos legales*

Este hace referencia a la legislación aplicable relacionada con la empresa y el desempeño energético, es decir, cumplimiento de los aspectos legales relacionados con la energía, tales como el uso, consumo y eficiencia energética. En el caso de las empresas mencionadas en la Tabla 1, deben de cumplir con la verificación para la renovación del permiso sanitario de funcionamiento. De igual manera, en caso de que la descripción de la empresa aplique para otra serie de requisitos relacionados a la energía, es necesario su cumplimiento.

### *Disponibilidad de información*

La información relacionada con el uso de la energía, consumo de la energía y eficiencia de la energía, ya sea de origen externo como reglamentos, leyes, normativas, e internos como procesos, recursos e incluso registros de facturación eléctrica, entre otros datos de medición energética, si es que aplica; está altamente relacionado con el contexto de la empresa.

A partir de lo anterior, es posible proceder al paso de *Planificación* en el SGE<sub>n</sub>, donde es necesario establecer un equipo de gestión de la energía, políticas energéticas y el contexto de la empresa.

### *Equipo de gestión energética*

El equipo de gestión energética debe estar conformado por un grupo de personas de los diferentes departamentos de la empresa, ya que los proyectos de gestión energética requieren de conocimientos, recursos y planeación para que este sea un beneficio y no un obstáculo en los procesos de la compañía. De esta manera es importante considerar los siguientes departamentos [29]:

- Ingeniería: El conocimiento de ingenieros y técnicos en cuanto a los procesos productivos de la empresa permite saber la aplicabilidad de la gestión en las instalaciones y equipos.
- Finanzas: El departamento de finanzas y contabilidad permite conocer los recursos económicos que se encuentran disponibles para la aplicación del SGE<sub>n</sub>, lo cual facilita la delimitación de los proyectos a la realidad de la empresa.
- Proyectos: El departamento de proyectos, ya sea el encargado de la compañía o un equipo en específico, permite la planificación y organización de los procesos de gestión energética por realizar.

Estos departamentos son lo más significativos para la implementación de un SGE<sub>n</sub>; no obstante, puede seleccionarse personal adicional de otros departamentos para el equipo de gestión energética si se considera que su área afecta el uso de energía de la empresa [29].

### *Políticas energéticas*

La norma ISO 50001 indica que las políticas energéticas deben comprometerse con la disponibilidad de información y recursos para cumplir las metas y objetivos establecidos en el programa de gestión, sin dejar de lado los requerimientos legales necesarios para la aplicación del SGE<sub>n</sub>, gracias a ello se puede establecer las metas y objetivos que serán incluidas en las políticas es necesario responder las siguientes preguntas [6]:

- ¿Qué se hará?
- ¿Qué recursos serán necesarios?
- ¿Quién será responsable?
- ¿Cuándo se completará?
- ¿Cómo se evaluarán los resultados?

Con objetivos y metas establecidos, en [29] se establece que una política energética debe estar creada dentro de los límites de conocimiento y recursos de la organización, a partir de la siguiente estructura de dos partes:

Parte 1:

- Declaración del compromiso de la alta dirección con la empresa.
- Declaración de la política
- Objetivos en corto y largo plazo

Parte 2:

- Plan de acción con objetivos y responsabilidades asignadas
- Estructura del equipo de gestión energética con deberes y responsabilidades para cada miembro.
- Requerimiento de recursos
- Líneas de comunicación
- Revisión de procedimientos

### *Contexto de la empresa*

Las empresas deben de cumplir con los requisitos legales y demás relacionados con la eficiencia energética aplicados a su descripción de actividad; de igual manera, deben hacerlo con las cuestiones internas, tales como procesos y recursos, y externas, tales como contexto cultural y social, además de las regulaciones que afectan el SGEN [6] [39]. También debe haber disponibilidad de información a la organización en cuanto al cumplimiento de aspectos legales. Asimismo, debe determinar el alcance del sistema de gestión, de acuerdo con los límites y aplicabilidad, según se indica en la norma, y lo establecido por el equipo de gestión, así como mantenerlos como información documentada [39].

Es importante la documentación de la información para el cumplimiento legal y técnico como leyes, regulaciones, permisos y demás que sean significativos en el funcionamiento de la empresa, lo que permite un mejor seguimiento del SGEN [6] [39].

Tabla 5: Resumen de requisitos en apartado 2.

INTE/ISO 50001:2018 “Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso”	
Aspectos legales	Cumplimiento de requisitos legales relacionados con la energía, caso visto en el apartado 1, necesario para la renovación de permiso sanitario.
Disponibilidad de información	Información de origen interno y externo relevante para la implementación de un SGEN.
Equipo de gestión energética	Conformación del equipo de gestión energética con personal de diferentes departamentos de la empresa con el conocimiento y herramientas para la implementación de un SGEN.
Políticas energéticas	Establecimiento de metas y objetivos a partir de las preguntas indicadas y datos energéticos disponibles, de este modo es posible establecer las políticas de acuerdo con los pasos indicados en dos partes.

## NFPA 70: Código Nacional Eléctrico (NEC)

A través del NEC, también conocido como la norma NFPA 70, además de ser utilizada para la verificación de instalaciones eléctricas, se tiene especificado en el capítulo 2, parte IX: Instrumentos, medidores y relés, con énfasis en las medidas adecuadas de conexión, tanto de los equipos por utilizar, como de los tableros de circuitos. No obstante, en caso de realizar conexiones de circuitos específicos, como iluminación (Capítulo 4, sección 410), motores (Capítulo 4, sección 430), equipos de aire acondicionado (Capítulo 4, sección 440) y demás, es necesario tomar en cuenta también lo que se indica para la conexión según lo establezca el NEC [40].

Los equipos de medición por utilizar en la instalación no solo deben cumplir con lo indicado en la conexión, como lo establece el NEC, sino que, además, cada equipo debe de cumplir con normativa IEC mínima que verifique el equipo es seguro, preciso y apto para las mediciones que se pretenden realizar, para esto se tienen los siguientes estándares [41] [42] [43] [44]:

- IEC 62052-11: Equipo de medida de energía eléctrica – Requisitos generales, prueba y condiciones de prueba – Parte 11: Equipo de medición.
- IEC 62053-21: Equipo de medida de energía eléctrica – Requisitos particulares – Parte 21: Contadores estáticos (AC) de energía activa (clases 0.5, 1 y 2).
- IEC 62053-23: Equipo de medida de energía eléctrica – Requisitos particulares – Parte 23: Contadores estáticos de energía reactiva (clases 2 y 3).

Se debe de verificar en los manuales de los equipos de medición que se cumpla con normativa IEC en áreas como metrología, terminología e ingeniería eléctrica, según las necesidades de medición, ya que esto podría implicar mayor cumplimiento de estándares. De igual manera, verificar que cumplan con los estándares ambientales y de seguridad como lo son los estándares IEC 60068-2 y IEC 61010-1 respectivamente [9-12].

Tabla 6: Resumen de requisitos en apartado 3.

NFPA 70: Código Nacional Eléctrico (NEC)	
Requisitos para instalación de equipos analizadores	<p>Capítulos mínimos relevantes en instalaciones industriales, no obstante, es posible que otros capítulos o secciones del Código Eléctrico Nacional sean necesarios, dependiendo de la instalación eléctrica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capítulo 2, parte IX: Instrumentos, medidores y relés.</li> <li>• Capítulo 4, sección 410: Luminarias, portalámparas y lámparas.</li> <li>• Capítulo 4, sección 430: Motores, circuitos de motores y controladores.</li> <li>• Capítulo 4, sección 440: Equipos de aire acondicionado y refrigeración.</li> </ul>
Cumplimiento normativo de equipo analizador	<p>Normativa mínima para equipos de medición energética:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEC 62052-11</li> <li>• IEC 62053-21</li> <li>• IEC 62053-23</li> </ul> <p>Normativa mínima de seguridad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEC 60068-2</li> </ul> <p>Normativa mínima ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEC 61010-1</li> </ul>

## Objetivo 2

La metodología práctica pretende generar una guía con la cual las empresas PYMES del sector alimenticio, con una base de conocimiento técnico, puedan organizar los datos energéticos a los cuales tienen acceso a través de facturaciones o maneras con menor complejidad, resaltar la importancia de las mediciones de acuerdo con los equipos que utiliza las empresas para sus procesos de manufactura y analizar los datos generados por las mediciones.

De igual manera, se brinda una herramienta digital a través de Microsoft Excel, aplicación accesible a las empresas, que les permita organizar sus datos y analizarlos mensualmente, con el propósito de presentar un contexto energético general de la empresa, gracias a que se resaltan puntos de consumo significativo, con esto se podría buscar alternativas para la eficiencia energética y, en caso de tener la posibilidad de realizar una auditoría energética, presentar de manera organizada los datos necesarios para que se generen resultados más acertados, para evitar de este modo la necesidad de estimaciones.

La guía para la medición y análisis de desempeño energético se muestra en la sección de anexos donde se exponen los siguientes apartados [45]:

### Descripción de la empresa

Los datos generales de la empresa no solo buscan organizar la información ante el equipo de gestión energética, ya que para una auditoría de energía, es necesario el conocimiento de esta información, la cual se requiere para el análisis energético y presentación de un informe acorde con las características generales de la empresa, a partir de estos datos, los cuales idealmente deben mantenerse actualizados.

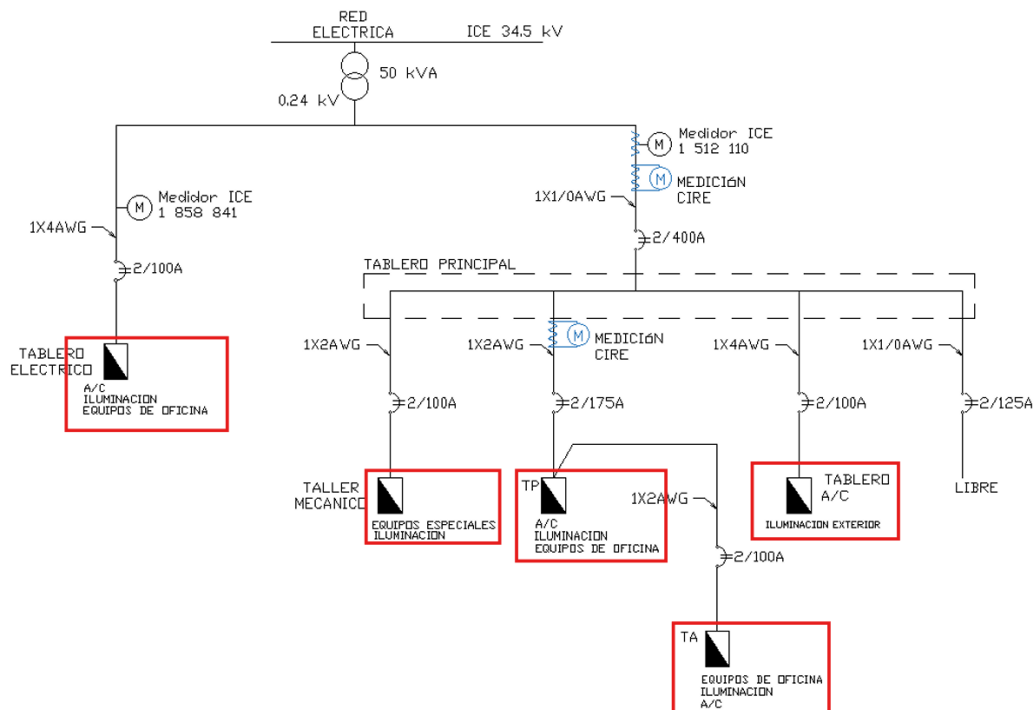
### Descripción del sistema eléctrico

La información del sistema eléctrico necesaria para esta sección tiene como propósito conocer la compañía que brinda el servicio eléctrico, ya que las tarifas varían entre las empresas eléctricas distribuidoras, además de la información de la acometida; esto es relevante tanto en la realización de mediciones como en la organización de la información,

la cual debe de ser accesible para el equipo de gestión de energía y para la aplicación de auditorías energéticas.

### Información de diagrama unifilar

Para la medición y análisis del desempeño energético de una empresa, es necesario el levantamiento de un diagrama unifilar, con el propósito de visualizar la instalación de la empresa e identificar las cargas y tableros, de manera que se pueda reconocer los puntos clave para las mediciones y mostrar puntos de conexión de los equipos analizadores a la red, como se muestra en la *Figura 10*.



*Figura 10. Diagrama unifilar edificio de oficinas.*

*Fuente: Informe Auditoría nivel 1 en MAG Liberia.*

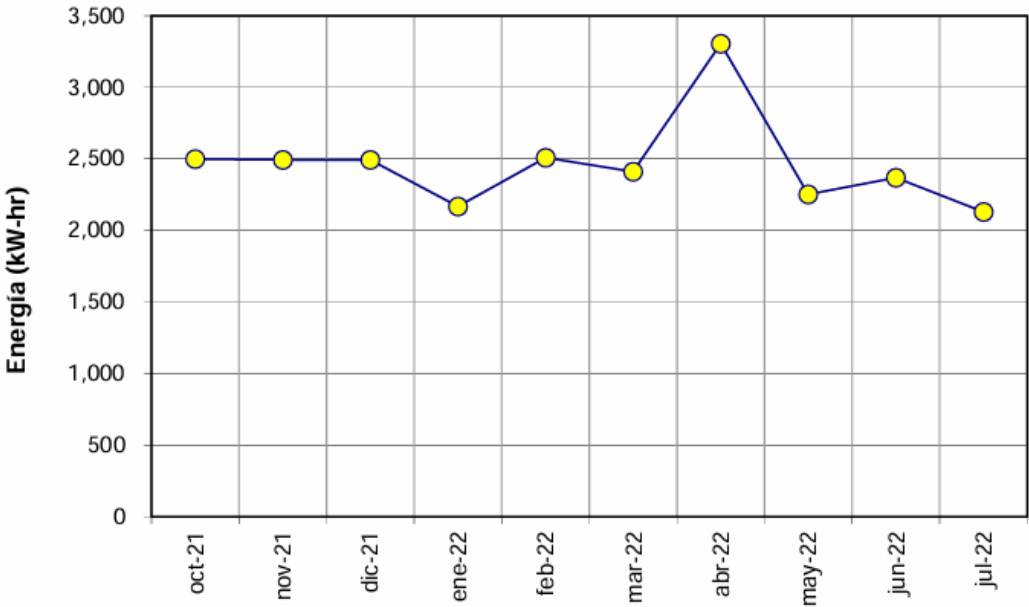
Esta sección no pretende explicar cómo realizar el levantamiento de un diagrama unifilar, pero sí comprender su importancia y obtener la información relevante a través de un listado tipo *marque con X*, para determinar los sistemas (Iluminación, A/C, motores, etc.) presentes en la empresa e identificar las cargas, así se facilita, como primer paso, el estudio de la instalación, en los casos que no exista diagrama unifilar.

### Información de energía consumida en la empresa

A través de este apartado se pretende identificar las distintas fuentes de energía con las que cuenta la empresa para realizar sus procesos de manufactura y, a través de la herramienta de Excel, analizar las fuentes más representativas de la empresa con el propósito de visibilizar la importancia de un consumo energético inteligente.

### Facturación energética mensual

Esta sección explica el análisis que las empresas pueden realizar con los datos básicos de medición energética (kWh y kW), los cuales son brindados a través de las facturas de electricidad, allí se puede visualizar el comportamiento del consumo energético mensualmente, a través de una gráfica Mes – Energía (*Figura 11*), a lo largo de un año, e identificar tendencias y analizar las variables como temporadas de mayor y menor producción, cambio o adquisición de equipos, comportamientos según estación climática (seca y lluviosa) y demás factores que puedan relacionarse con el consumo energético.



*Figura 11. Consumo de energía eléctrica facturada para un medidor.*

*Fuente: Informe Auditoría nivel 1 en MAG Liberia.*

## Mediciones energéticas

Esta sección resalta la importancia de las mediciones energéticas para identificar los sistemas con consumo significativo y su comportamiento energético, los cuales pueden ser puntos focales en aplicación de estrategias energéticas. No obstante, los equipos de medición dependen de los sistemas presentes en la empresa, por lo que se brinda una lista de equipos de medición con su respectiva definición y su contribución en la medición del desempeño energético [6].

La lista presenta los siguientes equipos de medición:

Tabla 7: Principales equipos para mediciones energéticas.

