



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

TESIS

**“Indicadores de gestión energética como
alternativa al control de costos en la producción
artesanal”.**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

PRESENTA:

I.M. Raúl Alejandro García Macarty

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. Edna Araceli Romero Flores

CO-DIRECTOR DE TESIS:

DRA. Alma Gabriela Alcalde Pérez

ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO. OCTUBRE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado

Orizaba, Veracruz, 24/septiembre/2025

Dependencia: División de Estudios de
Posgrado e Investigación

Asunto: Autorización de Impresión
OPCION: I

C. RAÚL ALEJANDRO GARCÍA MACARTY
Candidato(a) a Grado de Maestro en:
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
PRESENTE.-

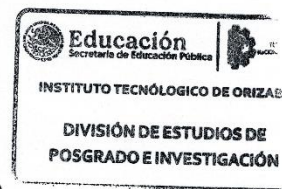
De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

"INDICADORES DE GESTIÓN ENERGÉTICA COMO ALTERNATIVA AL CONTROL DE
COSTOS EN LA PRODUCCIÓN ARTESANAL."

Comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DRA. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



OG-13-F06



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, 25/agosto/2025
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

RAÚL ALEJANDRO GARCÍA MACARTY

La cual lleva el título de:

**"INDICADORES DE GESTIÓN ENERGÉTICA COMO ALTERNATIVA AL CONTROL DE COSTOS EN LA
PRODUCCIÓN ARTESANAL."**

Y concluyen que se acepta y se autoriza su impresión.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DRA. EDNA ARACELI ROMERO FLORES

FIRMA

SECRETARIO: DRA. ALMA GABRIELA ALCALDE PÉREZ

FIRMA

VOCAL: M.C. NURIA ORTEGA PETTERSON

FIRMA

VOCAL SUP.: DR. VÍCTOR RICARDO CASTILLO
INTRIAGO

FIRMA

TA-09-18



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



Agradecimientos

A mis padres, mis tías, mi tío y a toda mi familia, gracias por estar siempre conmigo, por apoyarme en cada decisión y por enseñarme, con su ejemplo, que el esfuerzo y la perseverancia siempre valen la pena. Ustedes son mi motor y mi mayor inspiración.

A mis amigas y colegas Judith y Aránzazu, gracias por su amistad sincera, por escucharme en los momentos difíciles, por celebrar mis pequeños logros y por recordarme siempre que no estaba solo en este camino. Su compañía ha sido un regalo invaluable.

A mis profesores, que con paciencia y dedicación compartieron su conocimiento, les agradezco de corazón por cada enseñanza. En especial, a la Dra. Edna, un excelente ser humano que me ha enseñado y aconsejado con paciencia, y cuyos consejos han sido fundamentales para mi crecimiento como profesional y persona. Mi infinito agradecimiento y reconocimiento a sus enseñanzas y a su apoyo constante, que han marcado mi vida de una manera profunda.

Al Instituto Tecnológico de Orizaba, gracias por abrirme sus puertas y brindarme un espacio donde pude crecer, aprender y soñar con este proyecto. También a todas las personas que, de una u otra forma, me tendieron la mano durante este proceso.

A mis compañeros de generación y colegas, gracias por las risas, las conversaciones y la complicidad que hicieron de este camino algo más ligero y significativo.

De manera muy especial, gracias a Francisco Castañeda Zamudio, por confiar en mí y permitir que este proyecto se realizara en su empresa. Sin su generosidad y apoyo, este trabajo no habría sido posible.

Y, sobre todo, agradezco a Dios y a la vida por darme la fuerza, las oportunidades y las personas maravillosas que me han acompañado. Este logro no es solo mío, sino también de todos los que han estado a mi lado en cada paso de este viaje.

Resumen

El objetivo principal fue mejorar la eficiencia energética para reducir los costos operativos y aumentar la sostenibilidad financiera en un contexto de alta competitividad y regulaciones ambientales estrictas. El estudio destacó la dependencia problemática de la producción de bebidas artesanales en los datos generales de consumo energético proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo que limitaba su capacidad para gestionar eficazmente estos gastos. Se propuso un enfoque metodológico estructurado alrededor del ciclo de Deming (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) para implementar un sistema de gestión de energía que incluyó el diagnóstico de los procesos productivos con mayor consumo energético, la identificación de las principales variables de medición de energía y el desarrollo de simulaciones financieras para el control de los gastos operativos relacionados con el consumo energético. Este sistema no solo buscó mejorar la rentabilidad y eficiencia energética de la empresa de bebidas artesanales, sino también reducir su huella de carbono y servir como un modelo replicable para otras MiPyMEs del sector, alineándose con las políticas nacionales sobre energía y cambio climático, y promoviendo prácticas de consumo energético sostenible como parte de la responsabilidad social corporativa.

Palabras clave: Micro Pequeñas y Medianas Empresas, Bebidas Artesanales, Gestión de la Energía, Gastos Operativos.

Abstract

The main objective was to improve energy efficiency in order to reduce operating costs and enhance financial sustainability within a context of high competitiveness and strict environmental regulations. The study highlighted the problematic dependency of artisanal beverage production on general energy consumption data provided by the Federal Electricity Commission (CFE), which limited its capacity to effectively manage these expenses. A structured methodological approach was proposed, based on the Deming Cycle (Plan, Do, Check, Act), to implement an energy management system that included diagnosing the most energy-intensive production processes, identifying key energy measurement variables, and developing financial simulations to control operating expenses related to energy consumption. This system not only aimed to improve the profitability and energy efficiency of the artisanal beverage company, but also to reduce its carbon footprint and serve as a replicable model for other MSMEs in the industry. It aligned with national

policies on energy and climate change and promoted sustainable energy consumption practices as part of corporate social responsibility.

Keywords: Micro, Small and Medium Enterprises, Artisanal Beverage, Energy Management, Operating Expenses.

Contenido

Resumen	I
Abstract	I
Capítulo 1 Generalidades	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Posicionamiento de la Tesis.....	1
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Objetivo general	4
1.4.1 Objetivos específicos.....	4
1.5 Justificación del proyecto.....	5
1.5.1 Impacto tecnológico	6
1.5.2 Impacto económico.....	7
1.5.3 Impacto ambiental.....	7
1.6 Propuesta de solución.....	8
1.7 Metodología.....	8
1.7.1 Etapa 1: Diagnóstico.....	12
1.7.2 Etapa 2: Análisis de energía	14
1.7.3 Etapa 3: Diseño del sistema del sistema de gestión ´de energía.....	16
1.7.4 Etapa 4: Análisis de datos	18
1.7.5 Etapa 5: Resultados.....	21
1.7.6 Etapa 6: Propuestas	24
1.8 Programación del desarrollo de la tesis	28
Capítulo 2	30
2.1 Introducción.....	30
2.2 Evolución de los Sistemas de Energía	31

2.2.1	Inicio de los sistemas de gestión de energía	31
2.2.2	Implementación del Ciclo de Mejora Continua (PDCA) y normas ISO.....	32
2.2.3	Avance hacia la digitalización y automatización	32
2.2.4	Impacto de las PYMEs y casos de implementación de buenas prácticas	33
2.2.5	Revolución con el internet de las cosas (IoT)	34
2.2.6	Implementación de la inteligencia artificial en edificios inteligentes	34
2.3	Profundización en la Aplicación de Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) mediante el Ciclo PDCA.....	35
2.3.1	Planificación (Plan)	35
2.3.2	Ejecución (Do).....	35
2.3.3	Monitoreo y Verificación (Check).....	36
2.3.4	Mejora Continua (Act).....	36
2.3.5	Integración de Tecnologías Emergentes y Enfoques Holísticos.....	37
2.4	Indicadores Clave de Rendimiento	37
2.4.1	Definición e Importancia de los KPI en Gestión Energética	38
2.4.2	Clasificación y Aplicación de los KPI Energéticos.....	38
2.4.3	Metodología para el Desarrollo de KPI Energéticos	39
2.5	Sostenibilidad y Gestión Ambiental en la Industria	40
2.5.1	Reducción de la Huella de Carbono y Optimización de Recursos	41
2.5.2	Impacto Económico y Competitividad	41
2.5.3	Normativas y Políticas Ambientales	42
2.5.4	El Enfoque de Mejora Continua y el Ciclo PHVA.....	42
2.6	Tecnologías y Herramientas para la Gestión Energética	43
2.6.1	Herramientas Estadísticas para el Análisis de Datos Energéticos	44
2.7	Modelos Económicos para la Evaluación de la Eficiencia Energética.....	45
2.7.1	Fundamentación de los Modelos Económicos en Eficiencia Energética	46

2.7.2	Retorno de la Inversión (ROI) y Payback.....	46
2.7.3	Modelos de simulación	47
2.8	Presupuesto Maestro y Control de Costos en la Gestión Energética.....	47
2.8.1	Importancia del Presupuesto Maestro en la Planificación Energética.....	47
2.8.2	Retorno de la inversión (ROI) y beneficios económicos.....	48
2.8.3	Planificación energética y medidas correctivas proactivas.....	48
2.9	Costo de conversión en la producción	49
2.10	Mapa de flujo de valor (VSM: Value Stream Mapping)	50
2.10.1	Simbología y Componentes del VSM.....	51
2.10.2	Aplicaciones del VSM.....	52
2.10.3	Metodología para implementar el VSM.....	53
2.11	Microsoft Visual Basic.....	53
2.11.1	Antecedentes	53
2.11.2	Automatización de procesos administrativos con Visual Basic for Applications (VBA).....	54
2.12	Cuestionarios para el diagnóstico energético	55
2.12.1	El uso de cuestionarios como herramienta de validación en la evaluación de sistemas energéticos para MiPyME.....	56
	Vinculación del cuestionario con marcos normativos y metodologías de diagnóstico energético: ISO 50001:2018 y CONUEE.....	57
Capítulo 3		59
3.1	Relación entre el costo de conversión y la eficiencia energética en la producción.....	59
3.2	Diagnóstico en el proceso productivo.....	60
3.3	Análisis de consumo energético	62
3.3.1	Análisis de Consumo Energético y Producción	62
3.3.2	Análisis de Energía	66

3.3.3	Diseño del sistema de gestión de energía	70
3.3.4	Análisis de Datos	72
3.3.5	Impacto de los Costos Indirectos de Fabricación (CIF) en la Rentabilidad y Eficiencia Energética	75
3.3.6	Análisis del Mapeo del Flujo de Valor (VSM) y su Impacto en la Gestión Financiera y Operativa	77
3.4	Aplicación de un cuestionario diagnóstico para validar la gestión energética en MIPYMEs de bebidas artesanales.....	81
3.4.1	Contexto y Justificación Metodológica	81
3.4.2	Cambios en el entorno de validación y continuidad del proyecto.....	82
3.4.3	Resultados esperados y alcance de la herramienta	82
3.4.4	Integración con el Ciclo de Mejora Continua PHVA.....	82
3.4.5	Contribuciones a la Validación de la Herramienta de Gestión	83
3.4.6	Participación de Actores Clave en la Mejora Continua	83
3.4.7	Características Generales del Instrumento	83
3.4.8	Proceso de Aplicación y Aspectos Éticos.....	83
3.4.9	Correspondencia con los Componentes del SGEEn	84
3.4.10	Resultados Preliminares y Retroalimentación	84
3.4.11	Limitaciones del Instrumento Aplicado	86
3.4.12	Listado Completo de Ítems del Cuestionario	86
Capítulo 4		88
4.1	Herramienta digital para la gestión energética y de costos en MiPyMEs artesanales	88
4.2	Diseño y desarrollo de la herramienta digital para la gestión energética y de costos	89
4.2.1	Objetivo de la Herramienta	89
4.2.2	Entorno de Desarrollo y Justificación Tecnológica.....	89

4.2.3	Estructura General y Módulos Funcionales	89
4.2.4	Aporte de Inteligencia Artificial en el Desarrollo	91
4.3	Estructura funcional y capacidades operativas de la herramienta de gestión energética y de costos	93
4.3.1	Interfaz Gráfica y Navegación Estructurada	93
4.3.2	Componentes Modulares de la Herramienta	94
4.3.3	Indicadores de Desempeño Energético y Económico	94
4.3.4	Validación de Datos y Seguridad del Sistema	95
4.4	Validación funcional de la herramienta digital	95
4.4.1	Prueba Piloto con Productores Artesanales	95
4.4.2	Recomendaciones Recibidas	96
4.4.3	Alcance de la Validación	96
4.4.4	Relevancia Estratégica de la Herramienta Validada	97
4.5	Evaluación crítica: fortalezas, limitaciones y potencial de mejora de la herramienta digital	97
4.5.1	Fortalezas Principales	97
4.5.2	Limitaciones Identificadas	98
4.5.3	Recomendaciones para el Desarrollo Futuro	98
4.6	Alcances, impacto y proyección de la herramienta de gestión energética y de costos	99
	Conclusiones	101
	Contexto y justificación de la tesis	101
	Alcance del proyecto	102
	Hallazgos y Aportaciones	103
	Flexibilidad metodológica y adaptación al contexto	103
	Implicaciones Prácticas	104

Recomendaciones para Investigaciones Futuras	105
Reflexión Final.....	105
Referencias bibliográficas.....	107
Gráfica 1 Relación entre consumo energético y producción en litros	4
Gráfica 2 Relación entre el costo energético total (MXN) y el costo de conversión por litro (MXN/L) en el periodo 2023-2024.	62
Gráfica 3 Representación del consumo energético (kWh) y la producción (litros) por bimestre en el año 2024, reflejando la tendencia de eficiencia energética y niveles de producción.....	64
Gráfica 4 Variación de la productividad energética (litros por kWh) a lo largo de los 6 bimestres de 2024, reflejando los cambios en eficiencia operativa.	64
Gráfica 5 Comparativo de consumo energético y producción normalizados (%) a lo largo de los 6 bimestres de 2024, mostrando tendencias relativas en eficiencia y productividad. ...	65
Gráfica 6 Relación entre el costo energético total y el costo de conversión por litro utilizando una tarifa estimada alta (\$6.50 MXN/kWh).	68
Gráfica 7 Análisis del retorno sobre la inversión (ROI) por bimestre.....	73
Gráfica 8 Evolución del costo de producción por litro de bebida artesanal en cada bimestre.	75
Gráfica 9 El 60 % de los participantes estuvo de acuerdo, lo cual indica un grado aceptable de conocimiento interno, pero también señala que el 40 % aún no tiene claridad.	84
Gráfica 10 El 70 % de los encuestados estuvo en desacuerdo o ni de acuerdo ni en desacuerdo, lo cual revela la falta de asignación formal de responsabilidades en el tema energético, situación que debilita cualquier estrategia de mejora continua.	85
Gráfica 11 Aunque el 60 % afirma haber tomado acción, aún persiste un 40 % de respuestas neutrales, lo que sugiere que muchas de estas medidas podrían carecer de planificación o seguimiento formal.....	85