Equipo	Medición	Análisis
Caudalímetro	Fluido a través de una tubería en un periodo [46].	Pérdidas en caudal requiriendo más energía para transportar un fluido.
Analizador de redes eléctricas	Medición de parámetros eléctricos (kilowatt, kilowatt-hora, tensión y corriente) [47].	Comportamiento de equipos en un periodo establecido a través de línea base.
Cámara termográfica	Captura de imágenes termográficas [48].	Determinar problemas de aislamiento, fallas y pérdidas de energía.
Manómetro	Medición de presión de fluidos en tuberías [49].	Identificar pérdidas y fugas en equipos y ductos.
Analizadores de gases de combustión	Medición de parámetros de gases causados por combustibles [50].	Medir parámetros de combustión actuales para ajustes óptimos del equipo.
Luxómetro	Medición de nivel de iluminación [51].	Identificar el nivel de iluminación actual para ajuste a luminarias dentro de los niveles recomendados.

Además, se resalta la importancia de la existencia y revisión de las fichas técnicas de los equipos, donde se muestren las normativas relevantes para equipos de medición y, de igual manera, constatar que los dispositivos cumplen con normativa de precisión y calibración.

## Balance de energía

A través de esta se desarrollan dos apartados, el inventario de equipos y los usos significativos de energía, con el propósito de que les sea posible identificar los equipos y sistemas de la empresa que representan un consumo energético significativo.

El inventario de equipos clasifica por sistema cada equipo que consume energía en la empresa, reportando la cantidad de equipos iguales y su potencia respectiva, así se determina el consumo energético total del sistema y se reconoce su participación energética en el consumo total.

A partir del inventario, es posible reconocer los sistemas energéticos que forman parte de la empresa y, al mismo tiempo, reconocer los usos significativos de la empresa a través de su participación en el consumo energético, para determinar un orden prioritario de mayor a menor participación energética; así se identifica las zonas más relevantes para la aplicación de estrategias de gestión energética.



Figura 12. Balance de energía eléctrica por sistemas energéticos.

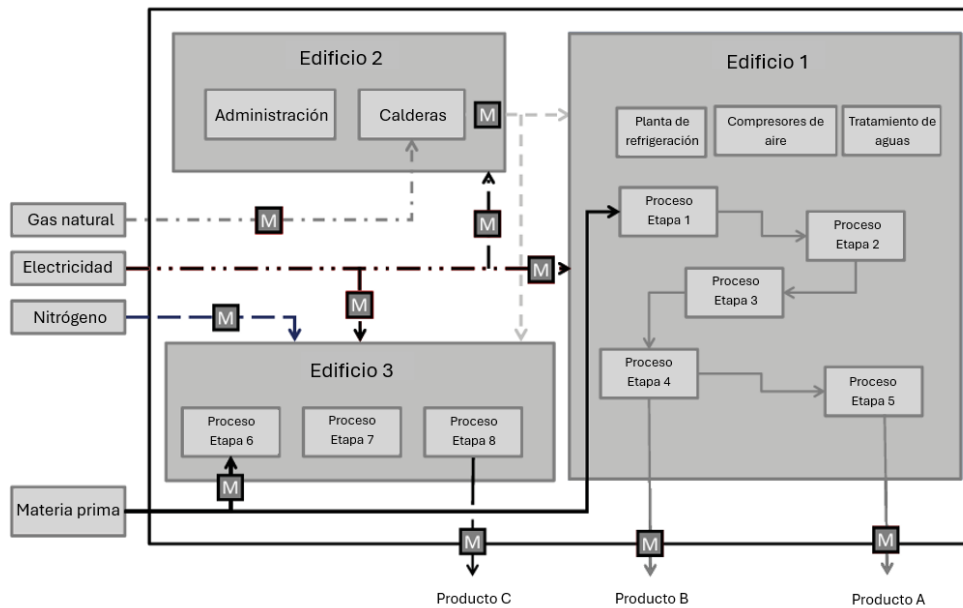
Fuente: Informe Auditoría nivel 1 en MAG Liberia.

## Métricas de desempeño energético

Las métricas establecen los parámetros clave de manera genérica para el área manufacturera de alimentos y realizar análisis de desempeño energético en la empresa a partir de tres apartados [52]:

### *Diagrama de procesos*

A partir de un ejemplo general se explica la necesidad de reconocer las fuentes de energía que utiliza la empresa en las áreas y procesos que conforman la empresa.



Nota:  
M Medición

*Figura 13. Diagrama de procesos ejemplificado.*

*Fuente: ISO 50006:2014.*

### *Indicadores de desempeño energéticos*

Se proponen cuatro indicadores genéricos de desempeño energético (edificio, producción, procesos y equipos) útiles para el análisis de consumo energético de la empresa y reconocer áreas y patrones significativos que permitan el seguimiento y estudio de mediciones en la empresa.

### Línea de base energética

Indica la importancia de hacer mediciones a procesos o equipos con consumo energético significativo en periodos establecidos, para que permita estudiar el comportamiento energético y analizar la efectividad antes y después de la aplicación de estrategias de gestión energética.

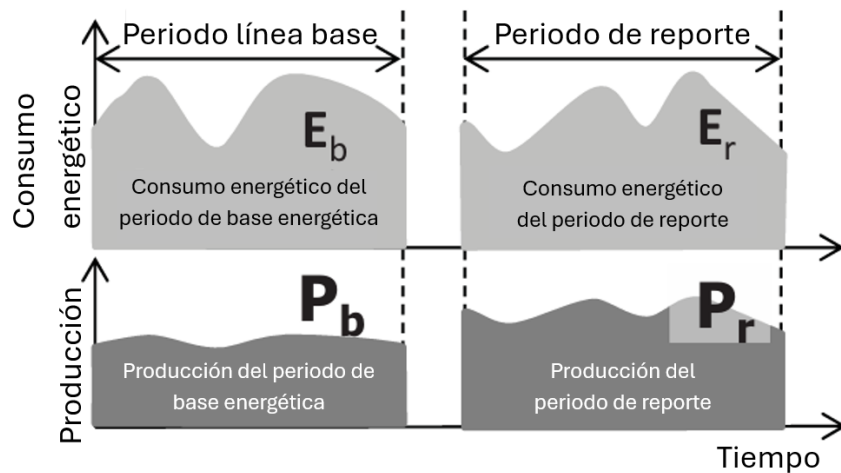


Figura 14. Comparación de periodo de línea base y periodo de reporte.

Fuente: ISO 50006:2014

### Oportunidades de ahorro y proyectos de inversión

Esta sección sale de los alcances del objetivo, no obstante, es importante reconocer que la herramienta es dirigida a las empresas pequeñas pertenecientes al sector manufacturero alimenticio en el país, de manera que agregar este apartado pretende generar interés en la aplicación de la herramienta en las empresas, resaltando que la implementación de estrategias varía en acciones de bajo (mantenimiento) o alto costo (actualización de tecnologías) y concienciación del personal hacia una cultura de consumo energético eficiente.

Tabla 8: Estrategias de ahorro e inversión.

Oportunidad de ahorro	Descripción
Mantenimiento	Enfatiza en mantenimiento preventivo de equipos comunes en la industria de alimentos [29] [53] [54] [55]

Actualización de equipos	Debido a la degradación de los equipos, se explica la importancia de la eficiencia energética en la producción a partir de nueva maquinaria [3].
Generar conciencia en el personal	La comunicación de metas y objetivos de la empresa en estrategias de gestión energética permite la participación del personal de la empresa contribuyendo positivamente en buenas prácticas energéticas [3].

### Herramienta complementaria de Excel *Calculadora energética*

A través de la herramienta *Hoja de cálculo* se configuró una serie de hojas, tablas y gráficas que contribuyan a las empresas a analizar los datos energéticos que tienen disponibles como facturación de electricidad, datos de consumo de fuentes energéticas, datos de consumo de equipos según sus especificaciones y análisis a través de los indicadores.

Se realizó a través de Microsoft Excel, con el fin de brindar facilidad a las empresas con una herramienta digital ya conocida, además de un video tutorial de apoyo para la *Calculadora energética*, que permita análisis de datos energéticos que faciliten identificar y analizar los usos significativos de la energía en la organización, con el fin de no solo contar con un registro de datos para futuros proyectos energéticos, sino también de identificar áreas de interés para la aplicación de estrategias de eficiencia energética de bajo costo como punto de partida en gestión energética.

Registro de facturación energética 2024									
Mes	Días	Energía			Demanda				
		kWh	Importe facturado (€)	Costo por kWh (€/kWh)	kW	Importe facturado (€)	Costo por kW (€/kW)		
Calculadora energética									
<i>Electricidad</i>									
Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (kW)	Horas de uso (h)	Días al mes	kWh	Participación del equipo en el sistema		
Calculadora energética									
<i>Motores</i>									
Equipo	Cantidad	Potencia de equipo (kW)	Potencia total (kW)	Porcentaje de participación (%)					
Indicadores de desempeño energético									
Meses	Consumo kWh/mes	Variables				IDEn			
		Colaboradores	Productos (kg o L)	Procesos (kg o L)	Equipos	Colaboradores (kWh/colab)	Productos (kWh/kg o L)	Procesos (kWh/kg o L)	Equipos (kWh/equipo)

Figura 15. Configuraciones de hojas de cálculo para medición y análisis de desempeño energético

Fuente: Elaboración propia

## Objetivo 3

### Costos asociados a la implementación y operación de la herramienta

La herramienta será brindada al Ministerio de Ambiente y Energía para que sea de utilidad a las PYMES del sector manufacturero alimenticio por lo que la estructura de costos asociados es dividida para ambas partes.

#### *PYMES*

La implementación de la herramienta está diseñada para ser adquirida e implementada con facilidad práctica y económica, no obstante, es importante mencionar costos asociados con una mejor implementación de la herramienta a la empresa, como los siguientes:

#### *Adquisición de equipos de medición*

Los equipos de medición mencionados en la “Guía de medición y análisis del desempeño energético” permiten el estudio energético de equipos y procesos específicos, además de ver su comportamiento de consumo de energía en un periodo determinado y obtener datos para su análisis y toma de decisiones.

Existen factores que participan en el costo de los equipos, estos pueden ser [57] [58] [59]:

- Marca
- Precisión
- Función
- Cumplimiento de normativa

Dentro de los factores mencionados, las empresas pueden encontrar otros factores de acuerdo con sus necesidades y debe analizar el orden de prioridad de cada factor antes de la adquisición del dispositivo.

#### *Calibración y mantenimiento de equipos*

Para mediciones precisas es necesario que los equipos se encuentren calibrados y verificados, ya sea que la empresa decida adquirir los dispositivos de medición, o bien, contratar una

consultoría o auditoría externa que realicen las mediciones energéticas; es necesario que se compruebe la calibración de los equipos a partir de normativa que respalde la calibración, realizar mantenimiento a los equipos de medición de acuerdo con las indicaciones del fabricante o calibrar los equipos a través de un laboratorio de calibración y precisión.

En caso de requerir un laboratorio de calibración, el Ente Costarricense de Acreditación cuenta con un [listado de Organismos de Evaluación de la Conformidad](#) con los diferentes laboratorios vigentes en el país donde se puede encontrar la ubicación y contactos de cada organismo.

### *Capacitación de personal*

El equipo de gestión requiere de conocimiento en gestión energética, ya que cuentan con el conocimiento técnico relacionado a organización, equipos y procesos, finanzas y demás; no obstante, es necesario que este sea aplicado desde una perspectiva de gestión energética esto a través de cursos y talleres de eficiencia y gestión energética que proporcionan entidades que cuentan con personal especializado como es el caso de los cursos de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR) [60], Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) [61], Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) [62] y empresas consultoras de recursos energéticos.

La implementación de estrategias y buenas prácticas energéticas no están apegadas únicamente al equipo de gestión, ya que todo el personal también tiene participación en el consumo energético, por lo que la empresa debe de comunicar objetivos, metas, estrategias y demás que permita concienciar a cada colaborador.

### *Consultoría / auditoría externa*

El aporte de expertos en recursos energéticos permite estudiar con mayor profundidad a las PYMES, proponer oportunidades de ahorro más acertadas e implementar estrategias con menor incertidumbre. Sin embargo, el costo de una consultoría o auditoría externa varía a partir de diferentes factores [45]:

- Empresa consultora

- Empresa PYME
- Nivel de la auditoría
- Alcance de la consultoría

A partir de los diversos factores que afectan el costo para realizar una consultoría o auditoría en la empresa PYME, es necesario la comparación de cotizaciones donde exista el balance costo-beneficio que mejor se adecúe a la empresa. No obstante, esta opción es una alternativa para la capacitación del personal, en caso de que no se cuente con un criterio experto en la toma y análisis de datos.

### ***MINAE***

Se realiza un análisis de los costos estimados con el propósito de evaluar la viabilidad financiera y operativa de una eventual implementación de la herramienta por parte del Ministerio de Ambiente y Energía. Estos costos se consideran de manera referencial para ilustrar los recursos necesarios. De esta forma, se busca proporcionar una estimación realista de la inversión que implicaría poner la herramienta a disposición de las PYMES, en consideración de aspectos como los siguientes:

- Videos tutoriales: Videos explicativos de los diferentes componentes de la herramienta integral, además de un video informativo en el cual se indique la importancia de la gestión energética en las PYMES [56]:

Tabla 9: Cotización Productora Multi Maite.

Descripción	Costo
Video informativo	₡100.000
Video tutorial documento	₡100.000
Video tutorial Excel	₡100.000
<b>Total</b>	<b>₡300.000</b>

- Diseño gráfico de la página: Diseño de la página en cual estará publicada la herramienta a disposición de la población para su descarga. No se presenta cotización,

ya que el MINAE cuenta con sección de documento en su página web donde se cargan diferentes clases de archivos pdf y html.

- Campañas: Acciones publicitarias para mostrar a las PYMES la existencia de la herramienta que se encuentra a su disponibilidad para impulsar estrategias de gestión energética [57].

Tabla 10: Cotización según proyecto SICOP.

Descripción	Costo
Campaña medio TV	€1.500.000
Campaña digital	€1.000.000
Total	€2.500.000

- Elaboración de la herramienta: El desarrollo de la herramienta requiere de conocimiento de ingeniería en el área de gestión energética, además de investigación y análisis para crear los diferentes componentes de conforman la herramienta integral de gestión energética para PYMES del sector manufacturero alimenticio. Los costos están establecidos de acuerdo con el tiempo utilizado y valor de la Hora Profesional, según el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Tabla 11: Costos de elaboración de herramienta.

Descripción	Horas	Costo
Investigación	48	€1.809.600
Análisis	48	€1.809.600
Creación del documento	36	€1.357.200
Herramienta de Excel	8	€301.600
Video tutorial básico	6	€226.200
Total	146	€5.504.200

- Equipo de computación: Este corresponde al equipo de trabajo que permite el desarrollo de la herramienta tales como computadora. El costo promedio obtenido se da a través de tiendas virtuales de equipos de computación.
- Acompañamiento a PYMES: Corresponde a un profesional que pueda dar acompañamiento a las PYMES interesadas, a través de apoyo por correo o, en caso

de ser necesario, sesiones presenciales, en un horario establecido durante la semana, que contribuya con una apropiada implementación de la herramienta. El valor proporcionado se establece a partir del salario mínimo de una jornada de un especialista electromecánico según el Ministerio de Trabajo [58].

Tabla 12: Cotización de equipo y sueldo según MTSS.

Descripción	Costo
Equipo de computo	¢215.000
Acompañamiento	¢15.983,96
Total	¢230.984

Los costos son calculados a través de diferentes cotizaciones y costos establecidos a través de lo indicado por el CFIA y Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13: Resumen de costos asociados.

Descripción	Costo
Costos asociados a la creación de la herramienta	¢5.504.200
Costos asociados a producción de videos	¢300.000
Costos asociados a diseño y campaña	¢2.500.000
Costos de acompañamiento y equipo de computo	¢230.984
Total (colones)	¢8.535.184
Total (dolares)	\$16.865,78

## Beneficios derivados

Al igual que los costos, ambas partes presentan beneficios derivados de la aplicación del proyecto, al impulsar la gestión energética en las PYMES e impactar en la emisión de gases de efecto invernadero, el cual se ha vuelto un estímulo para la inversión en proyectos más ecológicos.

### ***PYMES***

#### *Certificación en sistemas de gestión de energía (ISO 50001)*

La aplicación de un SGEN, conforme a los lineamientos establecidos por INTECO, permite no solo obtener una reducción de consumo energético, sino que además se obtiene una mejora en los procesos de producción, reduce la generación de gases contaminantes e instalaciones más seguras, de manera que las empresas se abren paso a un sector más competitivo y sostenible, contribuyendo al crecimiento y mejora de la empresa [61].