Gráfica 12 Un 60 % respondió “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y un 30 % en desacuerdo, lo que evidencia una clara ausencia de lineamientos formales sobre el tema, afectando la institucionalización del sistema de gestión energética.86

Ilustración 1 Etapas para el desarrollo de un SGE en el contexto del ciclo de mejora continua.....10

Ilustración 2 A continuación, se presenta un diagrama de flujo del proceso productivo actual de la fábrica de bebidas artesanales, el cual permite identificar las etapas clave que inciden en los costos de conversión y el consumo energético.....61

Ilustración 3 Interfaz de usuario del módulo PZEM-004T.....67

Ilustración 4 Esta hoja fue utilizada inicialmente por el productor para estimar costos de producción y rentabilidad, pero presenta errores que impactan negativamente la toma de decisiones financieras.....76

Ilustración 5 Fragmento del código del módulo de cálculo de costos y ROI.....91

Ilustración 6 Fragmento del código del formulario principal de cálculo.92

Ilustración 7 Fragmento del código del módulo ayuda.92

Tabla 1 Etapas y actividades clave para la gestión energética eléctrica, estructuradas bajo el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) para la optimización del consumo y su impacto en el presupuesto operativo.12

Tabla 2 Programación de actividades por etapas para la gestión energética eléctrica29

Tabla 3 La simbología utilizada en esta tabla proviene de Microsoft Visio y la tabla es de elaboración propia.52

Tabla 4 Registro de variables eléctricas monitoreadas en tiempo real mediante el módulo PZEM-004T.....70

Tabla 5 Comparativa bimestral de litros producidos, costos de producción unitarios, ingresos estimados por venta y retorno sobre la inversión (ROI).72

Tabla 6 Comparación del Consumo Energético y Tiempos entre AS-IS y TO-BE79

Capítulo 1 Generalidades

1.1 Introducción

La creciente necesidad de mejorar el uso de los recursos energéticos ha impulsado a diversas industrias a explorar alternativas sostenibles que no solo reduzcan costos, sino que también contribuyan al cuidado del medio ambiente. En este contexto, las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs), particularmente las cervecerías artesanales, se enfrentan al desafío de equilibrar la eficiencia operativa con la sostenibilidad. Dado que la producción de cerveza artesanal es un proceso intensivo en energía, la gestión eficaz del consumo energético se ha convertido en un factor crucial para la rentabilidad y el éxito a largo plazo de estas empresas.

A nivel global, la eficiencia energética ha sido abordada mediante la implementación de sistemas de gestión que permiten monitorear y controlar el consumo en tiempo real. Sin embargo, en México, muchas cervecerías artesanales dependen de datos generales proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo que limita su capacidad para implementar estrategias de optimización energética. Este contexto plantea una oportunidad para desarrollar e implementar sistemas de gestión energética que se adapten a las necesidades y limitaciones de las MiPyMEs.

En esta tesis se propone la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) en una fábrica de bebidas artesanales de Orizaba, Veracruz, con el fin de mejorar su consumo energético y reducir los costos operativos. A través de un enfoque metodológico estructurado, este estudio pretende demostrar que la gestión energética no solo mejora la eficiencia y rentabilidad de las cervecerías artesanales, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sector.

1.2 Posicionamiento de la Tesis

Esta tesis se perfila dentro de la Línea de Investigación e Incidencia Social: Administración del Desarrollo Empresarial del programa de Maestría en Ingeniería Administrativa (MIA).

Aborda la problemática de la optimización del consumo energético y la reducción de costos operativos en una empresa de bebidas artesanales mediante la implementación de un sistema de gestión energética integral, alineado con los objetivos de promover el uso eficiente y sostenible de los recursos energéticos en las MiPyMEs.

1.3 Planteamiento del problema

El dinamismo del mercado de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) en México se ha reflejado en la evolución de su demografía empresarial, según el Estudio sobre la Demografía de los Negocios (EDN) 2023 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), entre mayo de 2019 y mayo de 2023, el país vio nacer 1.7 millones de establecimientos y morir 1.4 millones, indicando un entorno de alto flujo de entrada y salida, pero con un neto positivo en la creación de empresas (de Estadística y Geografía. INEGI, n.d.). A pesar de esta tendencia general positiva, estas empresas, como refleja el mismo estudio, siguen enfrentándose a importantes desafíos que afectan su supervivencia y rentabilidad.

El panorama descrito por el INEGI y la situación específica de esta empresa de bebidas artesanales ilustran un problema más amplio que enfrentan las MiPyMEs en México: la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera en un entorno altamente competitivo y regulado. Estos desafíos son particularmente agudos en el sector de las MiPyMEs, donde la tasa de mortalidad sigue siendo considerable, y la supervivencia a largo plazo requiere no solo la adaptabilidad y la innovación, sino también una gestión eficaz y estratégica de los recursos críticos como la energía (Galitsky et al., 2003).

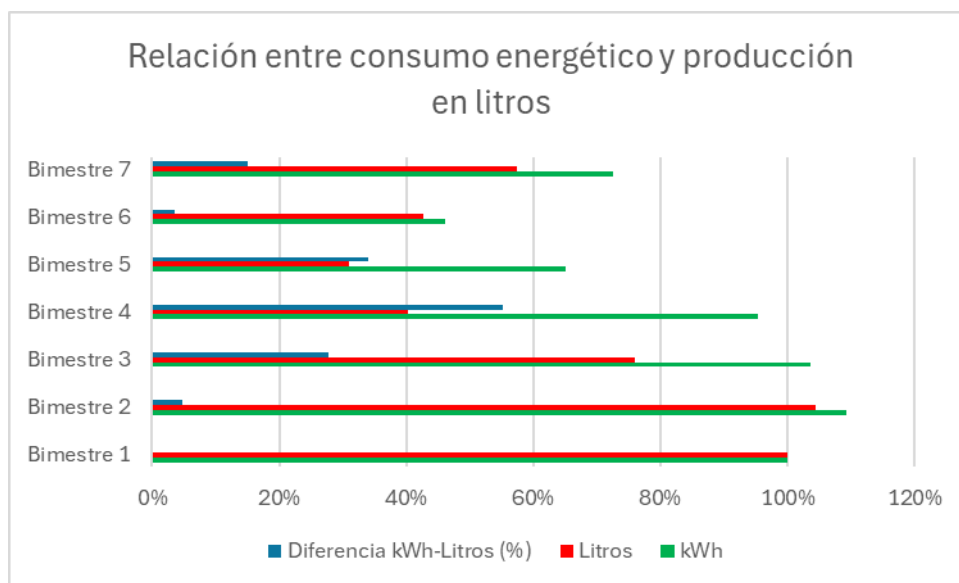
Un caso particular de interés se encuentra en la ciudad de Orizaba, Veracruz, donde una empresa de bebidas artesanales fundada en 2018 ha incrementado su participación en el mercado de este tipo de bebidas notoriamente. Sin embargo, este resultado no es proporcional a los resultados de rentabilidad y liquidez, que han sido particularmente afrontados por esta organización durante 2023.

En esta empresa de bebidas artesanales, uno de los mayores retos identificados ha sido la gestión de los costos operativos, siendo el consumo energético uno de los más

significativos. La dependencia de la empresa en los datos generales de consumo proporcionados por los recibos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha limitado su capacidad para proyectar y gestionar estos gastos de manera efectiva, impactando directamente la rentabilidad del negocio. Esta situación es aún más crítica considerando que, de acuerdo con Suez Raffa et al. (2022), la falta de sistemas de medición de energía adecuados limita la capacidad de las empresas para implementar estrategias que no solo reduzcan los costos, sino también minimicen el impacto ambiental de sus operaciones.

El gráfico muestra la relación porcentual entre el consumo de energía (kWh) y la producción en litros de la cervecería a lo largo de siete bimestres. Se observa que, en algunos periodos, como el bimestre 4, el consumo de energía disminuye ligeramente al 95%, pero la producción cae drásticamente al 40%, resultando en una diferencia significativa del 55%. Esto indica ineficiencias que impactan negativamente la rentabilidad, ya que la energía consumida no se traduce en producción proporcional. En otros periodos, como el bimestre 6, la diferencia es menor (3%), sugiriendo una mejor alineación entre consumo y producción, lo cual es favorable para la rentabilidad y la liquidez. Las discrepancias entre el consumo energético y la producción afectan la rentabilidad debido a los costos operativos no justificados por la producción, y la liquidez se ve comprometida cuando los ingresos no cubren los costos adicionales de energía.

No atender la problemática de la desalineación entre el consumo energético y la producción puede tener serias consecuencias para la permanencia de la cervecería en el mercado. Las ineficiencias energéticas resultan en costos operativos elevados que no se justifican con la producción, afectando negativamente la rentabilidad. A largo plazo, la empresa podría enfrentar dificultades para cubrir sus gastos, deteriorando su liquidez y capacidad para invertir en mejoras. Esto compromete su competitividad, disminuye su capacidad para responder a las demandas del mercado y pone en riesgo su sostenibilidad y viabilidad a futuro.



Gráfica 1 Relación entre consumo energético y producción en litros

1.4 Objetivo general

Desarrollar un sistema de gestión de energía orientado a MiPyMES dedicadas a la elaboración de bebidas artesanales mediante técnicas de control que faciliten la planeación, el monitoreo y la presupuestación precisa de los costos operativos, mejorando así la eficiencia energética y reduciendo los gastos asociados.

1.4.1 Objetivos específicos

1. Realizar un diagnóstico del proceso productivo para identificar la etapa con mayor consumo energético, utilizando auditorías energéticas detalladas y gráficos de Pareto que permitan visualizar y priorizar procesos de alto consumo.
2. Analizar sistemas de gestión de energía, para identificar las principales variables de medición como voltaje, corriente, potencia y factor de potencia, empleando dispositivos de medición precisos como el módulo PZEM-004T y sistemas de adquisición de datos.
3. Diseñar las etapas del proceso del control de energía para identificar el comportamiento de los indicadores clave de rendimiento (KPI), empleando métodos estadísticos avanzados como análisis de regresión y análisis de varianza (ANOVA) para interpretar los datos.

4. Desarrollar una plataforma tecnológica que apoye en el control de los costos operativos relacionados con el consumo energético de una MiPyME, incorporando datos de consumo energético en tiempo real.

1.5 Justificación del proyecto

La necesidad de desarrollar un sistema de gestión de energía en una empresa de bebidas artesanales en Orizaba, Veracruz, surge de múltiples factores críticos que demandan una intervención tecnológica, económica y ambiental. Esta propuesta de protocolo se justifica ampliamente bajo el marco de los objetivos estratégicos de los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), específicamente en los temas de energía y cambio climático. Además, de coincidir con los ejes de trabajo del PRONACE en estos temas y responde directamente a varias de las demandas identificadas por los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (PRONAI), así mismo este proyecto se alinea con la línea de investigación en administración del desarrollo empresarial.

El sector de bebidas artesanales ha mostrado un crecimiento significativo en los últimos años; sin embargo, enfrenta el desafío de altos costos operativos, principalmente debido al consumo energético. La ausencia de sistemas de gestión de energía especializados ha llevado a una dependencia de datos generales proporcionados por entidades como la Comisión Federal de Electricidad, lo cual no permite una gestión eficaz del consumo ni la optimización de procesos. Este proyecto busca implementar un sistema que no solo permita un diagnóstico detallado del consumo energético por etapas del proceso productivo, sino también el diseño de estrategias para mejorar la eficiencia energética. Esto conllevará a una reducción significativa en los costos operativos, alineándose con la demanda de uso eficiente de energía destacada por el PRONAI.

En términos ambientales, México ha experimentado un incremento en la demanda de energía que ha sido cubierta mayoritariamente por combustibles fósiles, resultando en un aumento considerable de las emisiones de CO₂. La industria de bebidas artesanales no es ajena a estos retos, y la implementación de un sistema de gestión de energía en la empresa

de bebidas artesanales no solo reducirá su huella de carbono, sino que también establecerá un precedente para la sostenibilidad en el sector (Conahcyt, 2024a).

Además, este proyecto se posiciona sólidamente dentro del marco de justicia energética y responsabilidad social. En México, la desigualdad en el acceso a servicios energéticos básicos afecta significativamente a una gran parte de la población, creando un panorama donde la necesidad de adoptar prácticas de consumo sostenible se vuelve crucial. Al centrarse en las MiPyMES, especialmente en sectores como el de bebidas artesanales, este proyecto no solo aborda la eficiencia energética desde una perspectiva económica y operativa, sino que también eleva el ahorro de energía como un componente esencial de la responsabilidad social corporativa (Conahcyt, 2024c).

Promover el ahorro de energía en MiPyMES implica más que una simple reducción de costos; significa participar activamente en la lucha contra las inequidades energéticas y contribuir a un entorno más equitativo. Al implementar sistemas energéticos más eficientes y sostenibles, las MiPyMES no solo mejoran su propia viabilidad económica, sino que también sirven como modelos replicables para otras industrias en diversas regiones, potencialmente transformando prácticas industriales y comunitarias. Este enfoque no solo ayuda a democratizar el acceso a la energía, sino que también promueve una mayor conciencia sobre la importancia del consumo energético responsable como pilar de la justicia social y ambiental (Conahcyt, 2024b).

Finalmente, el proyecto busca promover un cambio de paradigma en los patrones de consumo energético en la industria y la sociedad. Esto está en línea con las metas del PRONACE-ECC de desarrollar un sistema energético sostenible y equitativo, que no solo enfrente los desafíos actuales, sino que también anticipe las necesidades futuras en términos de mitigación de impactos y riesgos del cambio climático. La investigación pretende generar información científica que pueda ser utilizada para fundamentar políticas públicas y estrategias de largo plazo, garantizando un uso sustentable y democrático de la energía (Conahcyt, 2024c).

1.5.1 Impacto tecnológico

Este proyecto propone la implementación de un sistema de gestión energética enfocado en el control y monitoreo de indicadores clave de consumo energético, que permitirá una toma de decisiones informada y eficiente en una empresa manufacturera. Aunque el proyecto no

emplea tecnologías de punta, se centra en la utilización de herramientas adecuadas y accesibles para la medición y análisis de la energía, proporcionando una solución práctica y efectiva que puede ser replicada en otras MiPyMES del sector. Este enfoque se alinea con los objetivos de PRONACES en cuanto a la promoción de la innovación tecnológica adaptativa y escalable para un desarrollo sostenible. Al mejorar la capacidad de la empresa para gestionar su consumo energético, se contribuye a la creación de un modelo de negocio más resiliente y menos dependiente de los combustibles fósiles, fomentando así un sistema energético más diversificado y sostenible en el ámbito local e industrial (Conahcyt, 2024a).