Para obtener la certificación en ISO 50001 debe de seguirse los siguientes pasos:

1. Adquirir la norma y solicitar orientación a INTECO.
2. Capacitación y concienciación del personal.
3. Implementar el Sistema de Gestión de Energía.
  - 3.1 Contar con un mínimo de 3 meses del SGEN implementado.
  - 3.2 La alta dirección debe realizar una revisión al SGEN y registrarlo.
  - 3.3 Realizar una auditoría interna adecuadamente documentada.
4. Solicitud de auditoría externa para obtener la certificación.

Cumplidos los pasos anteriores, la empresa puede obtener la certificación en ISO 50001, la cual también es reconocida por el país a través de la aplicación a una tarifa diferenciada.

#### *Tarifa Media Tensión T-MTb*

La tarifa Media Tensión T-MTb es una tarifa diferenciada, para la cual se debe de cumplir con una serie de condiciones para acceder a ella, en el caso de los clientes de las empresas eléctricas ICE [65], CNFL [66], JASEC [67] y ESPH [68] que demuestran estar certificados en ISO 50001-Sistemas de Gestión de Energía, pueden acceder a la tarifa y ser excluidos de

las condiciones de consumo mínimo establecidas; no obstante, las cooperativas no cuentan con este beneficio [69] [70].

Dicha iniciativa pretende impulsar a las empresas a aplicar Sistemas de Gestión de Energía y promover el consumo inteligente de los recursos energéticos, contribuyendo con una economía descarbonizada y sostenible.

#### *Mejora en procesos de producción*

La aplicación de buenas prácticas y proyectos energéticamente eficientes a equipos y procesos de manufactura conlleva a su mejora continua, debido al consumo inteligente de los recursos energéticos y el actuar en las acciones insatisfactorias de las estrategias de ahorro energético implementadas [61].

Es relevante considerar la degradación de los equipos a lo largo de su vida útil, por lo que buenas prácticas de mantenimiento pueden reducir el consumo energético; no obstante, el consumo energético de equipos nuevos con respaldo de consumo inteligente de la energía serán estrategias que generarán un ahorro energético más significativo [3].

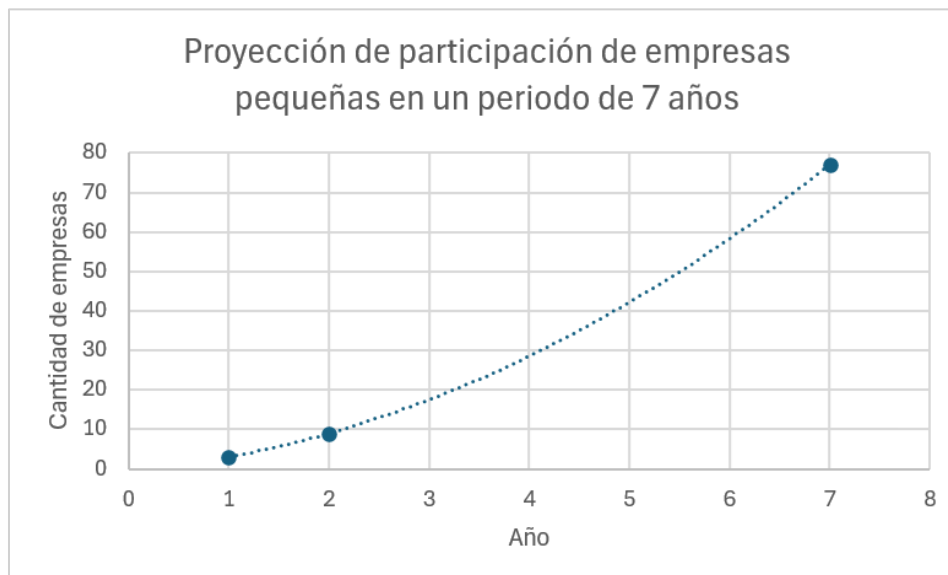
#### *MINAE*

La aplicación del proyecto puede verse reflejada en el precio social del carbono, el cual es utilizado como una forma de dimensionar el impacto que genere un proyecto, ya sea positivo o negativo, para determinar si va alineado con lo establecido con las Contribuciones Nacionalmente Determinadas y así apoyar la inversión en proyectos con menor impacto ambiental, a través de una relación de  $\$/tCO_2eq$  [63].

Para determinar la viabilidad del proyecto a partir del precio social del  $CO_2$ , se analiza la aplicación de la herramienta en un periodo de 7 años (medio plazo) para la cantidad de empresas pequeñas del sector manufactura alimenticia, definidas como *Cantidad meta*, equivalente a 77 empresas [24] hasta enero de este año. Se establece un valor de reducción de emisiones de 10 % establecido a partir de una serie de estudios aplicado en PYMES manufactureras en Latinoamérica, donde la implementación de estrategias de mantenimiento

con enfoque energético y cambios de tecnologías indica que las PYMES del sector manufactura en diferentes áreas, incluyendo alimentos, puede reducir su consumo energético en dicho porcentaje [3] [66].

La participación de las pequeñas empresas no puede considerarse de manera lineal, por lo que se proyecta un crecimiento exponencial (*Figura 16*), obtenido de una ecuación de la gráfica en la que se estima una cantidad aproximada de las empresas participantes por año con el objetivo que en 7 años se encuentren la totalidad de las empresas pequeñas dentro del sector meta, en este caso 77, según el registro de enero, con la realización del proyecto y con la aplicación de estrategias energéticas dentro de su alcance.



*Figura 16. Proyección de participación de empresas pequeñas.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Para un periodo de 6 meses se demostró interés por parte de tres empresas, por lo que se proyecta que, para el año 2, se incremente la participación proporcionalmente a los 12 meses disponibles, a sabiendas de que la meta son la totalidad de las empresas en 7 años, por lo que se estiman los valores del año 3 al año 6 como se muestra en la *Tabla 12*.

Tabla 14: Proyección de participación de empresas por año.

Año	Empresas participantes	Aumento de participación por año
1	3	3
2	9	6
3	18	9
4	29	11
5	42	13
6	58	16
7	77	19

A través de la proyección, se analiza el beneficio económico a partir de las empresas interesadas en el proyecto, para ello se utilizan los datos indicados en la Tabla 12, así se obtiene la estimación del precio social, considerando una reducción energética de 10 % en las empresas del sector, con el fin de determinar el beneficio social relacionado a la emisión de CO<sub>2</sub>; no obstante, se estimarán los datos de consumo promedio de la tercera empresa interesada, ya que su participación se vio obstaculizada por la disponibilidad de tiempo y no por falta de interés.

Tabla 15: Datos para cálculo de precio social del carbono

Parámetro utilizado	Valor
Factor de emisión 2024 estimado	0.1142 kgCO <sub>2</sub> eq/kWh
Equivalencia de masa	1000 kgCO <sub>2</sub> eq/tCO <sub>2</sub> eq
Precio social del carbono 2021	40 \$/tCO <sub>2</sub> eq

Las empresas participantes pertenecen al subsector *Congelados y Jugos concentrados* respectivamente, la tercer empresa que mostró interés y no pudo participar es parte del subsector *Conservas*, por lo que se analizarán a partir de un estudio de Chile del 2012, en el cual se realiza una comparación de datos entre los subsectores mencionados [64], se resalta que la distancia del año del estudio al presente escrito es irrelevante, ya que interesan las proporciones de consumo debido a los procesos y no el consumo energético.

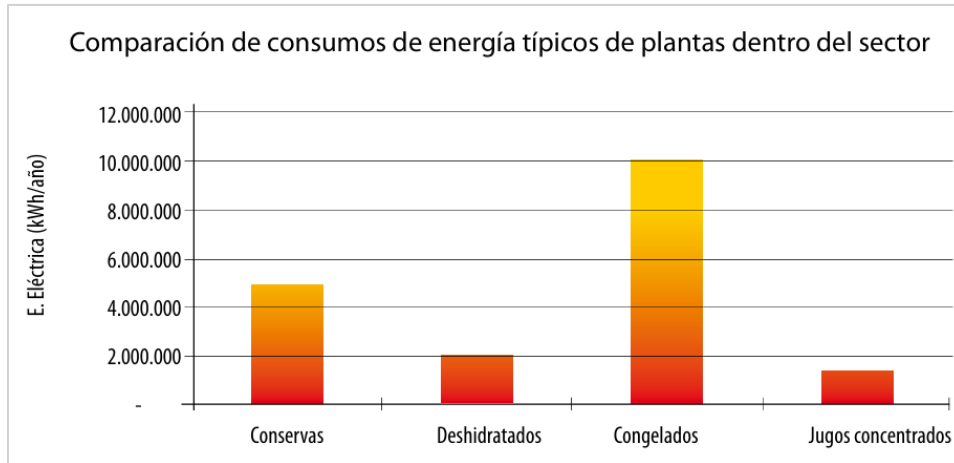


Figura 17. Comparación de consumo energético dentro del sector industria alimentos.  
Fuente: Manual de eficiencia energética para la industria de los alimentos elaborados.

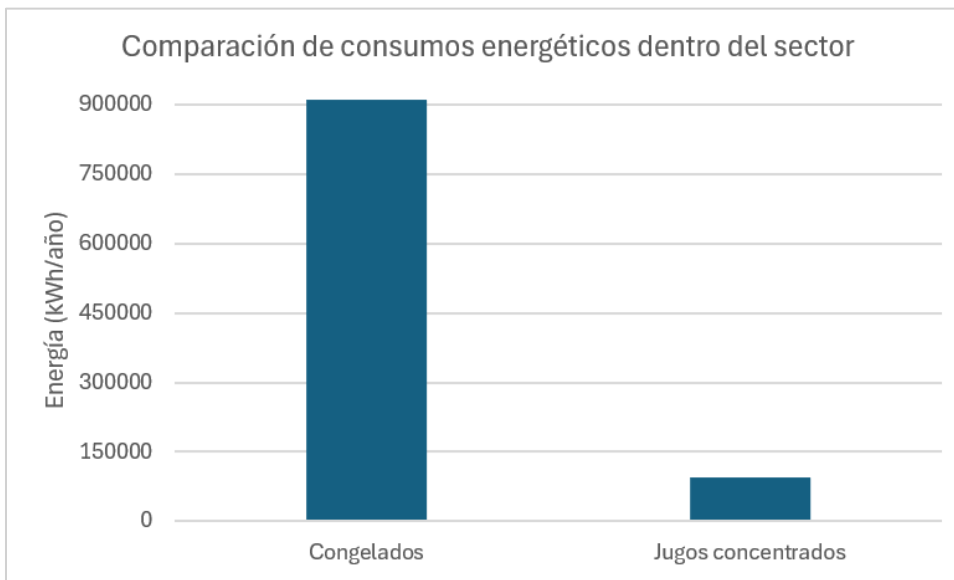


Figura 18. Comparación de consumo energético dentro del sector CR.  
Fuente: Elaboración propia

Tanto la *Figura 17* como la *Figura 18* muestran tendencias de consumo de energía semejantes en *Congelados* y *Jugos concentrados*, ya que los procesos utilizados en cada subsector son similares independientemente del país, no obstante, hay que mencionar que los datos mostrados son ajustados, ya que las empresas participantes pertenecen a la misma clasificación PYME, pero la cantidad de empleados variaba. La empresa de congelados cuenta con la mitad de empleados en comparación con la empresa de jugos concentrados, por

lo que se ajustó a partir de la valoración de la misma cantidad de personal en ambas empresas, de manera que dicho factor sea descartado en la diferencia de consumos.

Tabla 16: Estimación de empresa de conservas.

Sector Chile	Empresa CR	Porcentaje estimado Ch	Porcentaje CR
Congelados	Empresa 1	100%	100%
Jugos concentrados	Empresa 2	13,75%	10,53%
Conservas	Empresa 3	49,23%	37,69%
Porcentaje de error			23,44%

El porcentaje de error indica la diferencia del sector de un país a otro, el cual es de 23,4 %, este será considerado aceptable debido a la diferencia en la recopilación de datos, ya que únicamente se cuenta con una empresa por sector para realizar la comparación con las mediciones de Chile, donde 20 empresas formaron parte del estudio. De acuerdo con el porcentaje estimado de 37,69 %, se tiene la empresa de conservas de la cual se estima un consumo, condicionado a 41 empleados, de 17806 kWh/mes.

Con una estimación calculada de la tercera empresa interesada se tiene el siguiente listado de consumo promedio mensual por empresa.

Tabla 17: Consumo energético promedio por empresa

Empresa	Consumo promedio mensual (kWh/mes)
Empresa 1	39842
Empresa 2	7997
Empresa 3	17806
Total	65645

Para estimar el beneficio social, se proyecta una reducción de 10 % de la energía consumida, esto así, si las empresas comprometidas aplican estrategias de mantenimiento enfocadas en la energía, con la reducción del mantenimiento correctivo, además si realizan cambios de equipos con una degradación significativa e implementan buenas prácticas por parte de los empleados, con el impulso de una cultura de eficiencia energética, todo esto según se menciona en la guía de análisis y medición de desempeño energético.

Tabla 18: Análisis de reducción de consumo en primer año.

Variable	Valor calculado
Consumo energético total	65645 kWh/mes
Reducción de 10 %	6564 kWh/mes
Emisión no prod. de GEI	8,996 tonCO <sub>2</sub> e/año
Beneficio social 1er año	360 \$/año
Tasa de descuento	10 %

A partir de la estimación del beneficio obtenido en el primer año, se proyectaron los beneficios sociales para los seis años siguientes. Durante el primer año, se trabajó con 3 empresas, cada una con un beneficio estimado de 120 \$/año. En el segundo año, se consideró un aumento en la participación empresarial, proporcional al incremento en la disponibilidad de tiempo. A partir del tercer año se utilizó una función de tendencia ajustada a una progresión que permite alcanzar una participación acumulada de 77 empresas al finalizar el séptimo año. Con estos valores y el parámetro de beneficio unitario anual previamente determinado, se cuantificó el beneficio social anual como el producto del modelo de crecimiento proyectado y el valor económico por empresa, reflejando así el impacto agregado esperado en cada año.

Tabla 19: Estimación de rentabilidad de proyecto.

Periodo	Beneficio estimado
Año 0	-\$16866
Año 1	\$360
Año 2	\$1080
Año 3	\$2159
Año 4	\$3478
Año 5	\$5038
Año 6	\$6957
Año 7	\$9236
Total	\$11 441
VAN	133
TIR	10%

El valor del VAN presenta un valor positivo, esto indica que el proyecto es rentable, al mantener una tasa de descuento máxima de 10 %, de acuerdo con el TIR estimado.

## Fuentes de financiamiento

Los Sistemas de Gestión de Energía pueden ser implementados con estrategias de bajo y alto costo que colaboran con la mejora de competitividad de la empresa, para ello se requerirá una inversión mayor para proyectos de mayor alcance, pero existen fuentes de financiamiento dirigidas a proyectos con enfoque ecológico o mejora de competitividad, como las siguientes:

### *FODEMIPYME (Banco Popular)*

El Fondo de Desarrollo en la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (FODEMIPYME) es creado a partir de la Ley N°8262 Fortalecimiento de las Pequeñas y Medianas Empresas, el cual es administrado por el Banco Popular y de Desarrollo Comunal, con el fin de apoyar a las PYMES en su desarrollo [71] [72] [73].

El fondo se divide en tres secciones:

- Fondo de Aavales: Este beneficio pretende ser una garantía de cumplimiento generado por la facilidad de obtener un crédito para las PYMES, en caso de que la empresa presente insuficiencia financiera.
- Fondo de Crédito: Tiene como propósito brindar créditos de acuerdo con las capacidades de las PYMES de diferentes sectores, incluido industria, el cual puede ser combinado con el fondo de aavales para mayores beneficios.
- Fondo de Servicios de Desarrollo Empresarial: Este fondo busca el desarrollo en conjunto de las empresas contribuyendo en asesorías, pasantías, iniciativas políticas y demás actividades que sean de utilidad para el crecimiento de las empresas.

Para acceder a algún fondo es necesario cumplir con al menos dos de los siguientes requisitos según lo estipulado en la Ley N°8262:

- 1.1) Pago de cargas sociales.
- 1.2) Cumplimiento de obligaciones tributarias.

### 1.3) Cumplimiento de obligaciones laborales.

No obstante, el Banco administrador del fondo indica los [requisitos](#) para acceder al Fondo de Crédito.

#### *Crédito PYME (Banco Nacional)*

A través de Crédito PYME, las empresas pueden acceder a PYME VERDE, el cual busca contribuir en el desarrollo de las PYMES en la inversión de proyectos eficientemente energéticos, reducción de impacto ambiental y energías renovables [74].

Para acceder a un crédito PYME es necesario cumplir con requisitos:

- 2.1) Análisis financiero.
- 2.2) Información documentada.
- 2.3) Confirmación de datos.

A través del crédito PYME podrá [consultar](#) acerca de los programas especiales donde se encuentra el programa PYME VERDE, con el fin de impulsar una economía descarbonizada.

#### *Créditos verdes (Banco Promérica)*

El Micro Crédito Verde busca impulsar estrategias para el consumo inteligente de la energía, con un mínimo del 20 % de ahorro en energía o agua, contribuyendo así con estrategias de un alcance significativo en eficiencia energética [75] [76].

Establece requisitos en dos secciones para análisis y precalificación:

- 3.1) Persona física
- 3.2) Persona jurídica

El crédito puede ser otorgado en colones o dólares, además el monto varía según la tecnología y el ahorro energético generado, el cual puede ser obtenido en un [listado de proyectos](#) identificados por el banco.

*Crédito verde positivo (BAC Credomatic)*

A través de este crédito que otorga el BAC Credomatic, se busca impulsar una economía circular energéticamente eficiente; está dirigido a pequeñas, medianas y grandes empresas, a través de créditos que varían de acuerdo con la naturaleza y alcance del proyecto.

El banco no indica los requisitos, sino que brinda un [formulario](#) de información de la empresa y detalle del proyecto para que sea contactado por un ejecutivo [77].

## Objetivo 4

Para la validación de la herramienta es necesario la contribución por parte de las pequeñas empresas, con el fin de verificar su debida aplicación en casos reales y recopilar información por parte de las empresas sobre su aplicabilidad y retroalimentación para mejoras.

Como primera medida, se filtró la lista disponible de empresas PYMES activas, publicada en la página web del MEIC, de ella se obtuvo un total de 77 empresas dentro de la clasificación “industria manufacturera-alimentos-pequeña”, de las cuales se consiguió algún medio de contacto de 32 empresas y respuesta afirmativa de 3 empresas; no obstante, posteriormente una empresa indicó que no contaba con el tiempo para aplicar la herramienta, aunque se encontraba interesada; de igual manera, es notoria la falta de interés por parte del sector en cuanto a los intentos de entidades públicas en alinear a las empresas PYMES a las metas y objetivos ambientales del país.

Las empresas interesadas en participar son Empresa 1, ubicada en Desamparados (San José), Empresa 3, ubicada en Venecia (Alajuela), y Empresa 2, ubicada en Moravia (San José), todas reconocen la importancia de gestionar su consumo energético; no obstante, parcialmente conocen los SGEN y la existencia de las normas dirigidas al uso inteligente de recursos energéticos. La empresa 3 luego informó que no continuaría con el proyecto, ya que no contaba con disponibilidad de tiempo y estaba enfocada en otras labores por el momento.

Para la realización del proyecto, las empresas requirieron de acompañamiento para aplicar la herramienta, esto debido que ambas empresas expresaron que cuentan con reducida disponibilidad de tiempo para completar los archivos con los datos requeridos, por lo que se trabajó a través de una visita que sirvió para realizar un resumen general de cada sección, recopilación de información, tanto en la guía como en la calculadora energética, según las características de la empresa, breve análisis y completar los formularios de retroalimentación de acuerdo con lo obtenido por parte de la herramienta.

### Empresa 1 - Congelados

Para este caso, se generó únicamente un registro de facturación energética, mencionaron que contaban con registro de equipos con sus especificaciones, no obstante, la información no fue agregada, ya que no fue posible ubicar dicho archivo.

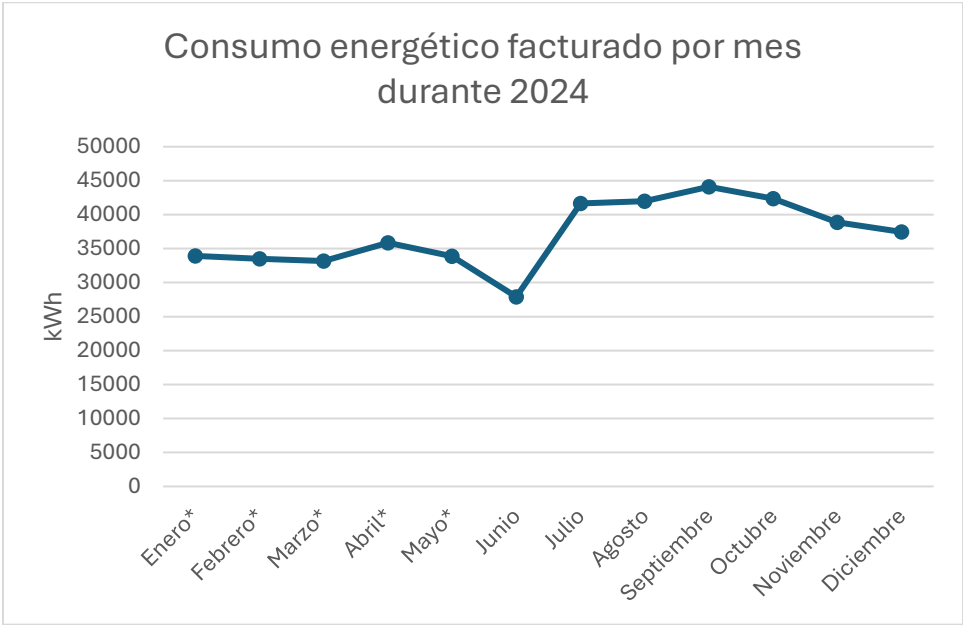
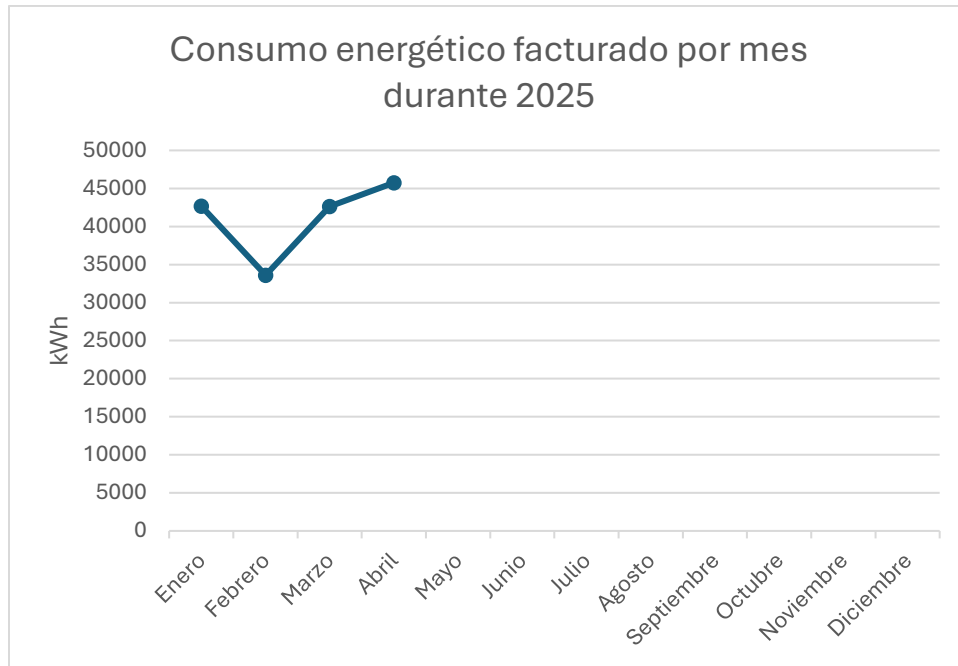


Figura 19. Consumo energético mensual 2024 Empresa 1.

A partir de la *Figura 10*, la empresa observó que se generó un cambio en el consumo de junio, allí se encuentra un cambio en la tendencia promedio de la línea de 33000 kWh a 41000 kWh, aproximadamente, además completaron el listado de cargas de la empresa en la descripción del sistema eléctrico, por lo que la empresa consideró dos factores: el funcionamiento de un motor de 50 HP (equipo determinado por la empresa como el consumidor energético mayor) el cual es apagado durante los periodos puntas y puesto en marcha dos veces al día, lo que incide en el consumo energético; y realizar un análisis de ventas de los mismos meses para determinar si han aumentado las ventas que pueda estar relacionado con el aumento de energía.

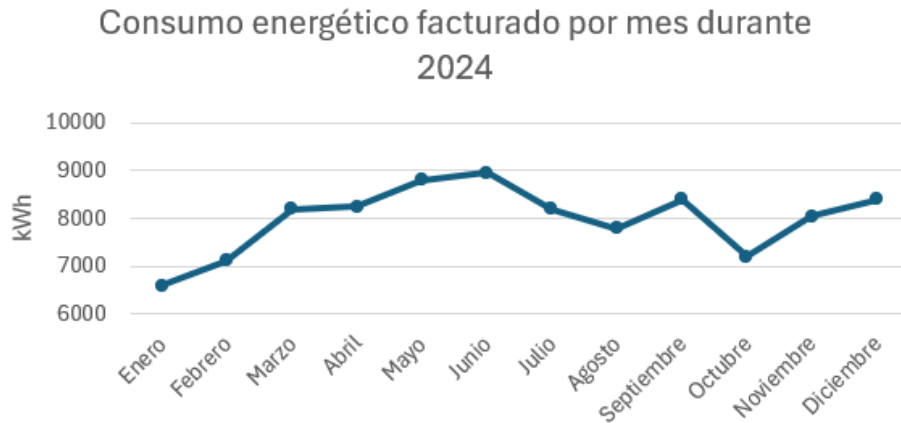


*Figura 20. Consumo energético mensual 2025 Empresa 1.*

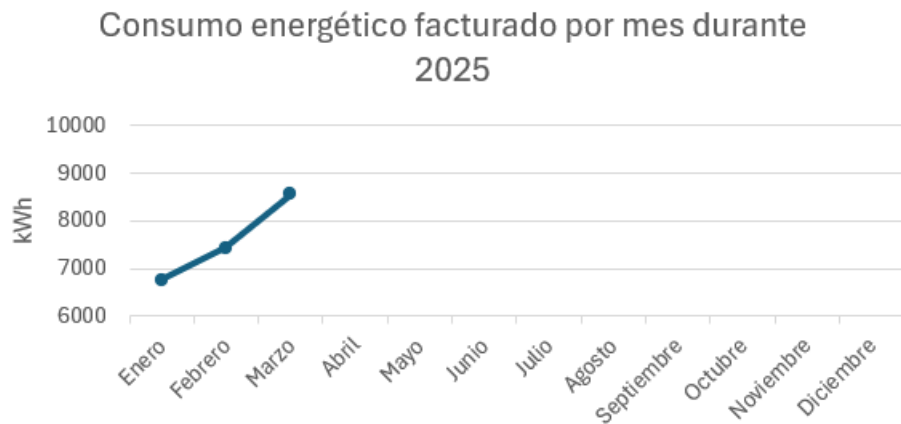
Tanto la *Figura 19* como la *Figura 20* muestran comportamientos distintos dentro de los primeros 4 meses de ambos años, de igual manera, la empresa expresó preocupación en cuanto su consumo energético, debido al valor económico que está implicando para las utilidades de la empresa.

## Empresa 2 - Jugos concentrados

En la empresa 2 se recopiló información completa de facturas de electricidad, tanto en 2024 (*Figura 21*) como en 2025 (*Figura 22*), en este periodo se muestra un comportamiento constante de acuerdo con el nivel de producción a lo largo de año, según indica la empresa, lo cual puede ser confirmado por las gráficas, donde se observa un comportamiento similar en los primeros 3 meses de ambos años.



*Figura 21. Consumo energético mensual 2024 Empresa 2.*



*Figura 22. Consumo energético mensual 2025 Empresa 2.*

La *Figura 23* muestra parcialmente los sistemas de la empresa, ya que decidieron utilizar un registro de activos donde la descripción no era específica para todos los equipos, por lo que se muestran motores, aire acondicionado y compresores con el fin de comprender el

funcionamiento de la herramienta en Excel, indicando que el sistema con mayor participación energética son los compresores, de acuerdo con el inventario de equipos; no obstante, mencionaron que en la empresa cuentan con vapor a través de una caldera dual Eléctrica-Diesel, por lo que es importante considerar que un listado completo de los equipos puede indicar un resultado distinto.

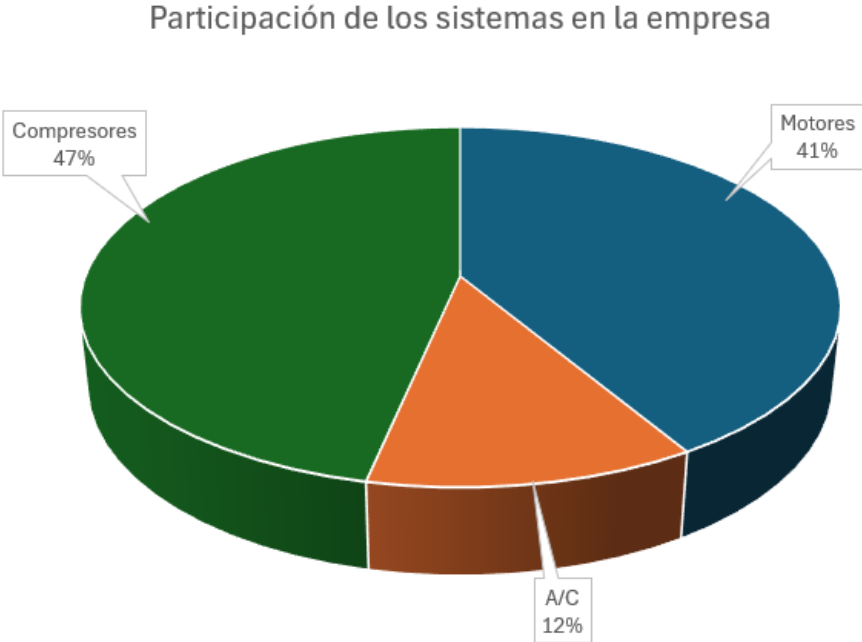


Figura 23. Participación parcial de equipos Empresa 2.

Aunque el comportamiento de la energía de la empresa no muestra irregularidades, la empresa expresó su interés en el análisis de su desempeño energético con el fin de aplicar mejoras futuras que favorezcan su competitividad.

## Análisis general de la herramienta

De manera general, se analizó una serie de factores relacionados con la efectividad de la herramienta por parte de la alta dirección en pequeñas empresas, en tres secciones de acuerdo con la estructura de la herramienta.

Un aspecto importante por considerar en la elaboración de la herramienta fue el vocabulario utilizado para brindar información, especialmente en la sección de medición y análisis del desempeño energético, debido a la barrera comunicativa que ha generado desinterés por parte de las PYMES, motivado por la reducida comprensión que tienen acerca del tema, por lo que se generó énfasis en compartir las ideas e información a través de vocabulario comprensible, con el fin de crear una herramienta accesible a las personas que no cuentan con el conocimiento técnico [18]. Los resultados de aplicabilidad en las tres secciones son los siguientes:

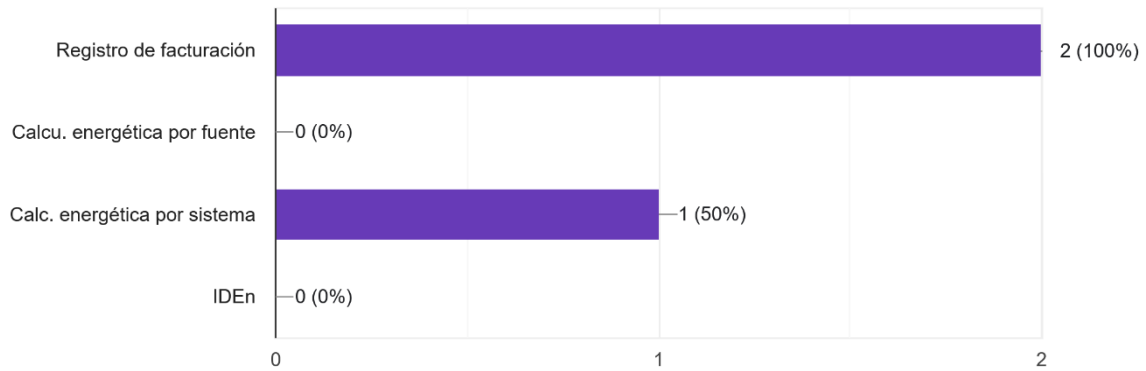
### *Lineamientos técnicos y legales*

Ambas empresas consideran la información útil y con vocabulario entendible, no obstante, la norma INTE/ISO 50001 no fue considerada realmente útil por parte de una empresa, ya que no le es relevante en su contexto actual.