1.5.2 Impacto económico

La implementación de este sistema de gestión energética en la cervecería artesanal está diseñada para reducir significativamente el consumo de energía, lo que se traduce directamente en un control de los costos operativos. Al elaborar técnicas para un mejor uso energético, el proyecto no solo mejora la rentabilidad de la empresa al reducir uno de sus gastos más significativos, sino que también fomenta la sostenibilidad económica a largo plazo. Esta estrategia está en completa alineación con los objetivos de PRONACES, que buscan garantizar el acceso a servicios energéticos que satisfagan las necesidades básicas de las empresas de manera equitativa y sostenible (Conahcyt, 2024c). Además, al disminuir la dependencia de fuentes de energía costosas y volátiles, se facilita un entorno más controlable y predecible para la planificación financiera y operativa de la fabricación de bebidas artesanales. Esta transición hacia prácticas más eficientes no solo beneficia a la empresa individualmente, sino que también establece un precedente para otras MiPyMES en la industria, promoviendo un modelo de gestión energética replicable y económicamente viable.

1.5.3 Impacto ambiental

El desarrollo de un sistema de gestión de energía que se propone en este proyecto es una herramienta clave en la transición hacia prácticas de consumo de energía más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Mediante la reducción efectiva del consumo energético, el proyecto no solo disminuye la huella de carbono de la empresa de bebidas artesanales, sino que también contribuye a los esfuerzos globales y nacionales para combatir el cambio climático. Esta iniciativa se alinea perfectamente con los objetivos de PRONACES, que promueven la mitigación de los impactos ambientales del cambio

climático a través de la implementación de ciudades más sostenibles y la integración de consideraciones ambientales en las políticas urbanas y empresariales (Conahcyt, 2024b).

1.6 Propuesta de solución

El desarrollo un sistema de gestión de energía orientado a MiPyMES dedicadas a la elaboración de bebidas artesanales mediante técnicas de control facilitará la planeación, el monitoreo y la presupuestación precisa de los costos operativos, mejorando así la eficiencia energética y reduciendo los gastos asociados.

1.7 Metodología

Un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) constituye una estrategia metodológica diseñada para fomentar una mejora continua y sostenible del rendimiento energético en las organizaciones de manera costo-eficiente. La adopción de un SGEn no debe percibirse como un fin en sí mismo, más bien, su verdadera finalidad es potenciar el desempeño energético mediante la implementación efectiva de acciones a lo largo de todo el sistema. Esta perspectiva subraya que la eficacia de un SGEn depende crucialmente del compromiso y la participación de todos los actores dentro de la organización, quienes deben estar dispuestos a gestionar de manera proactiva el consumo y costo de la energía y a implementar los cambios necesarios en las operaciones diarias para facilitar estas mejoras y la consecuente reducción de costos (Flores Díaz et al., 2016).

La metodología que se presenta en este protocolo de tesis está basada en el "Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de Energía" de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Este manual cuenta con el respaldo de la Secretaría de Energía (SENER), lo que garantiza su efectividad y fiabilidad. La implementación de un SGEn ofrece múltiples beneficios a las organizaciones, entre estos se incluye la capacidad de identificar, priorizar y seleccionar acciones que no solo promuevan la mejora del rendimiento energético, sino que también maximicen el retorno de la inversión en base a su

potencial de ahorro. Asimismo, este sistema contribuye a la reducción de costos mediante un uso más eficiente de los recursos energéticos, lo que a su vez impulsa la productividad y el crecimiento al minimizar el desperdicio.

Además, un SGEEn promueve la adopción de las mejores prácticas en la gestión energética, asegura la confianza y la calidad de la información utilizada para la toma de decisiones, facilita la integración con otros sistemas de gestión ya existentes, fomenta el desarrollo de capacidades dentro de la organización y cultiva una cultura organizacional enfocada en la gestión eficiente de la energía (Flores Díaz et al., 2016).

Este protocolo de tesis presenta una metodología detallada para desarrollar un Sistema de Gestión de Energía (SGEEn), aplicando el ciclo Deming de mejora continua, que incluye las fases de Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Este enfoque sistemático, respaldado por la SENER y validado por la CONUEE, está representado en la Ilustración 1, proporcionando un marco visual que guía cada paso del proceso dentro del contexto del ciclo Deming, asegurando así una implementación eficaz y ordenada del SGEEn (Flores Díaz et al., 2016).

Metodología para el Desarrollo e Implementación de un SGEN

Ciclo de mejora continua, planificar, hacer, verificar, actuar



Ilustración 1 Etapas para el desarrollo de un SGEN en el contexto del ciclo de mejora continua.

 PLANEAR	Etapa 1: Diagnóstico	1.1 Identificar el proceso productivo con mayor consumo energético eléctrico. 1.2 Priorizar procesos basados en el potencial de mejora y ahorro.
	Etapa 2: Análisis de energía	2.1 Establecer métodos para el seguimiento y registro de variables. 2.2 Determinar objetivos de rendimiento e energético eléctrico.
 HACER	Etapa 3: Diseño del sistema de gestión de energía	3.1 Identificar las principales variables de medición. 3.2 Recopilar datos de fuentes primarias y secundarias. 3.3 Validar los datos recopilados.
 VERIFICAR	Etapa 4: Análisis de datos	4.1 Identificar comportamiento de los indicadores. 4.2 Diseñar etapas del proceso del control de energía eléctrico. 4.3 Utilizar herramientas estadísticas para interpretar los datos. 4.4 Relacionar los indicadores con los resultados de producción y gastos de operación.
 ACTUAR	Etapa 5: Resultados	5.1 Analizar el impacto de las medidas de eficiencia energética en los gastos operativos. 5.2 Incorporar los datos de consumo energético en el presupuesto operativo actual para calcular ahorros o sobrecostos.

		5.3 Ajustar las proyecciones del presupuesto maestro basándose en los resultados obtenidos. 5.4 Presentar un informe de impacto en los gastos operativos a la dirección, destacando variaciones respecto al presupuesto maestro.
	Etapa 6: Propuestas	6.1 Proponer políticas o procedimientos para la integración continua de prácticas de eficiencia energética en la planificación financiera. 6.2 Revisar y ajustar el presupuesto maestro en función de las iniciativas propuestas de ahorro energético.

Tabla 1 Etapas y actividades clave para la gestión energética eléctrica, estructuradas bajo el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) para la optimización del consumo y su impacto en el presupuesto operativo.

1.7.1 Etapa 1: Diagnóstico.

En la búsqueda de una operación sostenible y económicamente viable, es crucial iniciar con un diagnóstico claro y preciso. Para las MiPyMES dedicadas a la elaboración de bebidas artesanales, la eficiencia energética no es solo una cuestión de responsabilidad ambiental, sino también un factor crítico en la competitividad y rentabilidad del negocio (Conduah et al., 2019). La Etapa 1 del desarrollo de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) se dedica a establecer un entendimiento profundo del consumo energético actual y a identificar oportunidades estratégicas de mejora. Esta etapa tiene como objetivo proporcionar un mapa detallado de dónde y cómo se utiliza la energía, así como establecer un orden de prioridades que guíe las acciones futuras hacia los mayores beneficios económicos y la sostenibilidad a largo plazo (Flores Díaz et al., 2016).

Pasos Esenciales:

a) Identificación del Proceso de Mayor Consumo:

- **Evaluación Meticulosa:** Realizar una evaluación exhaustiva para determinar qué partes del proceso de producción consumen la mayor cantidad de energía. Esta evaluación se

llevará a cabo mediante auditorías energéticas específicas para cada proceso de producción.

- **Herramientas Utilizadas:** Utilizar herramientas como medidores de energía y análisis de datos históricos. Los medidores de energía, como el módulo PZEM-004T, permitirán obtener datos precisos sobre el consumo de energía en diferentes etapas del proceso.
- **Métodos de Análisis:** Emplear gráficos de Pareto para visualizar y priorizar los procesos que representan el mayor consumo. Este método ayudará a identificar los "pocos vitales" que representan la mayoría del consumo energético.
- **Resultados Esperados:** Obtener una comprensión clara de los procesos que requieren atención prioritaria para la implementación de mejoras.

b) **Priorización de Procesos para Mejora y Ahorro:**

- **Clasificación de Procesos:** Con base en el análisis previo, clasificar los procesos por su potencial de ahorro energético y de costos. Esta clasificación permitirá enfocar los esfuerzos en las áreas con mayor impacto potencial.
- **Criterios Específicos:** Emplear criterios como el consumo energético total, el costo operativo asociado, el impacto en la producción y la facilidad de implementación de mejoras. Estos criterios ayudarán a evaluar y priorizar los procesos de manera objetiva.
- **Matriz de Priorización:** Utilizar una matriz de priorización que considere el consumo energético y el costo de implementación versus el beneficio potencial. Esta matriz proporcionará una visión clara de las prioridades estratégicas.
- **Resultados Esperados:** Desarrollar una lista de procesos priorizados para la implementación de medidas de eficiencia energética, asegurando que los recursos se asignen de manera eficiente y que las medidas implementadas tengan un impacto significativo.

c) **Creación de un Tablero de Control:**

- **Diseño del Tablero:** Diseñar un tablero de control para los directivos de la empresa, que permita visualizar de forma clara y en tiempo real los datos relevantes del diagnóstico energético. Este tablero será una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

- Componentes del Tablero: Incluir gráficos de consumo energético, indicadores clave de rendimiento (KPI), y alertas sobre áreas de alto consumo. Los KPI pueden incluir el consumo energético total, la eficiencia energética, y el factor de potencia.
- Visualización de Datos: Utilizar gráficos de líneas, barras y otros elementos visuales para representar los datos de manera clara y comprensible.
- Monitoreo Continuo: Establecer un sistema de monitoreo continuo que permita actualizar los datos en tiempo real y proporcionar alertas cuando se superen ciertos umbrales de consumo.
- Resultados Esperados: Facilitar la toma de decisiones informadas y monitorear el progreso hacia la eficiencia energética, asegurando una gestión proactiva y reactiva basada en datos actualizados.

Con estos pasos bien definidos y alineados con los objetivos generales y específicos, la Etapa 1 nos preparará para avanzar hacia una gestión de energía más efectiva y adaptada a las necesidades específicas de la industria de bebidas artesanales. Este enfoque estructurado y meticuloso garantizará que se identifiquen y prioricen las oportunidades más significativas de mejora, estableciendo una base sólida para las etapas posteriores del SGE_n.

1.7.2 Etapa 2: Análisis de energía

La transición hacia una gestión energética eficiente implica un análisis detallado de las condiciones actuales de consumo. Para las MiPyMES en la industria de bebidas artesanales, la comprensión profunda de cómo se consume la energía eléctrica es fundamental para el diseño de estrategias que sean tanto eficaces como económicamente viables (Jones, 2018). En esta etapa, nos concentramos en la cuantificación precisa de variables críticas como el voltaje, la corriente, la potencia y el factor de potencia. Estas magnitudes eléctricas, medidas con el módulo PZEM-004T, proporcionan un entendimiento exacto de la eficiencia y la economía del uso energético. A través de este análisis, se busca no solo caracterizar los perfiles de consumo, sino también establecer las bases para una mejora continua y sostenida que responda a los desafíos específicos de nuestro sector (Flores Díaz et al., 2016).

Acciones Fundamentales:

a) Identificación de Variables de Medición Específicas:

- Selección Meticulosa: Realizar una selección detallada de los parámetros eléctricos que serán monitoreados, enfocándonos en aquellos que tienen mayor impacto en la eficiencia y en los costos de producción energética.
- Parámetros Críticos: Medir el voltaje, la corriente, la potencia y el factor de potencia utilizando el módulo PZEM-004T. Estas mediciones proporcionarán datos precisos y continuos sobre el consumo energético.
- Ejemplo: Determinar las variaciones de voltaje y corriente en diferentes etapas del proceso de producción para identificar ineficiencias.

b) Implementación de Métodos de Seguimiento y Registro:

- Sistema de Medición: Desarrollar e instaurar un sistema robusto de medición que garantice la captura continua y exacta de los datos.
- Herramientas y Equipos: Utilizar herramientas como el módulo PZEM-004T para la medición precisa de las variables críticas. Asegurar la calibración adecuada de los equipos de medición para mantener la precisión.
- Integración de Datos: Integrar los datos recopilados en un tablero de control para facilitar su análisis y seguimiento.
- Visualización en Tiempo Real: Configurar el tablero de control para visualizar los datos en tiempo real, permitiendo una respuesta rápida a cualquier anomalía en el consumo energético.
- Ejemplo: Implementar un sistema de medición en el sistema de refrigeración para monitorizar el consumo energético en tiempo real y detectar picos de demanda.

c) Definición de Objetivos de Rendimiento Energético y KPI:

- Establecimiento de Metas: Definir metas claras de mejora en la eficiencia del consumo eléctrico, promoviendo la implementación de prácticas que optimicen el rendimiento y reduzcan los gastos operativos.

d) KPI seleccionados, identificar y seleccionar KPI relevantes, incluyendo:

- Consumo energético total (kWh).
 - Costo energético total (MXN).
 - Eficiencia energética (kWh/unidad producida).
 - Factor de potencia.
- e) Monitoreo del progreso: Utilizar los KPI para monitorear el progreso y ajustar las estrategias según sea necesario. Realizar evaluaciones periódicas para verificar el cumplimiento de las metas establecidas.
- Ajuste de estrategias: Revisar y ajustar las estrategias de gestión energética basadas en los resultados de los KPI para asegurar mejoras continuas.
 - Ejemplo: Establecer un objetivo de reducción del consumo energético en un 10% durante el primer año de implementación, monitoreando el consumo mensual para asegurar el progreso hacia este objetivo.

Este enfoque meticuloso en la Etapa 2 nos equipa con la información necesaria para tomar decisiones informadas, dirigidas a reducir los costos y mejorar la sostenibilidad. La comprensión detallada de los patrones de consumo energético y la implementación de sistemas de monitoreo precisos nos preparan para los pasos subsiguientes en nuestro camino hacia la excelencia en la gestión de energía (Amaral et al., 2013). Esta etapa establece una base sólida para una gestión energética eficiente, permitiendo a las MiPyMES del sector de bebidas artesanales mejorar su consumo energético y aumentar su competitividad y rentabilidad.

1.7.3 Etapa 3: Diseño del sistema de gestión de energía

Consolidar un panorama completo de la situación energética actual es fundamental para el desarrollo de un Sistema de Gestión de Energía (SGEn) en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES) dedicadas a la fabricación de bebidas artesanales. La recopilación de datos no es solo una tarea de recolección de cifras, sino una forma sistemática de entender las dinámicas de consumo energético (Amaral et al., 2013). En esta etapa, se busca obtener una representación exacta y detallada del uso de la energía a través de la compilación de datos de fuentes primarias y secundarias y su posterior validación. El propósito es doble: garantizar que la información sea de la más alta integridad y establecer

un banco de datos robusto sobre el cual se puedan realizar análisis exhaustivos y tomar decisiones informadas.

Subetapas Cruciales:

a) Recopilación de Datos Energéticos:

- **Recolección Sistemática:** Este paso implica la recolección sistemática de datos específicos sobre el consumo de energía, como los kWh consumidos, la demanda de potencia, entre otros.
- **Herramientas de Medición:** Utilizar herramientas como el módulo PZEM-004T para medir voltaje, corriente y factor de potencia con alta precisión.
- **Monitoreo Continuo:** Implementar un sistema de monitoreo continuo que permita la recolección de datos en tiempo real, asegurando la precisión y actualidad de la información.
- **Ejemplo:** Instalación de medidores de energía en puntos clave de la planta de producción para monitorizar el consumo energético en tiempo real.

b) Recopilación de Datos de Fuentes Primarias y Secundarias:

- **Fuentes Primarias:** Obtener datos directamente desde dentro de la empresa, como lecturas de medidores, registros operativos y datos de producción.
- **Ejemplo:** Utilizar lecturas de medidores instalados en los equipos de producción y registros operativos diarios.
- **Fuentes Secundarias:** Obtener datos de fuentes externas, como facturas de servicios públicos, estadísticas sectoriales y estudios de benchmarking.
- **Ejemplo:** Analizar las facturas de electricidad y comparar los datos con estadísticas sectoriales para identificar patrones de consumo.

c) Validación de los Datos Recopilados:

- **Revisión y Contraste:** Revisar y contrastar los datos recopilados para asegurar su exactitud y fiabilidad.

- **Métodos Estadísticos:** Utilizar métodos estadísticos para validar los datos, asegurando que estén libres de errores y sean representativos de la realidad operativa.
- **Verificación contra Estándares:** Comparar los datos recopilados con los estándares de la industria para garantizar su integridad.
- **Ejemplo:** Validar los datos de consumo energético mediante análisis estadísticos y comparación con benchmarks industriales para asegurar la precisión de la información.

Objetivos Específicos:

- **Precisión y Fiabilidad:** Asegurar que los datos recopilados sean precisos y fiables, proporcionando una base sólida para los análisis subsiguientes.
- **Base de Datos Robusta:** Establecer una base de datos robusta que permita realizar análisis exhaustivos y tomar decisiones informadas.
- **Monitoreo Continuo:** Implementar un sistema de monitoreo continuo que permita actualizar los datos en tiempo real y detectar cualquier anomalía en el consumo energético.

Resultados Esperados:

- **Panorama Completo:** Obtener un panorama completo y detallado del uso de la energía en la empresa.
- **Identificación de Ineficiencias:** Identificar ineficiencias en el consumo energético que puedan ser abordadas en etapas posteriores.
- **Base para el Análisis:** Proveer una base sólida de datos para los análisis detallados de las siguientes etapas del SGEN.

Con esta etapa de recolección de datos bien definida y ejecutada, la empresa contará con una comprensión profunda de su consumo energético, permitiendo identificar oportunidades de mejora y mejorar sus procesos. La información recopilada y validada en esta etapa servirá como fundamento para los análisis detallados y la toma de decisiones estratégicas en las etapas subsiguientes del SGEN.

1.7.4 Etapa 4: Análisis de datos

En la Etapa 4 del Sistema de Gestión de Energía (SGEn), se realiza un análisis detallado de la información recabada para transformar los datos crudos en conocimiento aplicable. Para las MiPyMES del sector de bebidas artesanales, esta etapa es vital, ya que permite descifrar patrones de consumo energético y establecer correlaciones significativas entre la utilización de la energía, la producción y los costos operativos (Mtebwa & Ichwekeleza, 2022). Este análisis minucioso no solo revela las tendencias y anomalías, sino que también señala las oportunidades de mejora y eficiencia.

Subetapas Definidas:

a) Identificación del Comportamiento de los Indicadores:

- Análisis de KPI: Evaluar cómo varían los principales indicadores energéticos a lo largo del tiempo y en relación con las diferentes etapas del proceso productivo.
- KPI Críticos: Consumo energético total (kWh), costo energético total (MXN), eficiencia energética (kWh/unidad producida), y factor de potencia.
- Tendencias y Anomalías: Identificar tendencias de consumo y detectar anomalías que indiquen ineficiencias o problemas operativos.
- Ejemplo: Analizar las variaciones diarias y semanales del consumo energético para identificar picos y valles en el uso de energía.

b) Diseño de las Etapas del Proceso de Control de Energía:

- Esquema de Acciones y Controles: Desarrollar un esquema de acciones y controles que se implementarán para mejorar la gestión de la energía, basado en los datos obtenidos.
- Planes de Acción: Elaborar planes de acción específicos para abordar las ineficiencias identificadas.
- Estrategias de Mejora: Diseñar estrategias de mejora continua basadas en las mejores prácticas y en los resultados del análisis de datos.
- Ejemplo: Implementar un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de mayor consumo energético, basado en los patrones de uso identificados.

c) Utilización de Herramientas Estadísticas para Interpretar los Datos:

- Métodos Estadísticos: Emplear técnicas estadísticas avanzadas para evaluar la validez de los datos y extraer conclusiones sólidas que soporten la toma de decisiones.

- **Análisis de Regresión:** Utilizar análisis de regresión para identificar relaciones entre variables y predecir el impacto de cambios en el consumo energético.
 - **ANOVA:** Aplicar análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias significativas entre distintos conjuntos de datos.
 - **Minería de Datos:** Emplear técnicas de minería de datos para descubrir patrones ocultos y correlaciones en los datos.
 - **Ejemplo:** Realizar un análisis de regresión para entender cómo las variaciones en el factor de potencia afectan el consumo energético total.
- d) **Relación de Indicadores con los Resultados de Producción y Gastos de Operación:**
- **Correlación Energía-Producción:** Evaluar cómo la eficiencia energética influye en la eficacia productiva y en los costos asociados.
 - **Impacto en Costos Operativos:** Analizar el impacto del consumo energético en los costos operativos para identificar oportunidades de ahorro.
 - **Eficiencia Productiva:** Relacionar los indicadores de consumo energético con los resultados de producción para evaluar la eficiencia del proceso productivo.
 - **Ejemplo:** Correlacionar el consumo energético de los equipos de producción con las tasas de producción para identificar áreas de mejora en la eficiencia.
- f) **Objetivos Específicos:**
- **Transformación de Datos en Conocimiento:** Convertir los datos energéticos crudos en información valiosa y aplicable para la toma de decisiones estratégicas.
 - **Identificación de Oportunidades de Mejora:** Detectar oportunidades de mejora en la eficiencia energética y en los costos operativos.
 - **Base para la Toma de Decisiones:** Proveer una base sólida de información para respaldar decisiones estratégicas y operativas.
- Resultados Esperados:**
- **Comprensión Profunda:** Obtener una comprensión profunda de los patrones de consumo energético y su impacto en la producción y los costos operativos.
 - **Estrategias de Mejora:** Desarrollar estrategias de mejora basadas en datos sólidos y análisis detallados.

- Toma de Decisiones Informadas: Facilitar la toma de decisiones informadas y estratégicas que optimicen el consumo energético y mejoren la rentabilidad de la empresa.

Con esta etapa de análisis de datos bien definida y ejecutada, la empresa estará equipada con el conocimiento necesario para identificar áreas de mejora y mejorar sus procesos energéticos. La información derivada de este análisis servirá como base para la implementación de medidas estratégicas en las etapas subsiguientes del SGE.

1.7.5 Etapa 5: Resultados

La Etapa 5 es un momento de convergencia donde la teoría y la práctica se unen para revelar el verdadero impacto de las medidas de eficiencia energética en la operación de las MiPyMES cerveceras. Este es el punto en el proceso en el que los datos analíticos se traducen en resultados tangibles y acciones concretas (Mostafa et al., 2014). Aquí, la organización evalúa cómo las iniciativas de gestión de energía se reflejan en los gastos operativos y ajusta las proyecciones financieras para reflejar la realidad operativa. Esta etapa no solo permite verificar el cumplimiento de los objetivos de ahorro y eficiencia energética, sino que también pone de manifiesto la influencia directa de las prácticas sostenibles en la rentabilidad general de la empresa (Flores Díaz et al., 2016).

Acciones Decisivas:

a) Análisis del Impacto en Gastos Operativos:

- Evaluación de Ahorros: Examinar minuciosamente cómo las mejoras en eficiencia energética se traducen en ahorros en los costos de operación, considerando tanto los costos directos como los indirectos asociados al consumo de energía.
- KPI Relevantes: Analizar indicadores clave de rendimiento como el costo energético total y el ahorro energético total.
- Métodos de Evaluación: Utilizar análisis comparativos antes y después de la implementación de medidas para evaluar el impacto.
- Ejemplo: Comparar las facturas de energía antes y después de la implementación de las medidas de eficiencia para calcular los ahorros obtenidos.

b) Incorporación de Datos de Consumo Energético al Presupuesto Operativo:

- Ajuste del Presupuesto: Ajustar las cifras actuales del presupuesto con base en los datos reales de consumo, permitiendo una visión precisa de los ahorros o excesos respecto a lo previsto.
- Integración en el Tablero de Control: Actualizar el tablero de control para reflejar estos ajustes, proporcionando una visión clara y actualizada de los costos energéticos.
- Resultados Financieros: Incorporar los datos de ahorro energético en los resultados financieros de la empresa.
- Ejemplo: Actualizar el presupuesto operativo trimestralmente para reflejar los ahorros en costos energéticos.

c) Ajuste de Proyecciones del Presupuesto Maestro:

- Recalibración del Presupuesto: Ajustar las proyecciones del presupuesto maestro en función de los resultados obtenidos, garantizando que reflejen con exactitud los cambios y se alineen con las nuevas metas energéticas y financieras.
- Proyecciones Futuras: Elaborar proyecciones futuras más precisas basadas en los datos de consumo energético actualizados.
- Alineación Estratégica: Asegurar que las proyecciones presupuestarias estén alineadas con las estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética de la empresa.
- Ejemplo: Recalibrar las proyecciones anuales del presupuesto para incluir los ahorros energéticos y reinvertir en nuevas tecnologías de eficiencia.

d) Presentación de Informe de Impacto a la Dirección:

- Informe Detallado: Compilar y presentar un informe detallado sobre el impacto de las medidas de eficiencia energética en los gastos operativos, resaltando las variaciones significativas con respecto al presupuesto original.
- Visualización de KPI: Utilizar los KPI visualizados en el tablero de control para apoyar el informe y proporcionar una representación clara y comprensible de los resultados.

- **Recomendaciones Estratégicas:** Incluir recomendaciones estratégicas basadas en los resultados obtenidos para futuras acciones de mejora.
- **Ejemplo:** Presentar un informe trimestral a la dirección que detalle los ahorros energéticos, el impacto en los costos operativos y las recomendaciones para nuevas iniciativas de eficiencia.

Objetivos Específicos:

- **Evaluación del Impacto:** Evaluar el impacto tangible de las medidas de eficiencia energética en los costos operativos y en la rentabilidad general de la empresa.
- **Ajuste de Proyecciones Financieras:** Ajustar las proyecciones financieras para reflejar los cambios reales en el consumo energético y los ahorros obtenidos.
- **Informes de Impacto:** Proporcionar informes detallados a la dirección que faciliten la toma de decisiones informadas y estratégicas.

Resultados Esperados:

- **Ahorros Energéticos Tangibles:** Identificación y cuantificación de los ahorros energéticos obtenidos a través de las medidas implementadas.
- **Visión Precisa del Presupuesto:** Ajuste preciso del presupuesto operativo y maestro, reflejando los ahorros energéticos y permitiendo una planificación financiera más efectiva.
- **Toma de Decisiones Informadas:** Proporcionar a la dirección información clara y detallada sobre el impacto de las medidas de eficiencia energética, facilitando la toma de decisiones estratégicas y la planificación futura.

Con esta etapa de resultados bien definida y ejecutada, la empresa podrá evaluar de manera precisa el impacto de sus iniciativas de eficiencia energética, ajustar sus proyecciones financieras y tomar decisiones informadas para futuras acciones de mejora. La información derivada de esta etapa servirá como base para la planificación estratégica y la gestión continua del SGE.

1.7.6 Etapa 6: Propuestas

La Etapa 6 es el paso definitivo donde se materializan las enseñanzas obtenidas de las etapas previas en propuestas concretas para el futuro. Es el punto de inflexión que marca la transición de la evaluación a la acción, ofreciendo una oportunidad para que las MiPyMES de bebidas artesanales refuercen la sostenibilidad y la eficiencia en su gestión. Esta fase es esencial, ya que en ella se plantean recomendaciones estratégicas que influirán en el rendimiento energético y económico a largo plazo (Patterson et al., 2016). Las propuestas formuladas tienen el propósito de asegurar que la eficiencia energética se convierta en un componente intrínseco de la cultura corporativa y de la planificación financiera de la empresa.

Aspectos Clave:

- a) Propuesta de Políticas o Procedimientos para la Integración Continua de la Eficiencia Energética:
 - Desarrollo de Políticas: Elaborar políticas y procedimientos que promuevan la incorporación sistemática de prácticas de eficiencia energética dentro de los planes y rutinas financieras de la empresa.
 - Estándares Operativos: Definir estándares operativos claros y lineamientos para la inversión en tecnologías más eficientes.
 - Capacitación y Concienciación: Implementar programas de capacitación y concienciación para todos los empleados, fomentando una cultura organizacional centrada en la eficiencia energética.
 - Ejemplo: Desarrollar una política de uso eficiente de la energía que incluya objetivos claros, responsabilidades definidas y procedimientos para monitorear y reportar el consumo energético.
- b) Revisión y Ajuste del Presupuesto Maestro Basado en las Iniciativas de Ahorro Energético Propuestas:
 - Análisis del Presupuesto: Revisar y ajustar el presupuesto maestro para reflejar las iniciativas de ahorro energético propuestas.