### *Guía para medición y análisis de desempeño energético*

Tanto la “Guía para medición y análisis de desempeño energético” como el apoyo en Excel, *Calculadora energética*, fue utilizada por ambas empresas, con alta aceptación; la guía fue considerada relevante por la recopilación de datos, futura medición y análisis de datos con vocabulario comprensible, no obstante la calculadora energética presentó mayor aplicabilidad en el *Registro de facturación* y *Calculadora energética por sistema*, ya que permitía un registro y comprensión de la situación energética con más facilidad.

Las secciones *Calculadora energética por fuente* e *IDEn* no fueron utilizadas, no obstante, no implica que no sean útiles, sino que deben de ser analizadas con mayor profundidad por parte de las empresas; sin embargo, las empresas expresaron la poca disponibilidad de tiempo con la que cuentan, por lo que fueron descartadas en la aplicación de la herramienta.



*Figura 24. Aplicabilidad de “Calculadora energética”*

*Fuente: Elaboración propia.*

### *Estructura financiera*

La estructura financiera señalada para las PYMES tenía como fin visibilizar información aplicable a proyectos energéticos, tales como costos asociados a una implementación y operación de la herramienta de manera más eficaz, beneficios derivados como certificados y cambios de tarifas, con el fin de incentivar la aplicación de estrategias energéticas por parte del país y las fuentes de financiamiento que permiten la aplicación de proyectos con mayor alcance.

Las empresas indicaron que la información fue clara y aplicable, lo cual abrió paso a la posibilidad de la implementación de un Sistema de Gestión Energética en el futuro; no obstante, una empresa resaltó que se debería de considerar el acompañamiento para la evacuación de dudas y explicación de la herramienta para su implementación.

# Conclusiones y recomendaciones

## Conclusiones

- Se realizó una recopilación de información exhaustiva de leyes, reglamentos, decretos y normas relacionadas al uso inteligente de los recursos energéticos. De ese modo se identificaron tres apartados aplicables a las pequeñas empresas para el cumplimiento legal y técnico relacionado al desempeño energético como Reglamento de oficialización del código eléctrico de CR para la seguridad de la vida y de la propiedad, INTE/ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso, NFPA 70: Código Eléctrico Nacional (NEC).
- A través de la consulta de diferentes estudios, guías e informes (Benchmarking), se diseñó una metodología práctica genérica para la medición y análisis del desempeño energético con el fin de recopilar información, proporcionar secciones informativas para futuros análisis además de una herramienta digital (Microsoft Excel) para recopilación de información energética y generación de gráficas.
- Se definió la estructura financiera para la implementación y operación de la herramienta donde se consideraron los costos asociados, beneficios derivados y fuentes de financiamiento para las PYMES, así como costos asociados y beneficios para el MINAE, además se analizó la inversión inicial y el beneficio social a partir de la reducción de consumo energético de 10 %, con el fin de estudiar la viabilidad del proyecto relacionado con el precio social del CO<sub>2</sub>, el cual presentó un VAN positivo con un TIR de 10 %, así se concluyó que la implementación e inversión de la herramienta es rentable.
- Se aplicó la herramienta en dos empresas, las cuales presentaron información energética que permite el análisis de información, se concluyó que los aspectos relevantes ligados con el consumo energético están relacionados con factores como producción y equipos de alto consumo generando interés en las empresas en la medición y análisis del desempeño energético.

## Recomendaciones

- La industria manufacturera de alimentos es un sector importante en la economía costarricense; no obstante, es notable el desinterés en la industria PYME en aplicar a proyectos en estrategias de gestión energética, ignorando los beneficios económicos, ambientales y sociales que trae. Se ha demostrado que el acceso a la información a través de programas con enfoque energético contribuye positivamente a que las empresas apliquen estrategias donde no solo cuentan con herramientas, sino también con acompañamiento [78].
- La herramienta generó un análisis inicial a las empresas participantes a partir de datos básicos de medición energética; no obstante, es necesario impulsar estrategias enfocadas a sectores PYMES, que permita identificar oportunidades de mejora en las empresas de acuerdo con sus características y contribuir a una mejora continua en las buenas prácticas de gestión energética.
- Crear enlaces de entidades públicas como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) con empresas dentro del sector PYME, que permita un mayor alcance de estrategias que busquen beneficiar a las empresas y alinearlas con las metas y objetivos del país.
- Impulsar más proyectos por parte de la Escuela de Ingeniería Electromecánica relacionados con empresas del sector PYME, para generar así mayor apoyo e impulso de la eficiencia energética de acuerdo con las características de las micro, pequeñas y medianas empresas, con esto se derribaría las barreras como falta de conocimiento y acceso a recursos visibilizando oportunidades de ahorro de bajo costo y fácil aplicabilidad.
- Realizar y actualizar más estudios de energía al sector PYME por parte de entidades energéticas como MINAE e ICE, para visibilizar la realidad energética de las empresas e identificar las ramas con mayor consumo, generando interés en proyectos de desempeño energético alineando las áreas de mayor participación energética con las metas y objetivos del país.

# Bibliografía

- [1] Organización de las Naciones Unidas (ONU), Acuerdo de París, París, 2015.
- [2] Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Contribución Nacionalmente Determinada de Costa Rica, Costa Rica: Dirección de Cambio Climático, 2020.
- [3] M. Ardila, La gestión del mantenimiento y su relación con la eficiencia energética en PYMES de Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2018.
- [4] T. Claudino, S. dos Santos, A. de Aquino y M. Monteiro, «Fostering and limiting factors of innovation in Micro and Small Enterprises,» *Revista de Administração e Inovação*, vol. 14, n° 2, pp. 130-139, 2017.
- [5] Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), «Informe Anual: Generación y demanda,» División Operación y Control del Sistema Eléctrico, 2022.
- [6] Organización Internacional de Normalización (ISO), *ISO 50001:2018 "Sistemas de gestión de la energía– Requisitos con orientación para su uso"*, INTECO, 2018.
- [7] T. Bernat, S. Flaszewska, B. Lisowski, R. Lisowska y K. Szymańska, «Facing Environmental Goals for Energy-Efficiency Improvements in Micro and Small Enterprises Operating in the Age of Industry 4.0,» *Energies*, vol. 15, n° 18, pp. 1-16, 2022.
- [8] J. Campos, G. Valencia y Y. Cardenas, «Ten systemic steps for sustainable energy savings in small and medium enterprises.,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1126, n° 1, pp. 1-7, 2018.
- [9] J. Cuisano, L. Chirinos, E. Barrates y R. Mas, «Eficiencia energética en sistemas eléctricos de micro, pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos. Simulación para optimizar costos de consumo de energía eléctrica.,» *Información Tecnológica*, vol. 31, n° 2, pp. 267-276, 2020.
- [10] E. Andrade y G. Real, «Las PYMES y la eficiencia energética con la ISO 50001,» *Pol. Con.*, vol. 6, n° 6, pp. 674-694, 2021.
- [11] T. Fawcett y S. Hampton, «Why & how energy efficiency policy should address SMEs,» *Energy Policy*, vol. 140, p. 111337, 2020.

- [12] F. Morera, «¡Las pymes necesitamos crecer ya!: Cámara Costarricense de PYMES,» 24 mayo 2024. [En línea]. Available: <https://ccpymes.cr/org/las-pymes-necesitamos-crecer-ya/>.
- [13] Gobierno de Costa Rica, Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, Costa Rica, 2019.
- [14] A. O’Faoláin de Bhróithe, F. Fuchs-Kittowski, J. Freiheit, D. Hüttemann, S. Voigt y T. Dinkel, «A Concept for Comprehensive IT Support for Environmental and Energy Management in SMEs.,» *Science and Technology Publications*, n° 2, pp. 187-194, 2018.
- [15] Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Metodología para la creación de hojas de ruta para la descarbonización y adaptación de organizaciones, Costa Rica, 2023.
- [16] Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria (CACIA), «Industria alimentaria cierra el año con balance positivo, pero con preocupación en temas claves para el país,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.cacia.org/industria-alimentaria-cierra-el-ano-con-balance-positivo-pero-con-preocupacion-en-temas-claves-para-el-pais/>.
- [17] F. Kalantzis y D. Revoltella, «Do energy audits help SMEs to realize energy-efficiency opportunities?,» *Energy Economics*, vol. 83, pp. 229-239, 2019.
- [18] J. Palm y F. Backman, «Energy efficiency in SMEs: overcoming the communication barrier,» *Energy Efficiency*, vol. 13, p. 809–821, 2020.
- [19] Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), «Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Costa Rica,» Naciones Unidas, Ciudad de México, 2018.
- [20] Instituto Costarricense de Electricidad, «Índice cobertura eléctrica nacional 2022,» Dirección Planificación y Sostenibilidad, 2024.
- [21] Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), «Informe Anual: Generación y demanda,» División Operación y Control del Sistema Eléctrico, 2024.
- [22] CONARE - PEN, «Estado de la Nación,» Costa Rica, 2024.
- [23] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, *Ley N°7447 Regulación del uso racional de la energía*, San José: SCIJ, 1994.
- [24] Ministerio de Economía, Industria y Comercio, «PYMES activas,» Enero 2025. [En línea]. Available: <https://www.meic.go.cr/tramites-y-servicios/pymes-activas/>.

- [25] K. Cousin, «El surgimiento de las pymes en Costa Rica desde una perspectiva histórico-económica (1950-2018),» *Rev. Ciencias Sociales Universidad de Costa Rica*, vol. 169, pp. 27-51, 2020.
- [26] H. Young y R. Freedman, *Física Universitaria: Sears & Zemansky*, México: Pearson, 2013.
- [27] A. Acheampong, M. Erdiaw-Kwasie y M. Abunyewah, «Does energy accessibility improve human development? Evidence from energy-poor regions,» *Energy Economics*, vol. 96, pp. 1-23, 2021.
- [28] United Nations Development Programme, «Human Development Index (HDI),» 2023. [En línea]. Available: <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI>.
- [29] L. Jayamaha, *Energy-Efficient Industrial Systems: Evaluation and Implementation*, McGraw-Hill Education, 2016.
- [30] M. Kanoğlu y Y. Çengel, *Energy Efficiency and Management for Engineers*, McGraw-Hill Education, 2020.
- [31] International Energy Agency (IEA), «Key elements of energy policy planning,» de *Implementing a Long-Term Energy Policy Planning Process for Azerbaijan: A Roadmap*, París, IEA, 2022, pp. 18-26.
- [32] B. Su, T. Goh, B. Ang y T. Sheng, «Energy consumption and energy efficiency trends in Singapore: The case of a meticulously planned city,» *Energy Policy*, vol. 161, pp. 1-14, 2022.
- [33] C. Cooremans y A. Schonenberger, «Energy management: A key driver of energy-efficiency investment?,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 230, pp. 264-275, 2019.
- [34] D. Campos y L. Bermúdez, «Pymes, Responsabilidad Social y Desarrollo Sostenible,» *Revista electrónica de las sedes regionales de la Universidad de Costa Rica*, vol. 21, n° 43, pp. 1-21, 2020.
- [35] C. Herce, C. Martini, C. Toro, E. Biele y M. Salvio, «Energy Efficiency Policies for Small and Medium-Sized Enterprises: A Review,» *MDPI*, vol. 16, n° 3, pp. 1-34, 2024.
- [36] A. Field, *ISO 50001: A strategic guide to establishing an energy management system*, United Kingdom: IT Governance Publishing, 2019.

- [37] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Glosario: Bases físicas, Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge & New York: Cambridge University Press, 2013.
- [38] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), «Sixth Assessment Report,» Cambridge University Press, Cambridge & New York, 2022.
- [39] Organización Internacional de Normalización (ISO), *ISO 19600:2017 "Sistemas de gestión de cumplimiento. Directrices"*, INTECO, 2017.
- [40] Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), NFPA 70: Código Eléctrico Nacional (NEC), NFPA, 2020.
- [41] Schneider Electric, *Centrales de medida de energía, Series iEM3100/iEM3200/iEM3300: Manual del usuario*, 2023.
- [42] Schneider Electric, *Serie ION 9000 de PowerLogic: Manual de Usuario*, 2023.
- [43] Smart Meter, *Ficha técnica: Medidor bifásico*, 2024.
- [44] EATON, *PXM 1000 User Manual*, 2021.
- [45] Consultores en Ingeniería de los Recursos Energéticos (CIRE), «Informe de avance final: Auditoría energética Nivel 1: Proyecto GEF-9283-Desarrollo de un Mercado de Eficiencia Energética en Iluminación, Aire Acondicionado y Refrigeración,» CIRE, San José, Costa Rica, 2022.
- [46] Bühler Technologies, *Caudalímetro: Manual de funcionamiento e instalación*, 2024.
- [47] Circutor, *Analizador de redes CIR-e3: Manual de instrucciones: Manual de instrucciones*, España, 2014.
- [48] Fluke, *Manual de uso: Professional Series Thermal Imagers & Gas Leak Detector*, United States, 2017.
- [49] PCE Instruments, *Manual de instrucciones: Manómetro*, 2018.
- [50] Sauermann, *Si-CA 230 Analizador de gases de combustión: Manual de utilización*, 2023.
- [51] PCE Instruments, *Instrucciones de uso del luxómetro PCE-172*, 2008.
- [52] Organización Internacional de Normalización (ISO), *ISO 50006:2014 Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines*

(EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance, INTECO, 2014.

- [53] Energy Star, «How to keep your HVAC system working efficiently,» febrero 2024. [En línea]. Available: <https://www.energystar.gov/products/ask-the-experts/how-keep-your-hvac-system-working-efficiently>.
- [54] Energy Star, Small & Medium Manufactures Guide to Energy Management., United States Environmental Protection Agency, 2013.
- [55] M. Álvarez, D. Donaldson, A. Recalde, H. Noriega, Z. Khan, W. Velásquez y C. Rodríguez, «Power System Reliability and Maintenance Evolution: Critical Review and Future Perspectives,» *IEEE Power & Energy Society Section*, vol. 10, pp. 51922-51950, 2022.
- [56] Productora Multi Maite, *Cotización de videos informativos y tipo tutorial*, (Comunicación personal, mayo 2025).
- [57] M. Ahmad, M. Mourshed, D. Mundow, M. Sisinni y Y. Rezgui, «Building energy metering and environmental monitoring - A state of the art review and directions for future research,» *Energy and Buildings*, vol. 120, pp. 85-102, 2016.
- [58] D. Soudan, P. Colas, P. Ladoux y M. Meunier, «Industrial power and energy metering - a state of the art review,» *Cleaner Production*, vol. 33, pp. 229-238, 2012.
- [59] S. Sahoo, S. Sahoo, S. Panda y B. Panigrahi, «Power and energy measurement devices: A review, comparison, discussion, and the future of research,» *Measurement*, vol. 166, pp. 1-11, 2020.
- [60] Cámara de Industrias de Costa Rica, «Capacitación en Eficiencia Energética y Gestión bajo la Norma ISO 50001,» 2025. [En línea]. Available: <https://cicr.or.cr/producto/capacitacion-en-eficiencia-energetica-y-gestion-bajo-la-norma-iso-50001/>.
- [61] INTECO, «Certificación de sistema de gestión de la energía,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.inteco.org/es/sistema-de-gestion-de-la-energia>.
- [62] Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), «Núcleo Eléctrico,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.ina.ac.cr/SitePages/nucleos/nucleoelectrico.aspx>.
- [63] Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, «Estimación del precio social del carbono para la evaluación de la inversión pública en Costa Rica,» Naciones Unidas, Santiago, 2024.