- Proyección de Costos y Beneficios: Analizar y proyectar los costos y beneficios asociados a las medidas de eficiencia energética.
 - Asignación de Recursos: Asegurar que se asignen recursos suficientes para la implementación de las iniciativas de ahorro energético.
 - Ejemplo: Reajustar el presupuesto maestro para incluir inversiones en tecnologías de eficiencia energética, como la instalación de sistemas de iluminación LED y equipos de alta eficiencia.
- c) Implementación de Nuevas Tecnologías y Prácticas de Eficiencia Energética:
- Identificación de Oportunidades Tecnológicas: Evaluar e identificar nuevas tecnologías y prácticas que puedan mejorar la eficiencia energética de la empresa.
 - Adopción de Innovaciones: Implementar tecnologías innovadoras que permitan reducir el consumo energético y mejorar la sostenibilidad operativa.
 - Evaluación y Monitoreo: Establecer un sistema de evaluación y monitoreo continuo para medir el impacto de las nuevas tecnologías y prácticas adoptadas.
 - Ejemplo: Implementar sistemas de gestión energética basados en IoT (Internet of Things) para un monitoreo más preciso y en tiempo real del consumo energético.
- d) Desarrollo de Programas de Incentivos y Reconocimientos:
- Programas de Incentivos: Crear programas de incentivos para motivar a los empleados a adoptar prácticas eficientes en el uso de la energía.
 - Reconocimientos: Establecer un sistema de reconocimientos para premiar a los equipos o individuos que logren mejoras significativas en eficiencia energética.
 - Ejemplo: Implementar un programa de bonificaciones para equipos que alcancen o superen los objetivos de reducción de consumo energético establecidos.
- e) Integración de la Eficiencia Energética en la Estrategia Corporativa:
- Alineación Estratégica: Alinear las iniciativas de eficiencia energética con la estrategia corporativa general de la empresa.

- Sostenibilidad como Pilar Estratégico: Incorporar la sostenibilidad y la eficiencia energética como pilares fundamentales en la planificación estratégica y operativa de la empresa.
- Monitoreo de Impacto: Establecer métricas claras para monitorear el impacto de las iniciativas de eficiencia energética en el desempeño global de la empresa.
- Ejemplo: Integrar objetivos de sostenibilidad en el plan estratégico quinquenal de la empresa, con metas específicas de reducción de consumo energético y emisiones de carbono.

g) Objetivos Específicos:

- Desarrollo de Políticas Sostenibles: Crear políticas y procedimientos que aseguren la integración continua de prácticas de eficiencia energética en todas las áreas de la empresa.
- Ajuste Presupuestario: Ajustar el presupuesto maestro para reflejar y apoyar las iniciativas de ahorro energético propuestas.
- Innovación y Mejora Continua: Fomentar la adopción de nuevas tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia energética y la sostenibilidad operativa.
- Motivación y Reconocimiento: Incentivar y reconocer a los empleados por sus esfuerzos y logros en la mejora de la eficiencia energética.
- Estrategia Corporativa Integrada: Alinear las iniciativas de eficiencia energética con la estrategia corporativa general para asegurar un enfoque cohesivo y sostenido hacia la sostenibilidad.

h) Resultados Esperados:

- Eficiencia Energética Institucionalizada: Lograr que la eficiencia energética sea un componente intrínseco de la cultura y las operaciones de la empresa.
- Mejoras Sostenibles: Implementar mejoras sostenibles que reduzcan el consumo energético y mejoren la rentabilidad operativa a largo plazo.
- Reconocimiento y Motivación: Establecer una cultura organizacional que reconozca y motive a los empleados a contribuir activamente a la eficiencia energética.

- Crecimiento Sustentable: Asegurar que la empresa crezca de manera sustentable, con una estrategia corporativa alineada con los principios de eficiencia energética y sostenibilidad.

Con estas acciones bien definidas y ejecutadas en la Etapa 6, la empresa estará preparada para integrar de manera efectiva las mejores prácticas de eficiencia energética en su operación diaria, asegurando un crecimiento sostenible y una mejora continua en su desempeño energético y económico.

1.8 Programación del desarrollo de la tesis

Etapas	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Etapa 1	1.1 Identificar el proceso productivo con mayor consumo energético eléctrico														
	1.2 Priorizar procesos basados en el potencial de mejora y ahorro.														
Etapa 2	2.1 Identificar las principales variables de medición.														
	2.2 Establecer métodos para el seguimiento y registro de variables.														
	2.3 Determinar objetivos de rendimiento energético eléctrico.														
Etapa 3	3.1 Recopilar datos energéticos.														
	3.2 Recopilar datos de fuentes primarias y secundarias.														
	3.3 Validar los datos recopilados.														
Etapa 4	4.1 Identificar comportamiento de los indicadores.														
	4.2 Diseñar etapas del proceso del control de energía eléctrico.														
	4.3 Utilizar herramientas estadísticas para interpretar los datos.														
	4.4 Relacionar los indicadores con los resultados de														

Capítulo 2

2.1 Introducción

La gestión eficiente de la energía se ha convertido en un elemento crucial para la sostenibilidad de las empresas en diversos sectores industriales, especialmente en aquellos con altos consumos energéticos como la industria de bebidas artesanales. La evolución de los sistemas de gestión de energía refleja un creciente reconocimiento de la importancia de mejorar el uso de recursos, reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental (Galitsky et al., 2003). Este marco teórico explora la trayectoria y desarrollo de los sistemas de energía desde sus inicios hasta las prácticas contemporáneas, enfocándose en cómo las innovaciones y mejoras en la tecnología y gestión pueden ser aplicadas de manera efectiva en el contexto de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES).

Una parte fundamental de este análisis incluye la comprensión de los diagramas de flujo, que son esenciales para visualizar y entender los procesos y el consumo energético dentro de la empresa de bebidas artesanales. Los diagramas de flujo permiten identificar puntos críticos donde se puede intervenir para mejorar la eficiencia, facilitando así la implementación de cambios sistémicos (Murillo et al., 2014).

Adicionalmente, los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) son herramientas indispensables en la gestión de cualquier sistema de energía. Estos indicadores no solo ayudan a medir la eficacia de las acciones implementadas, sino que también proporcionan datos concretos que pueden ser usados para la toma de decisiones estratégicas y operativas. En este contexto, se analizará cómo la selección adecuada de KPI puede dirigir los esfuerzos hacia resultados que alineen con los objetivos económicos y ambientales de la empresa (Report, 2024).

El Ciclo de Deming, o ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), se revisará como un modelo iterativo para la mejora continua en la gestión de energía. Este ciclo es particularmente valioso para la implementación y refinamiento de estrategias de eficiencia energética, permitiendo ajustes basados en el análisis sistemático y retroalimentación regular (Murillo et al., 2014).

Finalmente, el marco teórico abordará la relevancia de los presupuestos maestros como herramientas de planificación financiera que reflejan y soportan la estrategia de gestión de energía de la empresa. El presupuesto maestro proporciona un mapa financiero que integra todos los aspectos del consumo y ahorro energético, asegurando que todas las decisiones se alineen con los objetivos financieros y operativos de la empresa de bebidas artesanales (Gitman & Zutter, 2011).

Este marco teórico no solo proporcionará una base sólida para entender la integración y aplicación de estos conceptos y herramientas en el proyecto de protocolo, sino que también enfatizará la importancia de una gestión de energía efectiva como pilar para la competitividad y sostenibilidad de las MiPyMES en la industria de bebidas artesanales.

2.2 Evolución de los Sistemas de Energía

La evolución de los sistemas de gestión energética refleja la progresión desde métodos básicos de conservación hacia tecnologías avanzadas que permiten un monitoreo y control sofisticado. Esta evolución ha sido impulsada por la necesidad de mejorar los recursos energéticos, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. A continuación, se detalla cada una de las etapas principales de esta evolución.

2.2.1 Inicio de los sistemas de gestión de energía

En sus primeros años, los sistemas de gestión energética se enfocaban en estrategias básicas de conservación de energía que dependían principalmente de la intervención manual y de prácticas intuitivas de optimización. Las organizaciones, especialmente en la industria, buscaban reducir el consumo de energía mediante buenas prácticas de mantenimiento y ajustes en los procesos operativos, sin herramientas avanzadas de monitoreo. En este contexto, el concepto de gestión energética surgió como una disciplina que buscaba la eficiencia mediante cambios de comportamiento y mantenimiento de equipos, limitándose a acciones como apagar las máquinas al final de cada turno, utilizar equipos energéticamente eficientes y mejorar el uso de recursos energéticos básicos (Carlos & Eduardo, n.d.).

Esta etapa inicial reflejaba una respuesta a la dependencia energética creciente y al aumento de los costos de energía, factores que comenzaron a presionar a las empresas para mejorar sus procesos. En particular, la década de 1970, marcada por la crisis energética mundial, catalizó una mayor atención en la gestión de recursos energéticos, iniciando una serie de prácticas de ahorro de energía en las empresas para mitigar el impacto de los precios elevados (Carlos & Eduardo, n.d.). A pesar de su carácter rudimentario, estos métodos sentaron las bases para un enfoque más estructurado y sistemático en la gestión energética, reconociendo la importancia de la eficiencia para la sostenibilidad operativa y la competitividad económica.

2.2.2 Implementación del Ciclo de Mejora Continua (PDCA) y normas ISO

A medida que la gestión energética avanzaba, la necesidad de estructurar y sistematizar los esfuerzos para lograr una mayor eficiencia llevó al uso del ciclo de mejora continua PDCA (Plan-Do-Check-Act). Este enfoque de mejora continua, desarrollado inicialmente por Deming, promovió la eficiencia mediante un proceso cíclico de planificación, implementación, evaluación y ajuste. La adopción del ciclo PDCA ayudó a las organizaciones a establecer y ajustar sus políticas energéticas de forma estructurada, permitiendo identificar oportunidades de ahorro y gestionar su energía de manera más efectiva.

El desarrollo de la norma ISO 50001, que formalizó los sistemas de gestión energética (SGE), marcó un avance significativo en esta etapa. La norma estableció un marco de referencia global para implementar prácticas de eficiencia energética de manera estructurada, exigiendo que las organizaciones establezcan objetivos, recopilen datos y midan su desempeño. El cumplimiento con ISO 50001 asegura que las empresas integren políticas de ahorro energético en sus operaciones diarias, promoviendo un uso racional de los recursos energéticos. Gennitsaris et al. (2023) destacan que esta norma no solo permite reducir el consumo y los costos, sino también mejora la sostenibilidad organizacional y facilita el cumplimiento de regulaciones ambientales.

2.2.3 Avance hacia la digitalización y automatización

Con el auge de la digitalización, la gestión energética comenzó a beneficiarse de tecnologías que permitían el monitoreo y control de datos en tiempo real. La implementación de sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) marcó un cambio

fundamental en este campo, ya que permitía recopilar datos precisos sobre el consumo de energía y detectar rápidamente posibles inefficiencias. Estos sistemas de adquisición de datos y supervisión automatizada permitieron que las industrias tomaran decisiones informadas en tiempo real, optimizando el rendimiento energético sin la intervención manual constante.

A medida que el volumen de datos de consumo energético creció, las herramientas de análisis de datos también se hicieron más sofisticadas. Los sistemas de soporte a la toma de decisiones (DSS) emergieron para ayudar a las empresas a analizar datos históricos y patrones de consumo, permitiéndoles anticiparse a problemas potenciales y realizar ajustes preventivos en sus procesos. Este avance hacia la digitalización y la automatización fue un precursor de la integración de tecnologías aún más avanzadas, como la inteligencia artificial y el IoT, al sentar las bases para una gestión energética basada en datos precisos y en tiempo real (Gennitsaris et al., 2023).

2.2.4 Impacto de las PYMEs y casos de implementación de buenas prácticas

Las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) juegan un papel crucial en la sostenibilidad energética global debido a su número significativo y al potencial de ahorro que representan. Aunque estas empresas suelen enfrentar limitaciones en recursos financieros y humanos, muchas han comenzado a implementar prácticas de eficiencia energética que no solo optimizan su consumo, sino que también mejoran su competitividad. Gennitsaris et al. (2023) resaltan que, aunque las PYMEs consumen menos energía en comparación con grandes corporaciones, su impacto agregado es significativo a nivel mundial, lo cual subraya la importancia de su participación en la sostenibilidad energética (Gennitsaris et al., 2023).

Algunos casos de éxito muestran que las PYMEs que han adoptado sistemas de gestión energética y software de monitoreo han logrado reducir su consumo hasta en un 30%, permitiendo a estas organizaciones invertir recursos en actividades más productivas y rentables. La existencia de programas de financiamiento y políticas de incentivos gubernamentales, como auditorías energéticas subsidiadas, ha permitido a muchas PYMEs superar barreras y adoptar tecnologías de eficiencia energética que, de otro modo, habrían sido inaccesibles.

2.2.5 Revolución con el internet de las cosas (IoT)

La aparición del Internet de las Cosas (IoT) en la gestión energética ha revolucionado las capacidades de monitoreo y control de los sistemas. El IoT permite conectar sensores y dispositivos de medición a una red de comunicación que captura y transmite datos de consumo en tiempo real, optimizando el uso de energía a través de decisiones automatizadas. Los dispositivos IoT están interconectados con los sistemas de gestión de recursos empresariales (ERP) y sistemas de gestión energética (SGE), lo cual facilita una supervisión completa desde la planta hasta los niveles directivos de una empresa (Farzaneh et al., 2021).

El IoT ha permitido que las industrias y edificios monitoricen continuamente sus consumos, ajustando sus operaciones automáticamente y optimizando su consumo energético. Este avance hacia una supervisión automatizada y basada en datos en tiempo real no solo ha permitido una mayor eficiencia, sino que también ha abierto las puertas para el desarrollo de fábricas y edificios inteligentes, donde cada dispositivo contribuye a una red de información continua que respalda una toma de decisiones precisa y proactiva.

2.2.6 Implementación de la inteligencia artificial en edificios inteligentes

La fase más reciente en la evolución de la gestión energética es la incorporación de la inteligencia artificial (IA), que ha facilitado el desarrollo de edificios inteligentes y sostenibles en áreas urbanas. La IA permite que los sistemas aprendan de patrones de uso energético y ajusten automáticamente el consumo para maximizar la eficiencia. En edificios inteligentes, sistemas como el *Building Management System* (BMS) integran IA para predecir la demanda y mejorar el uso de recursos en tiempo real, reduciendo así el consumo de energía y minimizando las emisiones de carbono (Farzaneh et al., 2021).