- [64] Agencia Chilena de Eficiencia Energética & Chilealimentos A.G., Manual de eficiencia energética para la industria de los alimentos elaborados, Chile: Imprenta Figueroa, 2012.
- [65] Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), «Tarifas actuales,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/Tarifas+actuales.pdf?MOD=AJPERES>.
- [66] Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), «Tarifas vigentes,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.cnfl.go.cr/servicios/electricos/inmuebles/tramites/tarifas>.
- [67] Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC), «Tarifas Eléctricas,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.jasec.go.cr/index.php/tarifas-electricas/>.
- [68] Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), «Tarifas vigentes,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.esph-sa.com/energia-electrica/tarifas-vigentes>.
- [69] Coopeguanacaste, «Tarifas del Servicio Eléctrico,» 2025. [En línea]. Available: <https://coopeguanacaste.com/servicio-electrico/>.
- [70] Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos (Coopesantos), «Tarifas,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.coopesantos.com/tarifas/>.
- [71] Presidencia & Ministerio de Economía, Industria y Comercio, *Reglamento General a la Ley N°8262 de Fortalecimiento de las Pequeñas y Medianas Empresas.*, SCIJ, 2012.
- [72] Banco Popular, «Conoce FODEMIPYME y los beneficios para tu negocio,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.bancopopular.fi.cr/conoce-fodemipyme-y-los-beneficios-para-tu-negocio/>.
- [73] Banco Popular, «FODEMIPYME,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.bancopopular.fi.cr/fodemipyme/>.
- [74] Banco Nacional de Costa Rica, «Financiamiento para PYMES,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.bncr.fi.cr/pymes/financiamiento-para-pymes-costa-rica>.
- [75] Banco Promérica, «AF-Ficha de producto Micro Crédito Verde,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.promerica.fi.cr/media/491338/af-ficha-de-producto-micro-credito-verde.pdf>.

- [76] Banco Promérica, «Beneficios y financiamiento,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.promerica.fi.cr/banca-de-empresas/creditos-verdes/beneficios-y-financiamiento/>.
- [77] BAC Credomatic, «Lanzamos nuestro nuevo producto "Crédito Verde Positivo",» junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.baccredomatic.com/es-sv/nuestra-empresa/noticia/lanzamos-nuestro-nuevo-producto-credito-verde-positivo>.
- [78] I. Johansson, N. Mardan, E. Cornerlis y P. Thollander, «Designing Policies and Programmes for Improved Energy Efficiency in Industrial SMEs.,» *Energies*, vol. 12, n° 1338, pp. 1-17, 2019.
- [79] Presidencia & Ministerio de Economía, Industria y Comercio, *Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad (RTCR 458:2011)*, CIEMI, 2012.
- [80] G. Carrillo, J. Andrade, E. Barragán y A. Astudillo, «Impacto de programas de eficiencia energética eléctrica: estudio de caso empresas alimentarias en Cuenca, Ecuador,» *DYNA*, vol. 81, n° 184, pp. 41-48, 2014.
- [81] Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), «Boletín Estadístico Agropecuario N°26: Indicadores Macroeconómicos,» SEPSA, San José, Costa Rica, 2016.
- [82] Instituto Meteorológico Nacional (IMN), «Factores de emisión de gases de efecto invernadero,» San José, 2021.
- [83] Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), *Inicio de contratación de medios de comunicación para la Campaña*, Instituto de Desarrollo Rural (INDER), 2025.
- [84] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), *Lista de salarios mínimos*, Departamento de salarios mínimos, 2025.

# Apéndices

## Apéndice 1

### *Contribución a herramienta de gestión energética TEC - MINAE*

Descripción de cuestionario de 13 preguntas:

El presente formulario tiene como propósito recopilar información inicial para la realización del proyecto "*Herramienta integral de gestión energética para pequeñas empresas (PYMES) del sector manufacturero alimenticio*" el cual se está realizando por parte del **Tecnológico de Costa Rica** y el **Ministerio de Ambiente y Energía** donde se pretende generar una base sólida que permita guiar a las PYMES al camino de la eficiencia energética, dentro de sus estructuras y recursos, estableciendo su punto de partida para la implementación de estrategias de gestión energética.

Para esto es necesario visualizar el conocimiento de las PYMES acerca de la gestión energética en la actualidad por lo que se requiere de la contribución, de manera voluntaria, de las PYMES del sector seleccionado para establecer su punto de vista en cuanto a sus bases de conocimiento en gestión energética.

La **información brindada** será manejada de manera **anónima** con el fin preservar la privacidad de cada empresa y conocer la realidad de las PYMES de forma general.

Es importante resaltar que la participación es **voluntaria** contribuyendo de gran manera a herramientas aplicables a la realidad nacional y el proyecto pretende ser una herramienta que las PYMES puedan utilizar en el futuro, **no busca la obligatoriedad de las empresas en aplicar el proyecto.**

Cuestionario aplicado:

1. Nombre de la empresa.

---

2. Descripción breve de la actividad de la empresa.

---

3. Provincia donde se ubican las instalaciones de la empresa.

San José

Cartago

Heredia

Alajuela

Limón

Puntarenas

Guanacaste

4. ¿La empresa cuenta con un registro detallado de la producción?, (p.e.: tipo de producto, cantidad, total mensual, etc)

Sí, de manera completa y actualizada.

Sí, pero de forma parcial.

No, no se lleva un registro detallado.

No aplica.

5. ¿La empresa ha escuchado o tiene conocimiento sobre los Sistemas de Gestión Energética?

Sí, lo conoce y lo aplica.

Sí, lo conoce pero no lo aplica.

Ha escuchado el término, pero no está familiarizada con su aplicación.

No lo conoce.

6. ¿La empresa fomenta una cultura de consumo energético eficiente?

Sí, a través de talleres y capacitaciones.

Sí, pero de manera informal.

No, pero le interesa hacerlo.

No, y no está dentro de las prioridades.

7. ¿Considera la empresa importante mejorar su rendimiento energético?

Sí, y ya ha tomado medidas para ello.

Sí, pero aún no ha implementado acciones.

No lo ha considerado, pero le interesa.

No lo considera una prioridad.

8. ¿La empresa aplica estrategias para gestionar su consumo energético?

Sí, cuenta con un plan estructurado.

Sí, pero sin un plan formal.

No, pero está interesada en implementarlas.

No, y no está dentro de las prioridades.

9. ¿La empresa lleva un registro mensual de su consumo energético y sus usos?

Sí, con mediciones específicas.

Sí, pero de manera general.

No, pero le gustaría implementarlo.

No lo considera necesario.

10. ¿La empresa conoce la existencia de normas y estándares para la aplicación de Sistemas de Gestión Energética?

Sí

No

11. ¿La empresa ha definido objetivos y metas para un uso eficiente de la energía?

Sí, están establecidos y se les da seguimiento.

Sí, pero no se les da seguimiento regularmente.

No, pero le gustaría implementarlos.

No, y no está dentro de sus prioridades.

12. ¿La empresa cuenta con personal técnico con conocimientos en gestión energética? (Ej.: ingenieros, técnicos especializados, etc.)

Sí, con personal dedicado exclusivamente a este tema.

Sí, pero no de manera exclusiva.

No, pero se recurre a asesoría externa.

No, no se cuenta con personal especializado.

13. ¿Desea seguir tomado en cuenta en el proyecto?, de este modo volvería a ser contactado para seguir siendo parte de la validación de la herramienta.

Sí

No

En caso de responder sí, escriba el correo del departamento pertinente para ser contactado.

---

## Apéndice 2

### *Guía para la medición y análisis del desempeño energético*

#### *Descripción de la empresa*

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Actividad de la empresa: \_\_\_\_\_

Jornada laboral de producción: \_\_\_\_\_

Edad promedio de maquinaria: \_\_\_\_\_

Cantidad de edificios de planta: \_\_\_\_\_

Cantidad de empleados: \_\_\_\_\_

#### *Descripción del sistema eléctrico*

Compañía que brinda servicio de electricidad:

ICE

JASEC

CNFL

ESPH

Coopeguanacaste

Coopealfaroruiz

Coopesantos

Coopelesca

**Tabla 1.** Información de acometida 1:

<b>Capacidad (kVA)</b>	
<b>Tensión (V)</b>	
<b>NISE</b>	
<b>Nº medidor</b>	
<b>Nº localización</b>	

**Tabla 2.** Información de acometida 2:

<b>Capacidad (kVA)</b>	
<b>Tensión (V)</b>	
<b>NISE</b>	
<b>Nº medidor</b>	
<b>Nº localización</b>	

**Tabla 3.** Información de acometida 3:

<b>Capacidad (kVA)</b>	
<b>Tensión (V)</b>	
<b>NISE</b>	
<b>Nº medidor</b>	
<b>Nº localización</b>	

#### *Información de diagrama unifilar*

Para la implementación de un Sistema de Gestión Energética (SGEn), es importante que la edificación cuente con un diagrama unifilar actualizado, con el cual sea posible identificar los tableros y las diferentes cargas del sistema.

No es el propósito de esta herramienta explicar cómo realizar un diagrama unifilar, pero sí que personal con conocimiento técnico pueda reconocer las distintas cargas del sistema y así identificar equipos de consumo clave en las instalaciones ya que esta es la finalidad de dicho diagrama.

Las empresas manufactureras del sector alimenticio presentan sistemas de alto consumo energético, entre ellos se pueden evidenciar sistemas (Usos energéticos) como los siguientes enlistadas, marque las que se apliquen a la empresa:

- |                                             |                                          |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Iluminación        | <input type="checkbox"/> Motores         |
| <input type="checkbox"/> Calefacción        | <input type="checkbox"/> Aire comprimido |
| <input type="checkbox"/> Ventilación        | <input type="checkbox"/> Vapor           |
| <input type="checkbox"/> Aire acondicionado | <input type="checkbox"/> Refrigeración   |
| <input type="checkbox"/> Otro: _____        |                                          |

#### *Información de la energía consumida en la empresa*

Tipos de energía:

- |                                                               |                                |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Eléctrica                            | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input type="checkbox"/> Térmica (Indique combustible): _____ |                                |
| <input type="checkbox"/> Otra: _____                          |                                |

#### *Facturación energética mensual*

Idealmente, es utilizado un registro anual referente al consumo energético; para esta sección es necesario, como mínimo, conocer las facturaciones eléctricas generadas por un año, gracias a ellas se puede mostrar el consumo energético en kWh mensual, el tipo de tarifa, datos del medidor y la compañía que brinda el servicio.

Es importante guardar las facturas enviadas por las distribuidoras de electricidad para conocer el rubro aplicado a la facturación (costos variables, impuestos, mora y demás) y así determinar un historial de consumo energético que permita determinar el promedio de consumo durante el año, así como los factores que podrían afectar como cambios en producción, cambios climáticos y demás aspectos que afecten la energía utilizada en la empresa y, asimismo, diferenciar estos aspectos en las diferentes fuentes de energía utilizada en ella (además de la energía eléctrica).

A partir de lo anterior, es posible generar una gráfica de historial de consumo energético como el que se muestra a continuación:

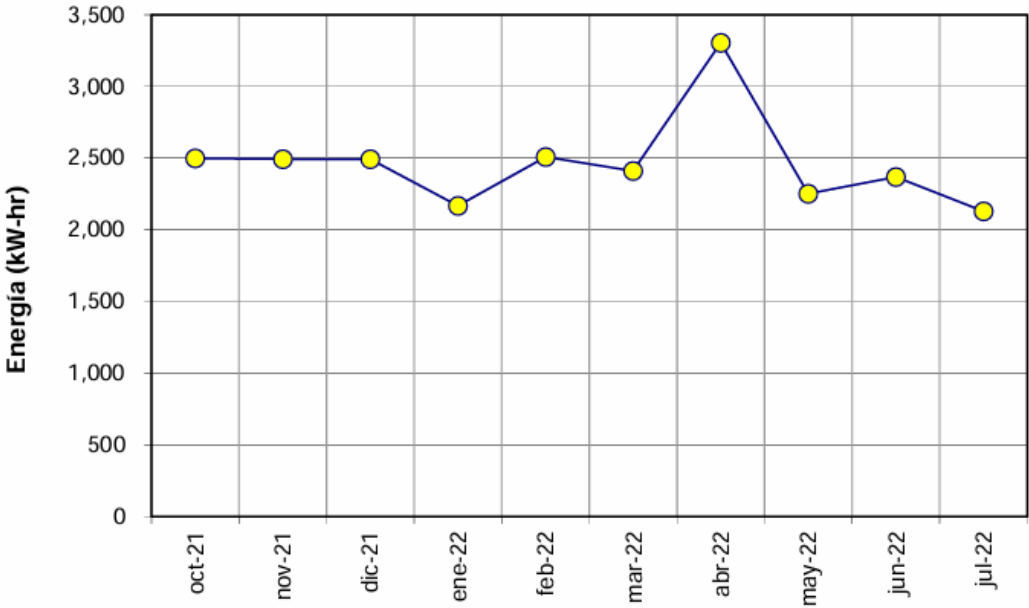


Figura 1. Consumo de energía eléctrica facturada para un medidor. Fuente: Informe Auditoría nivel 1 en MAG Liberia.

A través de la gráfica anterior se analizan los valores máximo, promedio y mínimo, además de los factores existentes y cambios significativos en la tendencia, como se observa en el caso de abril, donde se tiene un mayor consumo de energía. Debido a la variación significativa en el consumo, es necesario considerar los demás rubros, indicaciones de la tarifa de la empresa distribuidora y aspectos climáticos durante ese periodo.

De igual manera, es importante considerar la participación económica indicada en el rubro de facturación, que también son importantes en el análisis, esto ya que contribuye al estudio de la gráfica anterior, también se debe conocer los cambios tarifarios, en caso de que se den, y demás aspectos que expliquen el comportamiento del consumo energético.

### *Mediciones energéticas*

Las mediciones energéticas cuentan con un papel importante para la implementación de un SGEN, ya que permite conocer la realidad energética de la empresa, resaltar equipos o sistemas de consumo energético significativo de la planta que puedan convertirse en puntos focales por considerar en el momento de establecer objetivos y metas para la creación de políticas energéticas; además, en el futuro, será posible realizar una comparación de datos que indique el nivel de efectividad de las estrategias implementadas.

Para el proceso de mediciones, es necesario que dentro de la información documentada suministrada, se encuentre el diagrama unifilar, con el fin de determinar los puntos de medición en el sistema; no obstante, a través de esta herramienta no se pretende generar mediciones, sino indicar la importancia de estas.

De acuerdo con los procesos y sistemas que son utilizados en la empresa, de esto dependerá los equipos de medición necesarios, como los siguientes:

- Caudalímetro: Dispositivo de medición de volumen de caudal (agua o gases) en ductos donde se transporte flujos, este puede ser colocado en línea o medir de manera externa. Es importante la selección adecuada del dispositivo dependiendo del fluido [4]. A través de este dispositivo es posible determinar si existen pérdidas en el caudal, lo que implicaría más energía para transportar un fluido.
- Analizadores de redes eléctricas: Equipos de medición de parámetros eléctricos (kilowatt, kilowatt-hora, tensión y corriente) capaz de realizar mediciones en equipos y contadores, tanto monofásicos como trifásicos [5]. Este dispositivo permite realizar mediciones continuas para establecer líneas base que muestran el comportamiento energético por un periodo establecido.
- Cámara termográfica: Cámara que captura imágenes termográficas a través de infrarrojos por medio de un sensor y muestra las imágenes en una pantalla con escala de colores y temperatura [6]. A través de este dispositivo es posible observar la temperatura de los equipos y así determinar si existen problemas de aislamiento, fallas en equipos eléctricos y demás que implique pérdida de energía.

- Manómetro: Equipo de medición de la presión para líquidos y gases a través de sensores de presión, de manera analógica o digital, de acuerdo con la necesidad de precisión en los datos [7]. La utilización de este equipo permite saber si existen fugas o pérdidas de presión en equipos y ductos donde se transporten gases y líquidos.
- Analizador de gases de combustión: Equipo de medición de parámetros de gases de combustión procedentes de procesos donde se emitan gases causados por combustibles a través de diferentes sensores [8]. Por medio de este equipo es posible conocer los parámetros de combustión actuales, con el propósito de saber si la combustión es óptima o si necesita ajustarse para mejorar la eficiencia del equipo.
- Luxómetro: Dispositivo de medición de iluminación indicado por medio de unidades de medida *Lux* y *Footcandle*, medido a través de un sensor con filtro espectral [9]. A partir de la medición es posible saber si la iluminación es adecuada o se encuentra fuera de los niveles recomendados.

Es importante que cada equipo cuente con fichas técnicas que muestren la normativa adecuada para equipo de medición, esto ayuda con la precisión en la toma de datos y calibración de fábrica y de ser necesario; las indicaciones para la verificación de la calibración, ya sea que se adquiriera el equipo o se contrate una empresa consultora que realice las mediciones, tiene que demostrar que cuenta con el equipo de medición adecuado.

### *Balance de energía*

Un balance energético permite identificar los consumidores energéticos sobresalientes de la organización, dónde es necesario un reconocimiento del sistema (diagrama unifilar) y un inventario de equipos, donde los equipos estén agrupados de acuerdo con el sistema energético o área al que pertenece, además de un listado con las especificaciones como potencia promedio y estimación de uso diario.