Esta tecnología permite una gestión autónoma de la energía en los edificios, donde los sistemas de IA pueden ajustar el clima interior, controlar la iluminación y gestionar la demanda energética en función de la ocupación y las condiciones externas, logrando un equilibrio entre comodidad y sostenibilidad. Farzaneh et al. (2021) subrayan que la IA no solo optimiza el consumo energético en el ámbito urbano, sino que también apoya el desarrollo de ciudades sostenibles, facilitando la creación de entornos más eficientes y menos contaminantes.

2.3 Profundización en la Aplicación de Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) mediante el Ciclo PDCA

El enfoque de los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) basado en el ciclo PDCA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) constituye un método estructurado y sistemático que ha demostrado ser eficaz para mejorar la eficiencia energética en diversas industrias, especialmente en aquellas que enfrentan desafíos relacionados con altos costos energéticos y presiones ambientales. A continuación, se desarrolla más a fondo cómo el ciclo PDCA puede aplicarse en contextos industriales con ejemplos concretos, oportunidades tecnológicas y los desafíos a superar.

2.3.1 Planificación (Plan)

El primer paso en el ciclo PDCA para un SGEn implica la identificación de oportunidades de mejora y la definición de metas específicas. Esta fase exige un compromiso firme por parte de la alta dirección, ya que el liderazgo es un factor determinante para el éxito del sistema. En la industria manufacturera de Serbia, por ejemplo, la planificación incluyó auditorías energéticas exhaustivas y el establecimiento de indicadores clave de desempeño energético (Jovanović et al., 2017). Este enfoque ha sido fundamental para establecer una base sólida que permita identificar áreas de alta intensidad energética y definir metas cuantificables que guíen las acciones futuras (Jovanović et al., 2017).

En el caso de las MiPyMEs, la planificación suele enfrentarse a restricciones de recursos financieros y humanos. Por lo tanto, se recomienda adoptar estrategias de bajo costo y alta rentabilidad que incluyan auditorías simplificadas y la definición de roles específicos dentro de la organización, como la figura de un "gestor energético", encargado de coordinar y supervisar las iniciativas de ahorro energético (Prashar, 2017).

2.3.2 Ejecución (Do)

La fase de ejecución es donde las acciones planificadas se llevan a cabo, lo que incluye la implementación de tecnologías de eficiencia energética, la capacitación del personal y la creación de conciencia organizacional en torno al consumo de energía. La participación de todos los niveles de la organización es crucial, desde la gerencia hasta los empleados operativos, para garantizar la adopción de nuevas prácticas. En un estudio realizado en una

pequeña planta de papel en la India, la fase de "Hacer" del ciclo PDCA incluyó el reemplazo de equipos ineficientes y la optimización de sistemas de vacío, lo que resultó en una reducción del consumo energético específico del 35% (Prashar, 2017).

Para maximizar el impacto de esta fase, es recomendable integrar tecnologías de automatización y monitoreo, tales como sensores inteligentes y sistemas SCADA, que permiten una recopilación y análisis de datos en tiempo real. Esto no solo mejora la capacidad de respuesta ante ineficiencias, sino que también permite la implementación de medidas correctivas de manera oportuna y precisa (Aman et al., 2013).

2.3.3 Monitoreo y Verificación (Check)

El monitoreo continuo y la verificación de los resultados son componentes esenciales para evaluar la eficacia de las medidas implementadas. En esta fase, se recopilan datos sobre el consumo energético y otros indicadores clave, que son analizados para determinar si se han cumplido las metas establecidas. La medición precisa y la retroalimentación proporcionan a los gestores una base objetiva para ajustar estrategias y tomar decisiones informadas (Jovanović et al., 2017).

Un ejemplo concreto es el uso de sistemas de submedición que permiten desglosar el consumo energético a nivel de proceso o de equipo específico. Esto facilita la identificación de áreas con un rendimiento bajo y permite tomar decisiones basadas en datos. La experiencia en empresas manufactureras serbias muestra que, aunque la mayoría de las organizaciones realizan algún tipo de monitoreo, el uso de sistemas avanzados de análisis de datos sigue siendo limitado debido a barreras financieras y técnicas (Prashar, 2017).

2.3.4 Mejora Continua (Act)

El último paso del ciclo PDCA busca consolidar los logros alcanzados y establecer nuevas metas para la mejora continua del desempeño energético. Esto implica la revisión periódica de los resultados, el ajuste de los objetivos y la identificación de nuevas oportunidades de ahorro energético. La revisión gerencial y las auditorías de seguimiento son herramientas clave para garantizar la sostenibilidad de las mejoras (Prashar, 2017).

Un desafío común en esta fase es el mantenimiento del compromiso organizacional y la resistencia al cambio, particularmente en empresas donde el retorno sobre la inversión de las medidas de eficiencia energética no es inmediato. Superar esta barrera requiere de

políticas claras, incentivos económicos y la incorporación de la gestión energética como un pilar de la cultura organizacional.

2.3.5 Integración de Tecnologías Emergentes y Enfoques Holísticos

La integración de tecnologías emergentes y el uso de datos masivos son aspectos críticos para el éxito de los SGEN. Las tecnologías digitales, como la analítica avanzada y el aprendizaje automático, pueden proporcionar predicciones precisas sobre el consumo energético futuro y permitir ajustes proactivos. En el contexto de las redes eléctricas inteligentes (smart grids), la capacidad de recopilar y analizar datos de manera descentralizada transforma la forma en que las empresas gestionan su consumo y se relacionan con los proveedores de energía (Aman et al., 2013).

Sin embargo, la implementación de estas tecnologías en MiPyMEs y sectores con recursos limitados requiere un enfoque pragmático. Las colaboraciones público-privadas, incentivos financieros y programas de capacitación pueden facilitar esta transición, garantizando que incluso las empresas más pequeñas se beneficien de la transformación digital en la gestión energética.

La aplicación del ciclo PDCA en los Sistemas de Gestión de Energía ofrece una metodología sólida para la mejora continua del desempeño energético, particularmente en sectores intensivos en energía. El éxito de su implementación depende de la planificación adecuada, la ejecución efectiva de acciones, el monitoreo preciso y el compromiso con la mejora continua. Las lecciones aprendidas de estudios de caso y ejemplos empíricos destacan que un enfoque estructurado y el uso de tecnologías avanzadas pueden generar reducciones significativas en el consumo energético, costos operativos más bajos y un impacto ambiental positivo.

2.4 Indicadores Clave de Rendimiento

Los KPI permiten establecer métricas específicas que reflejan el uso eficiente de la energía en diferentes etapas del proceso productivo y, cuando se implementan correctamente, son esenciales para identificar áreas de ineficiencia y generar estrategias de mejora continua en la gestión de la energía.

2.4.1 Definición e Importancia de los KPI en Gestión Energética

Los KPI en gestión energética son métricas que se utilizan para medir, comparar y mejorar la eficiencia en el consumo energético de una organización, sistema o proceso. La definición de estos indicadores debe ser específica, medible, alcanzable, relevante y temporalmente definida (criterios SMART), de manera que permitan una evaluación objetiva del desempeño energético y faciliten la toma de decisiones estratégicas (Schmidt et al., 2016). En el contexto de una cervecería artesanal, por ejemplo, los KPI más relevantes incluirían el consumo energético total (kWh), el consumo energético por unidad de producto (kWh/litro de cerveza), el factor de potencia y el costo energético total, que proporcionan una visión integral del consumo y los costos asociados (May et al., 2015).

La correcta definición y aplicación de los KPI permite una evaluación precisa de la eficiencia y facilita la identificación de oportunidades para reducir el desperdicio energético, mejorar el uso de los recursos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones. En particular, los KPI energéticos desempeñan un papel crucial en la medición del rendimiento y el análisis de las áreas de mejora en términos de consumo energético dentro de un entorno productivo, tal como se detalla en la investigación sobre métricas aplicadas en sistemas complejos y dinámicos, como las redes eléctricas inteligentes (Faria et al., 2021).

2.4.2 Clasificación y Aplicación de los KPI Energéticos

Consumo Energético Total (kWh)

El consumo energético total es una medida fundamental que permite evaluar la cantidad de energía utilizada en el proceso productivo. Este KPI facilita el monitoreo del consumo de energía en términos absolutos, y su análisis puede ser combinado con otros indicadores, como el consumo específico por unidad de producto, para proporcionar un panorama más detallado y permitir comparaciones entre diferentes periodos o condiciones operativas (Giacone & Mancò, 2012).

Consumo Energético por Unidad de Producto

El consumo energético por unidad de producto es un indicador clave que proporciona información sobre la eficiencia energética específica de un proceso de producción. Este KPI es esencial en la gestión de procesos industriales, ya que permite identificar áreas donde se puede reducir el consumo energético mediante la mejora de procesos o la adopción de

tecnologías más eficientes. La reducción del consumo específico contribuye significativamente a la disminución de costos y al cumplimiento de metas de sostenibilidad (Giacone & Mancò, 2012; Schmidt et al., 2016).

Factor de Potencia

El factor de potencia es otro KPI importante que mide la eficiencia con la que se utiliza la electricidad. Un factor de potencia bajo puede indicar un uso ineficiente de la energía, lo que puede resultar en costos adicionales debido a penalizaciones por parte de los proveedores de electricidad. Mejorar el factor de potencia mediante el uso de capacitores o la optimización de la carga eléctrica puede mejorar la eficiencia energética del sistema y reducir los costos operativos (Schmidt et al., 2016).

Costo Energético Total

El costo energético total es un KPI económico que proporciona una medida directa del impacto financiero del consumo energético. Este indicador permite evaluar la rentabilidad de las inversiones en eficiencia energética y mejorar el uso de la energía en función del costo-beneficio. Es importante considerar tanto el costo unitario de la energía como la cantidad total utilizada para identificar áreas donde se pueden implementar estrategias de ahorro energético (Faria et al., 2021).

2.4.3 Metodología para el Desarrollo de KPI Energéticos

La implementación de un sistema de KPI energéticos debe basarse en un enfoque metodológico que permita su correcta definición, medición y aplicación. Giacone & Mancò (2012) proponen un enfoque basado en el modelado estadístico de los procesos energéticos, que incluye la caracterización de los sistemas mediante análisis de regresión y la definición de límites claros para el consumo energético. Esta metodología permite una evaluación precisa de la eficiencia energética y facilita el establecimiento de benchmarks y objetivos de mejora (Giacone & Mancò, 2012).

Schmidt et al. (2016) destacan la importancia de desarrollar KPI específicos que se adapten a las características de cada organización, proceso o producto. Proponen una metodología de desarrollo de KPI que abarca desde el nivel de la fábrica hasta el nivel del producto, lo que permite una evaluación integral y detallada del consumo energético. Además, subrayan

que los KPI deben ser medibles de manera continua y estar respaldados por datos precisos para garantizar su eficacia (Schmidt et al., 2016).

Los KPI en gestión energética son herramientas esenciales para medir y mejorar la eficiencia energética en los sistemas productivos. La correcta definición, aplicación y monitoreo de estos indicadores permite identificar ineficiencias, mejorar el uso de los recursos y alcanzar objetivos de sostenibilidad. La integración de tecnologías avanzadas y metodologías de análisis robustas, como el modelado estadístico y el monitoreo continuo, son elementos clave para maximizar el impacto de los KPI en la gestión energética de las organizaciones.

2.5 Sostenibilidad y Gestión Ambiental en la Industria

La sostenibilidad ha evolucionado para convertirse en un pilar fundamental en la gestión energética de la industria, con un enfoque que trasciende la mera optimización de recursos para abarcar objetivos más amplios relacionados con la mitigación del cambio climático, la reducción de la huella de carbono y la integración de prácticas sostenibles. La conexión entre sostenibilidad y gestión energética es evidente: las estrategias que promueven el uso eficiente de la energía no solo reducen costos y mejoran la competitividad, sino que también contribuyen directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La adopción de sistemas de gestión de la energía (SGEn), alineados con estándares internacionales como la ISO 50001, ofrece un marco para implementar medidas efectivas que apoyan la sostenibilidad económica, social y ambiental en las operaciones industriales (Flores Díaz et al., 2020).

Los ODS, tales como el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), el ODS 9 (infraestructura resiliente y sostenible) y el ODS 13 (acción por el clima), son particularmente relevantes para la gestión energética en el contexto industrial. Las estrategias sostenibles, como la mejora continua de procesos mediante un enfoque de gestión energética basado en el ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), son clave para cumplir con estos objetivos, asegurando que las operaciones industriales maximicen la eficiencia energética y reduzcan sus impactos ambientales. Esta metodología permite a las organizaciones evaluar su consumo energético, establecer metas claras de reducción

de consumo y mejorar su desempeño energético de manera progresiva (Flores Díaz et al., 2016).

2.5.1 Reducción de la Huella de Carbono y Optimización de Recursos

La reducción de la huella de carbono es un objetivo central en la gestión de la sostenibilidad en la industria. A través de la implementación de un SGE, las organizaciones pueden cuantificar y controlar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo al cumplimiento de compromisos climáticos nacionales e internacionales. Esto es especialmente relevante en México, donde políticas como la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y las normativas de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) brindan un marco sólido para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética en las industrias, incluyendo MiPyMEs. Estas políticas promueven la reducción de la demanda energética mediante el uso de tecnologías más limpias, la innovación y la mejora continua del desempeño energético (Flores Díaz et al., 2020).

La optimización de recursos energéticos no solo se traduce en un menor consumo y costos reducidos, sino que también aumenta la resiliencia de las operaciones frente a fluctuaciones de precios y disponibilidad energética. El manual de implementación de la CONUEE destaca que el éxito de un SGE depende en gran medida del compromiso de la alta dirección y la adopción de prácticas de mejora continua que permitan a la organización adaptarse y responder de manera proactiva a los desafíos ambientales y económicos (Flores Díaz et al., 2016).

2.5.2 Impacto Económico y Competitividad

El enfoque en la sostenibilidad y la gestión ambiental en la industria tiene un impacto directo en la competitividad económica de las empresas. La reducción de costos mediante el uso eficiente de la energía y la optimización de procesos representa una ventaja competitiva en mercados cada vez más exigentes. Las organizaciones que implementan un SGE no solo logran ahorros en el consumo energético, sino que también mejoran su posición en el mercado al cumplir con regulaciones ambientales y demostrar un compromiso con la sostenibilidad. Esto refuerza su reputación y les permite acceder a nuevos mercados y oportunidades de negocio que exigen prácticas responsables (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

La ISO 50001, que establece los requisitos para la implementación de un SGEn, proporciona una guía clara para identificar y priorizar acciones de mejora del desempeño energético. El estándar fomenta una cultura organizacional orientada a la eficiencia energética, que se traduce en beneficios económicos significativos, como la reducción de costos operativos y la mejora de la productividad. El manual de la CONUEE detalla cómo los SGEn, al ser adoptados correctamente, generan beneficios tangibles, como la reducción de costos de energía y la mitigación de GEI, fortaleciendo la competitividad y la sostenibilidad de las empresas en el largo plazo (Flores Díaz et al., 2016).

2.5.3 Normativas y Políticas Ambientales

El marco normativo mexicano juega un papel fundamental en la promoción de la sostenibilidad y la gestión energética en la industria. Normativas como la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y las directrices de la CONUEE establecen los lineamientos para que las organizaciones implementen sistemas de gestión que optimicen el uso de la energía y reduzcan sus impactos ambientales. Estas normativas no solo buscan reducir el consumo energético, sino también promover la adopción de tecnologías limpias, el aprovechamiento de fuentes renovables y la innovación en procesos industriales (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

El Programa Nacional para los Sistemas de Gestión de la Energía (PRONASGEn), implementado por la CONUEE, es un ejemplo clave de cómo el gobierno mexicano apoya a las empresas en el desarrollo de sus capacidades para implementar SGEn. Este programa busca mejorar la competitividad y sostenibilidad de las organizaciones mediante la promoción de prácticas de eficiencia energética, que incluyen la adopción de tecnologías innovadoras, la capacitación del personal y el monitoreo constante del desempeño energético (Flores Díaz et al., 2016).

2.5.4 El Enfoque de Mejora Continua y el Ciclo PHVA

La metodología de mejora continua, basada en el ciclo Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), es central para la implementación de un SGEn. Esta metodología asegura que las organizaciones puedan establecer metas energéticas claras, implementar planes de acción, medir el progreso y realizar ajustes necesarios para mejorar continuamente su desempeño. La integración de esta metodología en los procesos organizacionales permite a las

empresas identificar oportunidades de mejora, implementar acciones correctivas y adaptarse a cambios normativos y de mercado (Flores Díaz et al., 2016).

La Guía de Implementación de la ISO 50001 elaborada por la CONUEE resalta que el éxito de un SGE depende de un enfoque sistemático y basado en datos, que permite a las organizaciones monitorear su consumo energético, evaluar su desempeño y tomar decisiones informadas. Esto se traduce en beneficios ambientales, como la reducción de las emisiones de GEI, y en beneficios económicos, como la reducción de costos operativos. Además, la participación de la alta dirección es esencial para garantizar el éxito del SGE y la alineación de las metas energéticas con los objetivos estratégicos de la organización (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

2.6 Tecnologías y Herramientas para la Gestión Energética

La optimización del consumo energético ha adquirido una importancia crítica en el contexto de la sostenibilidad y la eficiencia operativa en la industria. Las tecnologías emergentes y herramientas estadísticas desempeñan un papel esencial en esta transformación al proporcionar un marco para el análisis y la optimización del consumo energético. Entre las tecnologías más destacadas se encuentran el Internet de las Cosas (IoT) y la domótica, que están revolucionando la forma en que las empresas gestionan sus recursos energéticos. Estas tecnologías permiten un monitoreo y control en tiempo real de los sistemas, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos mediante la automatización de procesos clave, como la producción y la refrigeración en industrias específicas como la cervecera artesanal (Shakerighadi et al., 2018).

El Internet de las Cosas (IoT) ofrece una capacidad avanzada de conectividad entre objetos heterogéneos dentro de los sistemas energéticos, posibilitando la comunicación y el control de dispositivos distribuidos a través de redes inteligentes. Esto es fundamental para la recopilación y el procesamiento de grandes volúmenes de datos que permiten a las empresas identificar patrones de consumo, detectar anomalías y prever demandas energéticas. Según Ahmad et al. (2021), la implementación de IoT en sistemas de gestión energética se ha convertido en una herramienta vital para tareas como la previsión de la energía, el monitoreo del estado de los sistemas, la detección de anomalías y el análisis de

datos en tiempo real (Ahmad et al., 2021). Estas capacidades no solo ayudan a mejorar el uso de la energía, sino que también permiten una respuesta proactiva a los cambios en la demanda, lo que mejora la eficiencia global y la sostenibilidad de las operaciones.

En el ámbito de la domótica, el impacto de la automatización es particularmente significativo. La domótica permite a las empresas industriales mejorar el consumo energético a través de sistemas automatizados que controlan y ajustan los procesos operativos en función de las necesidades y patrones de consumo. En el caso de las cervecerías artesanales, por ejemplo, la domótica puede integrarse en los sistemas de refrigeración, controlando de manera automática las temperaturas y ciclos de enfriamiento para maximizar la eficiencia energética y reducir el desperdicio. Esta integración se traduce en ahorros significativos al minimizar el consumo innecesario de energía y mejorar la consistencia en la producción (Bedi et al., 2018).

La integración de IoT y domótica en sistemas de energía inteligentes también tiene un impacto directo en la sostenibilidad y la resiliencia de las operaciones. Bedi et al. (2018) destacan que las capacidades de retroalimentación en tiempo real del IoT mejoran la confiabilidad de los sistemas energéticos al proporcionar datos críticos para el ajuste de operaciones y la prevención de fallos (Bedi et al., 2018). La capacidad de monitorizar y controlar el consumo energético en tiempo real permite a las empresas tomar decisiones basadas en datos, lo que se traduce en una mayor adaptabilidad y reducción de costos operativos. Esto es particularmente relevante en industrias que dependen de procesos energéticamente intensivos, donde cada ahorro cuenta para mejorar la competitividad y cumplir con objetivos ambientales.

2.6.1 Herramientas Estadísticas para el Análisis de Datos Energéticos

El análisis de datos desempeña un papel crucial en la gestión energética al proporcionar la base para la toma de decisiones informadas. Herramientas como el Análisis de Varianza (ANOVA) y los modelos de regresión permiten a las empresas interpretar grandes volúmenes de datos energéticos para identificar patrones y tendencias que de otro modo pasarían desapercibidos. Estas herramientas estadísticas ayudan a correlacionar los datos de consumo con indicadores clave de desempeño (KPIs), lo que facilita el diseño y la implementación de estrategias de ahorro energético. Según Giampietro et al. (2012), un enfoque de análisis crítico y multiescalar es esencial para comprender las transformaciones

energéticas y desarrollar modelos de eficiencia que se adapten a contextos específicos y necesidades industriales (Giampietro et al., 2012).

El uso de herramientas estadísticas para analizar datos de consumo energético es especialmente relevante en el contexto de la eficiencia operativa. Por ejemplo, el uso de la regresión multivariable permite predecir y ajustar los niveles de consumo en función de factores externos, como cambios en la producción o condiciones ambientales, lo que mejora la capacidad de respuesta y la eficiencia de los sistemas energéticos. Además, el análisis de datos permite a las empresas realizar auditorías energéticas internas para identificar oportunidades de mejora y mejorar el uso de recursos de manera continua.

(Chou et al., 2016) destacan que el uso de análisis de datos en redes eléctricas inteligentes puede mejorar la predicción de la demanda y la gestión de recursos energéticos. Esto permite a las empresas ajustar sus operaciones en tiempo real para maximizar la eficiencia y reducir el consumo energético. La capacidad de recopilar, analizar y actuar sobre datos energéticos es fundamental para diseñar estrategias que promuevan el ahorro energético y la sostenibilidad a largo plazo (Chou et al., 2016).

La integración de tecnologías emergentes como el IoT y la domótica, junto con herramientas estadísticas avanzadas, proporciona a las empresas industriales un marco sólido para mejorar su consumo energético. Estas tecnologías no solo mejoran la eficiencia operativa y reducen los costos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas energéticos al adaptarse de manera proactiva a los cambios en la demanda y las condiciones operativas. La capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real permite a las empresas diseñar estrategias de ahorro energético personalizadas, lo que garantiza un uso óptimo de los recursos y una mayor competitividad en el mercado.

2.7 Modelos Económicos para la Evaluación de la Eficiencia Energética

La eficiencia energética ha cobrado un papel fundamental dentro de la gestión industrial, proporcionando un enfoque que busca no solo reducir el consumo energético, sino también mejorar la rentabilidad al disminuir costos operativos. En este contexto, los modelos económicos para evaluar la eficiencia energética permiten analizar y simular el impacto

económico de las medidas adoptadas, proporcionando una base sólida para el análisis del retorno de la inversión (ROI) y para mejorar las estrategias de eficiencia implementadas. Este enfoque es crucial en sectores de alta demanda energética, como la industria cervecera artesanal, donde se busca maximizar la eficiencia en el consumo sin comprometer la calidad ni la producción.

2.7.1 Fundamentación de los Modelos Económicos en Eficiencia Energética

La evaluación económica de las medidas de eficiencia energética depende del análisis de costos y beneficios derivados de las tecnologías y estrategias implementadas. Según Iram et al. (2020), el análisis económico de la eficiencia energética y ambiental proporciona evidencias claras sobre los beneficios económicos de la inversión en eficiencia, especialmente en países de la OCDE. Este tipo de análisis permite establecer relaciones directas entre el ahorro energético, la reducción de costos y la mejora del rendimiento ambiental, demostrando que las inversiones en tecnologías eficientes pueden generar retornos significativos al reducir el consumo energético y mitigar el impacto ambiental similar, Gillingham et al. (2014) destacan que muchas inversiones en eficiencia energética presentan un "gap de eficiencia energética", debido a barreras como la falta de información o incentivos desalineados, pero cuando se superan, generan beneficios económicos notables que van más allá del ahorro energético directo, impactando también la productividad y el bienestar social .

Modelos como el análisis de costos de ciclo de vida (LCCA), el análisis de costo-beneficio (CBA) y el cálculo del valor presente neto (NPV) y la tasa interna de retorno (IRR) se utilizan para comparar los costos iniciales de las tecnologías implementadas con los beneficios económicos generados a lo largo de su vida útil. Este enfoque permite a las empresas identificar aquellas tecnologías que ofrecen el mayor retorno económico y ambiental, garantizando la sostenibilidad y la competitividad a largo plazo.

2.7.2 Retorno de la Inversión (ROI) y Payback

La medición del retorno de la inversión (ROI) es fundamental para evaluar la efectividad de las estrategias de eficiencia energética. El ROI se calcula como el porcentaje del ahorro neto anual en relación con la inversión inicial, proporcionando una métrica clara para medir la rentabilidad. Además, el período de recuperación (payback period) indica el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial mediante los ahorros generados. En el caso de

la cervecería artesanal, la implementación de un SGEEn puede incluir inversiones en sistemas de automatización y control que reducen el consumo energético, generando ahorros importantes en el mediano y largo plazo. Tal como sugieren Gillingham et al. (2014), es esencial considerar los incentivos regulatorios y los mecanismos de financiamiento disponibles para facilitar estas inversiones, maximizando el impacto económico de las mejoras en eficiencia energética.

2.7.3 Modelos de simulación

Los modelos de simulación ofrecen una herramienta útil para predecir el impacto económico de diferentes estrategias de eficiencia energética antes de su implementación. Esto permite mejorar los recursos disponibles y garantizar un uso más eficiente de la energía. Según Iram et al. (2020), las simulaciones y modelos predictivos son esenciales para evaluar los impactos potenciales de las políticas de eficiencia energética y su relación con el crecimiento económico y el desarrollo sostenible. Estos modelos permiten identificar las mejores estrategias para maximizar el ahorro energético y mejorar la rentabilidad.

2.8 Presupuesto Maestro y Control de Costos en la Gestión Energética

El presupuesto maestro es una herramienta esencial en la gestión financiera y operativa de las empresas, proporcionando un marco para proyectar, planificar y controlar los costos asociados al consumo de energía. En el contexto de la gestión energética, el presupuesto maestro permite a las empresas anticipar el consumo, asignar recursos de manera eficiente y establecer medidas correctivas para asegurar que los costos energéticos se mantengan dentro de los límites establecidos. Esto contribuye significativamente a la sostenibilidad financiera de la empresa, especialmente en sectores como la cervecería artesanal, donde el consumo energético puede representar una proporción importante de los costos operativos.

2.8.1 Importancia del Presupuesto Maestro en la Planificación Energética

La integración de la gestión energética en el presupuesto maestro proporciona un marco para planificar el consumo energético de manera efectiva, anticipando posibles variaciones debido a factores como cambios en la producción, fluctuaciones en los precios de la energía

o demandas estacionales. Una planificación proactiva facilita la implementación de estrategias para minimizar desviaciones significativas y establece límites de consumo que promueven la eficiencia energética. Según Iram et al. (2020), una planificación precisa del consumo energético permite diseñar políticas de ahorro y establecer objetivos de consumo que, cuando se aplican eficientemente, pueden generar importantes reducciones en el gasto energético y mejorar la competitividad empresarial (Iram et al., 2020) control de costos y medidas correctivas

El control de costos energéticos es una dimensión crítica dentro del presupuesto maestro, ya que permite a las empresas monitorear su desempeño, identificar áreas de mejora y aplicar estrategias para asegurar un uso eficiente de la energía. En industrias como la cervecería artesanal, esto puede incluir la optimización de procesos, la mejora de la eficiencia en sistemas de refrigeración y la reducción de desperdicios mediante tecnologías inteligentes. Bedi et al. (2018) destacan que el uso de herramientas de control y monitoreo continuo puede reducir significativamente los costos operativos mediante la optimización del consumo de energía, lo que resulta en una operación más eficiente y sostenible (Bedi et al., 2018).

2.8.2 Retorno de la inversión (ROI) y beneficios económicos

Evaluar el retorno de la inversión (ROI) derivado de las estrategias de eficiencia energética es fundamental para justificar la adopción de tecnologías y sistemas de gestión energética. Los ahorros generados a partir de mejoras en la eficiencia proporcionan un retorno positivo sobre la inversión, especialmente cuando se consideran la reducción de costos operativos y los impactos ambientales asociados. Iram et al. (2020) señalan que las inversiones en eficiencia energética generan beneficios económicos y ambientales, mejorando la rentabilidad de las empresas y contribuyendo a su sostenibilidad (Iram et al., 2020).

2.8.3 Planificación energética y medidas correctivas proactivas

La planificación energética dentro del presupuesto maestro debe complementarse con medidas correctivas proactivas para garantizar que el consumo de energía se mantenga alineado con los objetivos establecidos. El uso de tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT) y sistemas automatizados de monitoreo, permite a las empresas obtener datos en tiempo real, ajustando sus operaciones según los patrones de consumo identificados. Esto no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también asegura que

los costos energéticos permanezcan controlados. Según Bedi et al. (2018), la implementación del IoT en sistemas de energía permite una conectividad avanzada entre dispositivos, facilitando el monitoreo y control en tiempo real, lo que incrementa la eficiencia operativa y reduce los costos (Bedi et al., 2018).