- Inventario de equipos

El objetivo de esta sección es realizar un inventario en el cual se evidencie un registro de los equipos, sus especificaciones energéticas importantes para la implementación de un sistema energético y determinar su participación en el sistema y total. Para esto se generan tablas para listados como el siguiente ejemplo:

**Tabla 1.** Ejemplo de inventario por sistema.

<i>Sistema X</i>				
<i>Equipo</i>	Cantidad	Potencia por equipo (kW)	Potencia total (kW)	Porcentaje de participación (%)
<i>Equipo 1</i>	2	3	6	37.5
<i>Equipo 2</i>	2	5	10	62.5
<i>Total</i>	4	4	16	100

Este tipo de registro puede realizarse en hojas de cálculo donde se pueden utilizar las siguientes fórmulas para mayor facilidad durante la realización del registro:

<i>Sistema X</i>				
<i>Equipo</i>	Cantidad	Potencia por equipo (kW)	Potencia total (kW)	Porcentaje de participación (%)
<i>Equipo 1</i>	Valor	Valor	= Cantidad*Potencia de equipo	= (100*Suma de pot. total)/Potencia total de equipo 1
<i>Equipo 2</i>	Valor	Valor	= Cantidad*Potencia de equipo	= (100*Suma de columna)/Potencia total de equipo 2
<i>Total</i>	= Suma de cantidad		= Suma de pot. total	= Suma de porcentaje

A partir de la tabla anterior, es posible generar un inventario de los equipos de la empresa, conocer la potencia de consumo de cada equipo y saber su porcentaje de participación en el sistema, lo que contribuye con la distinción de los equipos de consumo significativo en la empresa.

El dato de potencia puede ser medido una serie de veces y calcular un promedio; no obstante, en caso de no contar con el equipo de medición (multímetro), es posible obtener un valor de fábrica (valor nominal) en la placa de datos con la que cuenta cada equipo, allí se deben mostrar los datos eléctricos y mecánicos para su funcionamiento.

Es importante observar las unidades del consumo indicados en los equipos, ya que estos también pueden presentarse en watts (W) y no en kilowatts (kW); si el valor está mostrado en W, se puede realizar una conversión (Ecuación 1) para que se agregue el valor en kW, ya que los equipos de medición registran los valores en la unidad de kW y es necesario la uniformidad en los datos registrados para evitar errores que pueden llevar a análisis mal fundamentados.

$$\text{Consumo nominal [W]} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = \text{Consumo nominal [kW]} \quad \text{Ecuación 1}$$

A partir de la suma de la potencia total calculada en la tabla para cada sistema, es posible generar gráficas donde se muestra la participación de cada sistema en el consumo energético total de la empresa y reconocer los sistemas con el mayor consumo energético, los cuales serán objetivos importantes para la implementación de estrategias de gestión energética. Se muestra un ejemplo de una gráfica donde sea posible identificar los sistemas principales de consumo energético:

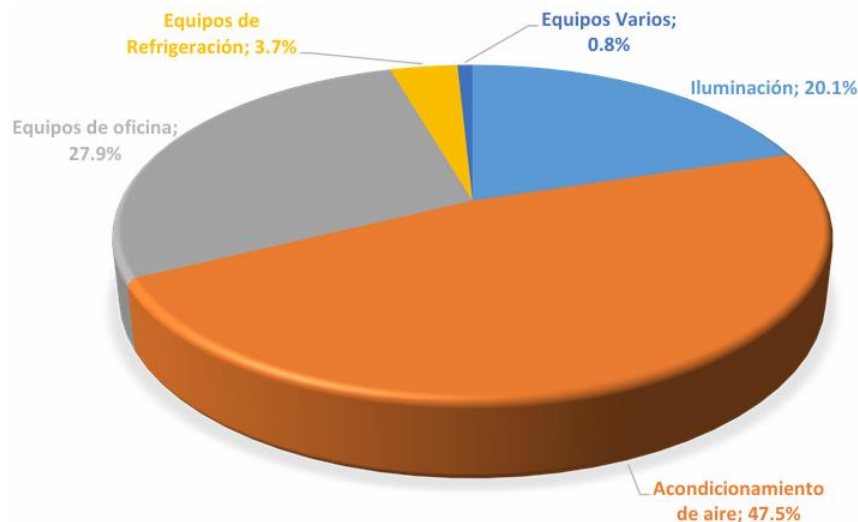


Figura 2. Balance de energía eléctrica por sistemas energéticos. Fuente: Informe Auditoría nivel 1 en MAG Liberia.

A partir de la gráfica anterior, es posible determinar un orden de los sistemas consumidores más significativos a los de menor participación y así identificar las áreas más importantes donde implementar estrategias de gestión energética.

- Usos significativos de energía

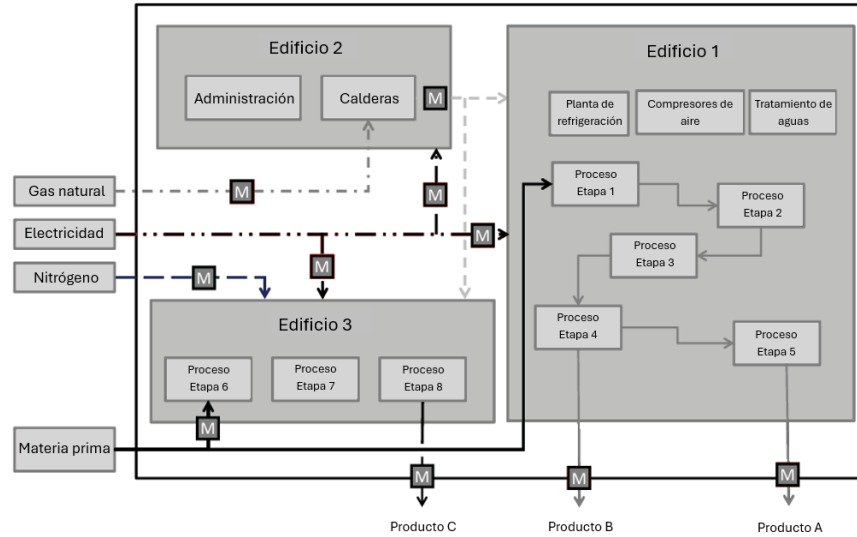
De acuerdo con la norma ISO 50001, los usos significativos de la energía se refieren a las instalaciones, sistemas, procesos o equipos que consumen energía significativamente y cuentan con potencial de mejora de su desempeño energético.

Esto puede analizarse con la Figura 2, donde se tiene el aire acondicionado como mayor consumidor energético, seguido por los equipos de oficina; no obstante, el aire acondicionado sí presenta potencial de mejora en su desempeño energético, pero los equipos de oficina no, por lo que se analiza el potencial de mejora en el siguiente sistema con consumo energético significativo y así sucesivamente para determinar las áreas objetivo para la implementación de estrategias de gestión energética.

#### *Métricas de desempeño energético*

El desempeño energético requiere de parámetros clave que permitan un análisis de acuerdo con las características de la empresa, por lo que es necesario un diagrama de procesos donde se pueda identificar las diferentes fuentes de energía y los procesos consumo significativo, con su fuente de energía respectiva, como se muestra en la Figura 3, en la cual se observa la organización delimitada por los diferentes edificios, sus departamentos y procesos.

A partir de la Figura 3 se muestra las fuentes de energía que consume cada edificio y las mediciones respectivas en los consumos energéticos, allí se reconocen los equipos y procesos relevantes en la producción, los cuales tienen un papel importante en los parámetros clave para la implementación de un SGE.



Nota:  
M Medición

Figura 3. Diagrama de procesos ejemplificado. Fuente: ISO 50006:2014.

- Indicadores de desempeño energético

Independientemente del producto alimenticio que manufacture la empresa, existen parámetros en común que permiten la evaluación del desempeño energético, como los siguientes indicadores, que permiten establecer relaciones de datos medidos [10]:

- Indicador de edificio: Este indicador relaciona el consumo energético total por persona, es decir, el consumo eléctrico total medido por persona y a qué fuentes energéticas distintas de la electricidad están relacionadas altamente con los procesos.

$$\text{Indicador de edificio} = \frac{\text{Energía [kWh]}}{\text{Ocupante [persona]}}$$

- Indicador de producción: La producción de la empresa relacionada con el consumo energético es importante en un SGen, ya que permite saber la cantidad de energía requerida para crear el producto que comercializa la empresa, aunque se pueden requerir diferentes fuentes de energía, se puede realizar la conversión para obtener la energía total utilizada en el proceso de producción en kWh a partir de la tabla 3.

$$\text{Indicador de producción} = \frac{\text{Energía [kWh]}}{\text{Producto [unidad producida]}}$$

- Indicador de proceso: Independiente del tipo de alimento que la empresa produzca, puede relacionarse un proceso de manufactura representado por kilogramos o litros del proceso que se desee analizar, por ejemplo: kWh/kg horneado, kWh/litro envasado, etc., es importante reconocer la unidad de medición de volumen de lo que se está produciendo en el proceso de manufactura que se pretende analizar.

$$\text{Indicador de proceso} = \frac{\text{Energía [kWh]}}{\text{Proceso [kg ó L de x]}}$$

- Indicador de equipos: La relación de energía con los equipos permite reconocer el equipo con el mayor consumo energético en una línea de procesos o en un proceso donde existe más de un equipo igual, ya sean motores, hornos, refrigeradores, etc., esto permite su comparación y analizar su funcionamiento, ya sea en degradación del equipo, fallas, falta de mantenimiento y demás factores que afectan la operación de los equipos.

$$\text{Indicador de equipos} = \frac{\text{Energía [kWh]}}{\text{Equipo [x]}}$$

A partir de los indicadores anteriores, es posible reconocer el consumo energético en diversas áreas de la empresa de manera general en el sector alimenticio manufacturero; no obstante, cada empresa es diferente, lo que ocasiona un sesgo a lo largo del análisis en comparación con la investigación generada por una auditoría energética, donde se estudia a profundidad a la organización.

Los indicadores de desempeño energético permiten establecer líneas base energéticas para el análisis de los datos obtenidos y así reconocer el desempeño energético de la empresa en las diversas áreas estudiadas, con el propósito de identificar los puntos principales para aplicar estrategias de eficiencia energética.

- Línea de Base Energética

Las líneas base según la norma ISO 50006, se conoce como una “referencia cuantitativa que permite establecer una base para comparaciones de datos de eficiencia energética” [10], es decir, permite conocer la realidad energética de la organización y el análisis posterior a la aplicación de estrategias energéticas, como se muestra en la Figura 4, donde se tiene la línea

base con la situación actual de la empresa, medida en un periodo establecido, y la línea de reporte donde se muestran las mediciones en un periodo con condiciones similares a las existentes en el periodo de línea base.

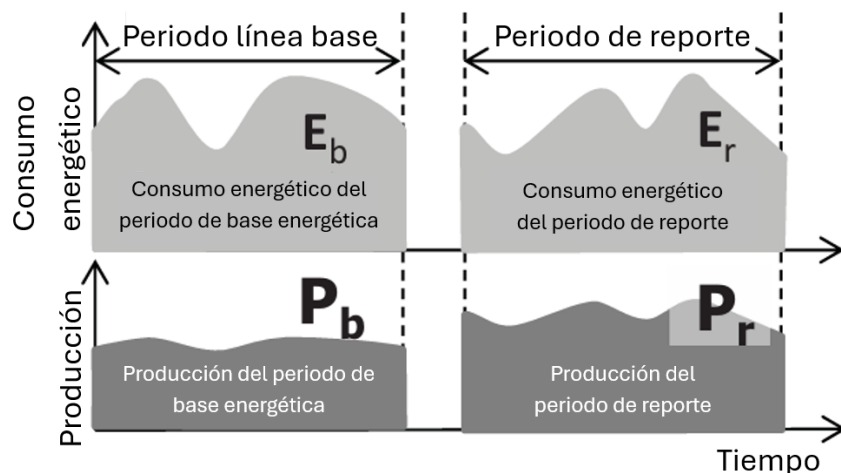


Figura 4. Comparación de periodo de línea base y periodo de reporte. Fuente: ISO 50006:2014

Las condiciones similares se refieren a condiciones climáticas, parámetros de la producción de la empresa, horas operativas y demás factores que afecten el consumo y uso energético de la empresa, con el fin de que la comparación de datos sea en escenarios similares y se realice un análisis efectivo.

La toma de mediciones puede ser realizada de manera periódica en las situaciones que no puede registrarse un monitoreo continuo, por lo que es necesario establecer tomas de medición de manera periódica para registrar los cambios en el consumo energético, donde se evidencie las condiciones que afectan el consumo y uso energético durante el año.

#### *Oportunidades de ahorro y proyectos de inversión*

Los pasos anteriores permiten la medición y análisis de la situación energética de la empresa; no obstante, la comparación de datos evidencia la efectividad de la aplicación de estrategias de ahorro energético en los puntos de consumo representativos de la empresa.

Existen estrategias de baja y alta inversión que contribuyen a la eficiencia energética:

- Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo

El mantenimiento correctivo se conoce como estrategia de mantenimiento que se aplica para reparar una falla en los equipos, por lo que estos se encuentran fuera de operación, este tipo de mantenimiento ocasiona que los equipos detengan la producción en el área al que pertenecen en momentos donde no se prevé un paro de operación y, el tiempo en el cual el equipo se encuentra descompuesto y en reparación, implica pérdidas de producción, por ende, mayores costos de operación.

Las estrategias de mantenimiento preventivo pretenden que se apliquen estrategias de mantenimiento periódico, con el propósito de mantener la funcionalidad del equipo óptima, así se mantiene un buen estado de la máquina, como se muestra la Figura 5, y de este modo es energéticamente eficiente [11].

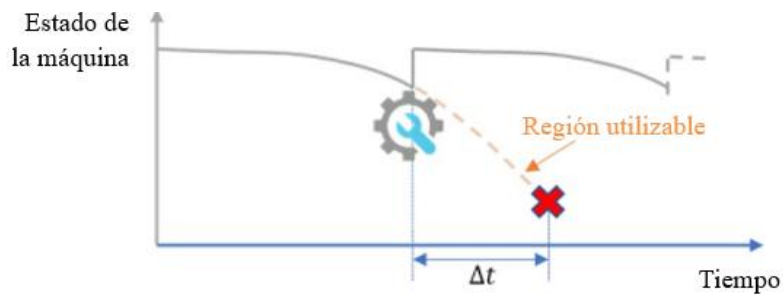


Figura 5. Función del mantenimiento preventivo. Fuente: Álvarez-Alvarado, M. et al. (2022)

El mantenimiento predictivo busca crear un balance entre la minimización de fallas y la máxima ganancia, lo que implicaría aplicar estrategias de mantenimiento de acuerdo con el estado del equipo antes de que este presente una falla y se recurra al mantenimiento correctivo.

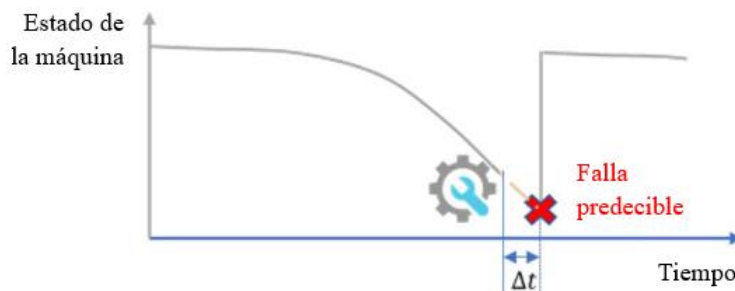


Figura 6. Función del mantenimiento predictivo. Fuente: Álvarez-Alvarado, M. et al. (2022)

La siguiente lista tipo *checklist* pretende generar un diagnóstico aproximado de mantenimiento general, utilice las secciones que aplican a la empresa [2-3,12]:

Mantenimiento en motores

Diagnóstico	Sí	No
¿Lubrica periódicamente los rodamientos según indica el fabricante?		
¿Limpia el motor con regularidad para evitar que se dañe el aislamiento y lubricación se contamine?		
¿El motor está correctamente seleccionado y evita sobrecalentamientos?		
¿Realiza mediciones de voltaje para asegurar que el voltaje suministrado no varía en un 10 % del voltaje nominal del motor?		
¿Verifica que el eje del motor y el eje de la carga estén correctamente alineados para evitar fallas prematuras y vibraciones en el motor?		
¿Realizan mediciones de verificación de que el aislamiento del motor se encuentra en buenas condiciones?		

Mantenimiento de calefacción, ventilación y aire acondicionado

Diagnóstico	Sí	No
¿Revisa mensualmente los filtros del sistema?		
¿Cambia el filtro según lo recomienda el fabricante?		
¿Verifica que los ductos se encuentren sellados para evitar fugas?		
¿Limpia con regularidad el serpentín del sistema?		

Mantenimiento de refrigeración

Diagnóstico	Sí	No
¿Verifica que el cableado del sistema de refrigeración se encuentra en buen estado?		
¿Comprueba periódicamente que la temperatura se encuentre calibrada correctamente?		
¿Inspecciona las luces de la cámara refrigeradora y las sustituye si es necesario?		

En caso de un corte energético ¿Verifica que el refrigerador trabaje adecuadamente?		
En caso de ser un cuarto frío ¿Verifica que el aislamiento se encuentre en buen estado y evita fugas o daños en las superficies?		

Mantenimiento hornos

Diagnóstico	Sí	No
¿Verifica con regularidad que la ventilación del horno no presente obstrucciones?		
¿Limpia con regularidad las superficies y accesos del horno para evitar acumulaciones de polvo y grasa?		
¿Verifica que el horno cumpla con las necesidades de la empresa? Factores como temperatura, capacidad, fuente de energía.		
En caso de ser un horno de gas o leña ¿Verifica periódicamente que la salida de la chimenea no presente obstrucciones?		

- Actualización de equipos

Actualmente existe gran importancia en la comercialización de equipos energéticamente eficientes, lo que puede implicar una alta inversión económica para la empresa; no obstante, presenta ventajas que contribuyen a una producción energéticamente eficiente y a la competitividad.

La adquisición de nuevos equipos puede representar una inversión económica que la empresa no puede estar preparada para realizar; sin embargo, la inversión puede representar una mejora en eficiencia energética mayor, en comparación con el mantenimiento de los equipos, esto debido a que todo equipo sufre degradación que afectará su funcionalidad operativa.

Existen alternativas para la adquisición de equipos a partir de financiamientos verdes, fondos de apoyo a empresas PYMES y demás que buscan contribuir al desarrollo de estas empresas desde una perspectiva ecológica y de competitividad.

Es importante mencionar que la adquisición de un nuevo equipo con una alta participación energética en el proceso de producción, puede incrementar la productividad de la empresa,

reducir mantenimientos correctivos y tener una tasa de retorno que garantice la efectividad de la inversión.

- Generar conciencia en el personal

El personal de la empresa puede influenciar positivamente en las estrategias de gestión energética a partir de la comunicación de la alta dirección sobre el consumo y uso energético de manera inteligente, compartiendo las metas y estrategias de la organización, y generando conciencia, compartiendo buenas prácticas que pueden realizar y así contribuir en las estrategias de gestión energética.

## Apéndice 3

### *Recopilación de información: Empresa Bread Freezer*

#### *Descripción de la empresa*

Nombre de la empresa: Empresa 1

Ubicación: Desamparados, San Rafael Arriba

Actividad de la empresa: Panificadora

Jornada laboral de producción: diurna 6am-4pm, nocturna de 7pm-5am

Edad promedio de maquinaria: 5 años

Cantidad de edificios de planta: 1 planta

Cantidad de empleados: 20 empleados

#### *Descripción del sistema eléctrico*

Compañía que brinda servicio de electricidad:

ICE

JASEC

CNFL

ESPH

Coopeguanacaste

Coopealfaroruiz

Coopesantos

Coopelesca

**Tabla 1.** Información de acometida 1:

<b>Capacidad (kVA)</b>	500 kVA
<b>Tensión (V)</b>	480
<b>NISE</b>	28187062
<b>N° medidor</b>	941870
<b>N° localización</b>	7002542992

Las empresas manufactureras del sector alimenticio presentan sistemas de alto consumo energético donde se pueden evidenciar sistemas (Usos energéticos) como los siguientes enlistadas, marque las que se apliquen a la empresa:

- |                                                 |                                                     |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Iluminación | <input checked="" type="checkbox"/> Motores         |
| <input type="checkbox"/> Calefacción            | <input checked="" type="checkbox"/> Aire comprimido |
| <input type="checkbox"/> Ventilación            | <input type="checkbox"/> Vapor                      |
| <input type="checkbox"/> Aire acondicionado     | <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración   |
| <input type="checkbox"/> Otro: _____            |                                                     |

### ***Información de la energía consumida en la empresa***

Tipos de energía:

- |                                                               |                                |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Eléctrica                 | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input type="checkbox"/> Térmica (Indique combustible): _____ |                                |
| <input type="checkbox"/> Otra: _____                          |                                |

Tabla 2: Registro de energía facturada Empresa 1 2024

<b>Registro de facturación energética 2024</b>							
Mes	Días	Energía			Demanda		
		kWh	Importe facturado (¢)	Costo por kWh (¢/kWh)	kW	Importe facturado (¢)	Costo por kW (¢/kW)
Enero*	31	33912	¢2 078 805,60	¢61,30	85,22	¢870 872,55	¢10 219,11
Febrero*	28	33509	¢2 054 101,70	¢61,30	85,44	¢873 120,76	¢10 219,11
Marzo*	31	33174	¢2 033 566,20	¢61,30	79,14	¢808 740,37	¢10 219,11
Abril*	30	35856	¢2 197 972,80	¢61,30	81,89	¢836 842,92	¢10 219,11
Mayo*	31	33902	¢2 078 192,60	¢61,30	82,44	¢842 463,43	¢10 219,11
Junio	30	27909	¢1 710 820,00	¢61,30	78,48	¢802 035,00	¢10 219,61
Julio	31	41650	¢2 563 870,00	¢61,56	99,4	¢1 020 065,00	¢10 262,22
Agosto	31	42000	¢2 617 860,00	¢62,33	99,4	¢1 032 930,00	¢10 391,65
Septiembre	30	44100	¢2 748 755,00	¢62,33	102,38	¢1 063 845,00	¢10 391,14
Octubre	31	42350	¢2 639 675,00	¢62,33	120,44	¢1 251 515,00	¢10 391,19
Noviembre	30	38850	¢2 421 520,00	¢62,33	124,85	¢1 297 345,00	¢10 391,23
Diciembre	31	37450	¢2 334 260,00	¢62,33	119,28	¢1 239 515,00	¢10 391,64
Promedio	30,42	37055,17	¢2 289 949,91	¢62,07	96,53	¢994 940,84	¢10 348,38

Tabla 3: Registro de energía facturada Empresa 1 2025

<b>Registro de facturación energética 2025</b>							
Mes	Días	Energía			Demanda		
		kWh	Importe facturado (₡)	Costo por kWh (₡/kWh)	kW	Importe facturado (₡)	Costo por kWh (₡/kW)
Enero	31	42700	₡2 593 755,00	₡60,74	118,23	₡1 197 275,00	₡10 126,66
Febrero	28	33600	₡1 810 030,00	₡53,87	109	₡978 640,00	₡8 978,35
Marzo	31	42650	₡1 108 550,00	₡25,99	118,44	947955	₡8 003,67
Abril	30	45745	₡1 040 980,00	₡22,76	115,92	660150	₡5 694,88
Promedio	30,42	41173,75	₡1 638 328,75	₡40,84	115,40	₡946 005,00	₡8 200,89

## Apéndice 4

### *Recopilación de información: Empresa NatuFruit*

#### *Descripción de la empresa*

Nombre de la empresa: Empresa 2

Ubicación: Moravia, Los Sitios

Actividad de la empresa: Producción de pulpas y bebidas

Jornada laboral de producción: Lunes a viernes 7:00 a 5:00, 7:30 a 5:00 y 6:00 a 6:00

Edad promedio de maquinaria: 4 años

Cantidad de edificios de planta: 4 edificios

Cantidad de empleados: 41 personas

#### *Descripción del sistema eléctrico*

Compañía que brinda servicio de electricidad:

ICE

JASEC

CNFL

ESPH

Coopeguanacaste

Coopealfaroruiz

Coopesantos

Coopelesca

**Tabla 1.** Información de acometida 1:

<b>Capacidad (kVA)</b>	---
<b>Tensión (V)</b>	480
<b>NISE</b>	28211695
<b>Nº medidor</b>	948922
<b>Nº localización</b>	7809903160

Las empresas manufactureras del sector alimenticio presentan sistemas de alto consumo energético donde se pueden evidenciar sistemas (Usos energéticos) como los siguientes enlistadas, marque las que se apliquen a la empresa:

- |                                                        |                                                   |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Iluminación        | <input checked="" type="checkbox"/> Motores       |
| <input type="checkbox"/> Calefacción                   | <input type="checkbox"/> Aire comprimido          |
| <input type="checkbox"/> Ventilación                   | <input checked="" type="checkbox"/> Vapor         |
| <input checked="" type="checkbox"/> Aire acondicionado | <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración |
| <input type="checkbox"/> Otro: _____                   |                                                   |

### Información de la energía consumida en la empresa

Tipos de energía:

- |                                                                                  |                                |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Eléctrica                                    | <input type="checkbox"/> Solar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Térmica (Indique combustible): <u>Diesel</u> |                                |
| <input type="checkbox"/> Otra: <u>Planta</u>                                     |                                |

Tabla 4: Registro de energía facturada Empresa 2 2024

<b>Registro de facturación energética 2024</b>							
Mes	Días	Energía			Demanda		
		kWh	Importe facturado (€)	Costo por kWh (€/kWh)	kW	Importe facturado (€)	Costo por kW (€/kW)
Enero*	31	6600	€404 580,00	€61,30	29,96		€0,00
Febrero*	28	7120	€436 456,00	€61,30	26,52		€0,00
Marzo*	31	8200	€502 660,00	€61,30	29,52		€0,00
Abril*	30	8240	€505 112,00	€61,30	30,84		€0,00
Mayo*	31	8800	€539 440,00	€61,30	29,84		€0,00
Junio*	30	8960	€549 248,00	€61,30	29,88		€0,00
Julio*	31	8200	€504 792,00	€61,56	28,20		€0,00
Agosto*	31	7800	€486 174,00	€62,33	29,16		€0,00
Septiembre*	30	8400	€523 572,00	€62,33	31,40		€0,00
Octubre	31	7200	€448 775,00	€62,33	26,56	€276 000,00	€10 391,57
Noviembre	30	8040	€501 135,00	€62,33	26,96	€280 160,00	€10 391,69
Diciembre*	31	8400	€523 572,00	€62,33	29,08		€0,00
Promedio	30,42	7997	€493 793,00	€62,07	28,99	€278 080,00	€2 969,04

Tabla 5: Registro de energía facturada Empresa 2 2025

<b>Registro de facturación energética 2025</b>							
Mes	Días	Energía			Demanda		
		kWh	Importe facturado (₡)	Costo por kWh (₡/kWh)	kW	Importe facturado (₡)	Costo por kW (₡/kW)
Enero	31	6760	₡381 320,00	₡56,41	25,04	₡235 430,00	₡9 402,16
Febrero	28	7440	₡400 795,00	₡53,87	27,16	₡243 850,00	₡8 978,28
Marzo	31	8560	₡461 125,00	₡53,87	36,12	₡324 295,00	₡8 978,27
Promedio	30,42	7586,67	₡414 413,33	₡54,72	29,44	₡267 858,33	₡9 119,57

## Apéndice 5

### *Retroalimentación "Herramienta integral de gestión energética para pequeñas empresas (PYMES) del sector manufacturero alimenticio"*

El presente formulario tiene como propósito la recopilación de retroalimentación de la "Herramienta integral de gestión energética para pequeñas empresas (PYMES) del sector manufacturero alimenticio" dividido en 3 secciones con el fin de establecer las limitaciones y beneficios del proyecto y así generar una herramienta útil y cercana a la realidad de las PYMES en Costa Rica.

La **información brindada** será manejada de manera **anónima** con el fin preservar la privacidad de cada empresa y conocer la realidad de las PYMES de forma general.

Es importante resaltar que la participación es **voluntaria** contribuyendo de gran manera a herramientas aplicables a la realidad nacional y el proyecto pretende ser una herramienta que las PYMES puedan utilizar en el futuro, **no busca la obligatoriedad de las empresas en aplicar el proyecto.**

Nombre de la empresa.

---

#### Sección 1: Lineamientos técnicos y legales

La primera sección busca retroalimentación acerca de los requisitos iniciales necesarios en las PYMES para la medición del desempeño energético.

1. ¿La información proporcionada en esta sección le resultó útil para preparar inicialmente a la empresa para la medición del desempeño energético?

Muy útil

Útil en términos generales

Poco útil

Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Reconoce la importancia de la norma INTE/ISO 50001 para la medición del desempeño energético?

- Sí, es fundamental y pertinente
- No la considero relevante en nuestro contexto

3. ¿Le resultó claro y comprensible el texto de esta sección? En caso contrario, por favor indique qué términos o conceptos le generaron dudas.

---

## Sección 2: Guía para medición y análisis de desempeño energético

La segunda sección abarca la retroalimentación de la "Guía de medición y análisis de desempeño energético" y la "Calculadora energética".

1. ¿Considera importante el registro de información operativa y energética como parte del proceso de medición y análisis del desempeño energético?

- Sí, es esencial para una evaluación precisa
- Sí, aunque actualmente no realizamos estos registros
- Lo considero útil, pero difícil de implementar en nuestra empresa
- No lo considero necesario

2. ¿La información técnica brindada en esta sección le pareció relevante y aplicable para la medición y análisis del desempeño energético en su empresa?

- Muy relevante y aplicable
- Relevante en términos generales
- Poco relevante o difícil de aplicar en nuestro contexto
- Otra: \_\_\_\_\_

3. ¿Considera importante realizar mediciones energéticas específicas a equipos y procesos como parte del análisis del desempeño energético?

- Sí, es fundamental para identificar oportunidades de mejora
- Sí, aunque nuestra empresa aún no cuenta con los medios para hacerlo
- Lo considero útil, pero no prioritario actualmente
- No lo considero necesario

4. ¿La Calculadora energética en excel le resultó útil para analizar el desempeño energético de su empresa?

- Sí, fue muy útil y fácil de utilizar
- Sí, aunque fue necesario apoyo adicional para usarla correctamente
- La herramienta es útil, pero no se adaptó del todo a nuestra realidad
- No fue útil o no logramos aplicarla

5. En caso de responder sí, ¿qué secciones o funciones de la calculadora le resultaron más útiles?

- Registro de facturación
- Calcu. energética por fuente
- Calc. energética por sistema
- IDEn

6. Si lo desea, comparta brevemente el análisis energético que obtuvo a partir la herramienta.

---

7. ¿Le resultó claro y comprensible el texto de esta sección? En caso contrario, por favor indique qué términos o conceptos le generaron dudas.

---

### Sección 3: Estructura financiera

La tercera sección recibe la retroalimentación de la estructura financiera que abarca costos asociados, beneficios derivados y fuentes de financiamiento.

1. ¿Considera que los costos asociados presentados en la herramienta son útiles y podrían ser tomados en cuenta en decisiones futuras?

- Sí, son claros y aplicables a nuestra realidad
- Parcialmente, algunos no se ajustan a nuestro contexto
- No los considero útiles para nuestra empresa

2. ¿Los beneficios potenciales identificados en la herramienta motivarían a su empresa a considerar la implementación de un Sistema de Gestión Energética en el futuro

- Sí, definitivamente
- Sí, aunque necesitamos mayor claridad
- Tal vez, depende de los recursos disponibles
- No, por falta de interés o viabilidad

3. ¿Le resultó útil la información sobre fuentes de financiamiento para proyectos relacionados con eficiencia o gestión energética?

- Sí, fue muy útil y nos orientó sobre posibles apoyos
- La información es interesante, pero no se adapta a nuestro tipo de empresa
- No, no se identificaron fuentes viables para nuestra realidad
- No la consideramos relevante

7. ¿Le resultó claro y comprensible el texto de esta sección? En caso contrario, por favor indique qué términos o conceptos le generaron dudas.

---

## Herramienta utilizada

Esta sección tiene como fin la recopilación de la herramienta utilizada con el propósito de analizar la aplicabilidad de la "Guía de medición y análisis de desempeño energético" y la "Calculadora energética" en casos reales y así reconocer las fortalezas de la herramienta.

Desea proporcionar retroalimentación relevante que no haya podido mencionar antes y sea para la mejora de la herramienta para las PYMES del sector alimenticio

---