El presupuesto maestro y el control de costos en la gestión energética proporcionan una metodología integral para mejorar el uso de recursos, minimizar costos y mejorar la sostenibilidad financiera de las operaciones. La integración de la planificación energética con herramientas de monitoreo avanzadas y medidas correctivas permite maximizar la eficiencia operativa y asegurar un retorno positivo sobre la inversión en mejoras de eficiencia energética.

2.9 Costo de conversión en la producción

El costo de conversión es un concepto fundamental en la administración y contabilidad de costos, utilizado principalmente para calcular el total de los gastos asociados a transformar materias primas en productos terminados. Este término abarca los costos directos de mano de obra y los costos indirectos de fabricación, excluyendo el costo de las materias primas directas. Es esencial en la toma de decisiones estratégicas, ya que permite a las empresas evaluar la eficiencia de sus procesos productivos y determinar el precio adecuado de sus productos para maximizar las utilidades y garantizar competitividad en el mercado.

El análisis del costo de conversión también juega un papel crucial en la gestión presupuestaria, el control de inventarios y la asignación de recursos, proporcionando una base cuantitativa para evaluar áreas de mejora procesos. De acuerdo con Horngren et al. (2021), los costos de conversión son una herramienta clave en la contabilidad gerencial para vincular la planeación estratégica con las actividades operativas.

Además, Horngren et al. (2021) señalan que este concepto permite evaluar las variaciones de eficiencia en el uso de recursos humanos y materiales indirectos en la producción. Finalmente Garrison et al. (2021) destacan su importancia para la integración de los costos de producción en los sistemas de costos por órdenes de trabajo o procesos, facilitando una comprensión más precisa de las estructuras de costos.

Este enfoque es particularmente útil en industrias manufactureras y en entornos donde la automatización está en aumento, ya que brinda herramientas para el análisis de la relación entre la mano de obra y los costos indirectos.

2.10 Mapa de flujo de valor (VSM: Value Stream Mapping)

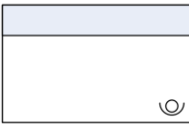
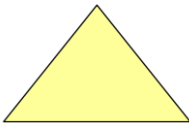
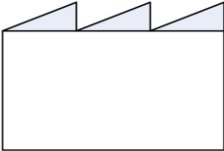
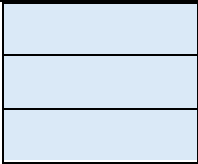
El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta de Lean Manufacturing utilizada para visualizar y analizar los flujos de materiales e información en un proceso de producción. Su objetivo principal es identificar desperdicios, reducir tiempos de ciclo y mejorar la eficiencia general del sistema productivo mediante la visualización del flujo de valor y la detección de actividades que no generan valor. Para lograrlo, el VSM emplea herramientas como la recopilación de datos sobre tiempos de proceso, inventarios y movimientos de materiales, permitiendo desarrollar un mapa del estado actual del proceso. A partir de este análisis, se diseñan estrategias de mejora como la implementación de sistemas de producción ajustada, eliminación de cuellos de botella y sincronización del flujo de trabajo (García Cantó & Amador Gandia, 2019).

El VSM se originó en el Sistema de Producción Toyota (TPS) como un método para reducir ineficiencias y mejorar la gestión de la producción desde el proveedor hasta el cliente. El TPS introdujo principios como la eliminación del desperdicio, la producción Justo a Tiempo y la estandarización del trabajo, lo que permitió que el VSM se convirtiera en una herramienta clave para visualizar y mejorar procesos. A medida que su efectividad fue reconocida, otras industrias más allá de la automotriz, como la logística, la salud y la manufactura avanzada, comenzaron a adoptarlo para mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones estratégicas. Fue desarrollado en la década de 1980 por Jim Womack y Dan Jones mientras estudiaban la industria automotriz (García Cantó & Amador Gandia, 2019). Actualmente, se aplica en una amplia gama de industrias, incluyendo manufactura, logística y servicios, debido a su capacidad para mejorar procesos mediante la reducción de actividades que no agregan valor. Por ejemplo, en la industria automotriz, el VSM se ha utilizado para identificar cuellos de botella en la línea de ensamblaje, permitiendo reorganizar los flujos de trabajo y reducir los tiempos de espera entre estaciones, lo que ha

resultado en una mayor eficiencia y menor desperdicio de materiales (Barcia & De Loor, 2007).

2.10.1 Simbología y Componentes del VSM

Para comprender mejor el funcionamiento del **Value Stream Map (VSM)**, se presentan los elementos esenciales y la simbología utilizada en la siguiente tabla:

Símbolo	Componente	Descripción
	Proceso	Representa una actividad o etapa del flujo de valor.
	Inventario	Indica la cantidad de productos o materiales almacenados entre procesos.
	Flecha de empuje	Muestra el flujo de producción basado en la demanda interna.
	Cliente/Proveedor	Representado por un rectángulo, señala el origen y destino del flujo de materiales.
	Camión de envío	Indica el transporte de materiales o productos entre ubicaciones.
	Control de producción	Simboliza la gestión y monitoreo del flujo de trabajo.
	Tabla de datos	Representa un conjunto de información relevante dentro del VSM.
	Segmento de escala de tiempo	Indica la duración específica de un proceso en el mapa de flujo de valor.

<table><tr><td>Tiempo total del Proceso:</td><td>374.67h</td></tr><tr><td>Consumo total de energía</td><td>361.27 kWh/BBL</td></tr></table>	Tiempo total del Proceso:	374.67h	Consumo total de energía	361.27 kWh/BBL	Escala de tiempo total	Representa el tiempo total requerido para completar todas las etapas del proceso.
Tiempo total del Proceso:	374.67h					
Consumo total de energía	361.27 kWh/BBL					

Tabla 3 La simbología utilizada en esta tabla proviene de Microsoft Visio y la tabla es de elaboración propia.

La integración de estos elementos es crucial para comprender y mejorar los procesos productivos. Al combinar el flujo de información, el mapeo del proceso y la línea de tiempo, se logra una visión más clara de las áreas de mejora y se facilita la toma de decisiones para aumentar la eficiencia operativa.

Estos elementos se integran en tres partes fundamentales del mapa:

- Flujo de información: Describe la interacción entre los diferentes componentes del proceso.
- Mapa del proceso: Contiene información sobre los pasos involucrados y sus relaciones.
- Línea de tiempo: Indica los puntos donde se generan pérdidas o desperdicios, así como los tiempos de ciclo para las actividades de valor agregado.

2.10.2 Aplicaciones del VSM

El VSM se ha aplicado con éxito en diversos sectores para mejorar la eficiencia operativa. El éxito en estos casos se mide a través de indicadores clave de desempeño (KPIs), como la reducción en los tiempos de ciclo, la disminución de desperdicios, la optimización del flujo de trabajo y el incremento en la productividad. Además, se puede evaluar mediante comparaciones entre el estado actual y el estado futuro del proceso, evidenciando mejoras en costos y calidad (Rohac & Januska, 2015).

- Manufactura automotriz: Reducción del tiempo no productivo en aproximadamente un 26%.
- Logística militar: Disminución del tiempo de entrega en un 69% y reducción de la variabilidad en un 62%.
- Gestión de oficinas: Optimización de procesos administrativos mediante la identificación de flujos de información ineficientes.

En la industria cervecera, el VSM permite identificar el consumo de energía y agua en cada etapa del proceso de producción, desde el almacenamiento del grano hasta la transferencia

del mosto al fermentador. Esto facilita la detección de pérdidas y la mejora del desempeño ambiental (Barcia & De Loor, 2007).

2.10.3 Metodología para implementar el VSM

Para aplicar un Value Stream Mapping, es fundamental seguir una metodología estructurada que permita visualizar, analizar y mejorar los procesos. A continuación, se presentan los pasos esenciales para su implementación (García Cantó & Amador Gandia, 2019):

- Selección del área crítica: Se elige una familia de productos con procesos similares para facilitar el análisis.
- Preparación del mapa del estado actual: Se documentan los procesos principales, los datos clave y los tiempos de producción.
- Análisis del estado actual: Se identifican los desperdicios o "mudas" en la cadena de valor.
- Diseño del mapa del estado futuro: Se establecen objetivos de mejora, como la reducción de tiempos de espera o la implementación de flujos de producción más eficientes.
- Implementación y seguimiento: Se ejecutan las mejoras y se monitorean los resultados.

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta fundamental dentro del enfoque Lean Manufacturing, utilizada para visualizar, analizar y mejorar los procesos productivos. Diversos estudios han demostrado su impacto positivo en la eficiencia operativa. Asimismo, investigaciones en el sector manufacturero han mostrado que el VSM puede reducir desperdicios en un 30%, optimizando los recursos y aumentando la rentabilidad empresarial.

2.11 Microsoft Visual Basic

2.11.1 Antecedentes

Visual Basic (VB) es un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft con el propósito de simplificar el proceso de creación de aplicaciones gráficas para el sistema operativo Windows. Desde su lanzamiento en 1991, VB ha experimentado múltiples

actualizaciones que han consolidado su posición en el desarrollo de software orientado a eventos (Sierra, 2016).

La evolución de Visual Basic dio un giro importante con la llegada de Visual Basic .NET, una versión que introdujo el lenguaje dentro del entorno del marco .NET de Microsoft. Esta transición permitió integrar características modernas como la programación orientada a objetos, manejo de excepciones, y el acceso a una extensa biblioteca de clases reutilizables, potenciando así la escalabilidad y robustez de las aplicaciones desarrolladas (Sierra, 2016).

Como lo señala Sierra (2016), aunque Visual Basic .NET representa una evolución técnica importante, mantiene la filosofía original del lenguaje: ofrecer un entorno de desarrollo accesible, visual y eficaz para desarrolladores con distintos niveles de experiencia. Además, la compatibilidad con otras tecnologías de Microsoft como ADO.NET y Windows Forms ha permitido su uso en aplicaciones empresariales, administrativas y educativas (Sierra, 2016).

Visual Basic .NET, en su esencia, sigue siendo una herramienta con una curva de aprendizaje amigable, especialmente útil para quienes buscan iniciar en el mundo del desarrollo sin enfrentar la complejidad de lenguajes como C++ o Java. No obstante, sus capacidades han crecido al punto de permitir la creación de aplicaciones sofisticadas, gracias a su integración con .NET Framework y Visual Studio (Sierra, 2016).

En síntesis, el recorrido histórico de Visual Basic muestra un proceso de transformación que lo ha llevado de ser un lenguaje sencillo para principiantes a una plataforma potente, capaz de integrarse a proyectos empresariales serios. La obra de Sierra (2016) resulta esencial para comprender este trayecto y las implicaciones actuales de su uso en entornos productivos.

2.11.2 Automatización de procesos administrativos con Visual Basic for Applications (VBA)

Visual Basic for Applications (VBA) es un lenguaje de programación orientado a eventos que permite automatizar tareas dentro del entorno de Microsoft Office, particularmente en Excel. Su aplicación ha demostrado ser especialmente útil en procesos administrativos, caracterizados por su alta repetitividad y la frecuente carga manual de datos.

Kalwar et al. (2022) documentan un estudio en la industria del calzado donde desarrollaron una herramienta automatizada en Excel utilizando VBA para el análisis de costos por pedido. La automatización incluyó la programación de formularios, módulos y funciones que permitieron calcular costos fijos y variables, generar reportes automáticos y reducir significativamente el tiempo de procesamiento. Como resultado, el tiempo para generar un reporte disminuyó de 35 minutos a solo 5 minutos, evidenciando una reducción del 85% en el tiempo de ejecución.

De forma similar, Patil et al. (2022) diseñaron y desarrollaron una aplicación en Microsoft Excel con VBA para la formulación de raciones ganaderas, demostrando que es posible construir herramientas especializadas, eficientes y de bajo costo sin recurrir a software comercial. La aplicación permitió a técnicos del sector pecuario realizar cálculos complejos de balance nutricional utilizando bases de datos locales y fórmulas personalizadas, mejorando tanto la toma de decisiones como la autosuficiencia técnica. Este desarrollo resalta el potencial de VBA para crear soluciones aplicadas a nichos técnicos específicos, con alta replicabilidad en otros sectores productivos.

Estos casos resaltan el potencial de VBA como herramienta estratégica para la gestión administrativa y técnica (Patil et al., 2022). Además de la disminución del tiempo de procesamiento, se observa una reducción considerable de errores derivados de la manipulación manual de datos. Esta mejora contribuye a una mayor precisión en los reportes y una toma de decisiones basada en información más confiable.

Otra ventaja relevante de VBA es su capacidad para personalizar interfaces de usuario mediante formularios interactivos, lo que facilita su uso por parte de personal operativo sin conocimientos técnicos en programación. Esta característica es especialmente valiosa en contextos de pequeñas y medianas empresas (PyMES), donde los recursos para implementar tecnologías avanzadas pueden ser limitados (Kalwar et al., 2022).

La automatización de procesos administrativos y técnicos mediante VBA representa una solución eficaz, accesible y adaptable para incrementar la eficiencia operativa, reducir costos indirectos y estandarizar procedimientos clave en entornos productivos (Patil et al., 2022).

2.12 Cuestionarios para el diagnóstico energético

2.12.1 El uso de cuestionarios como herramienta de validación en la evaluación de sistemas energéticos para MiPyME

Los cuestionarios se han consolidado como herramientas versátiles, económicas y eficaces para la recolección estructurada de datos. Estos instrumentos permiten evaluar percepciones, prácticas, necesidades y condiciones específicas dentro de diversos contextos, incluido el energético. Su aplicación en estudios de validación ha ganado terreno como metodología rigurosa y sistemática para comprobar la pertinencia, utilidad y confiabilidad de nuevas herramientas, procedimientos o modelos en escenarios reales.

De acuerdo con Valencia & Carmenates (2022), la validación de instrumentos mediante cuestionarios constituye una etapa crítica dentro de cualquier investigación aplicada, ya que garantiza la calidad de los resultados y contribuye a la solidez de las conclusiones. Los autores advierten que un instrumento mal validado puede comprometer no solo la confiabilidad de los hallazgos, sino también la efectividad de las decisiones basadas en ellos, especialmente en áreas como la capacitación técnica o la gestión organizacional.

En concordancia, Méndez Rodríguez et al. (2023) diseñaron y validaron un cuestionario destinado a evaluar la gestión estratégica universitaria, empleando escalas tipo Likert y procedimientos estadísticos como análisis factorial exploratorio, coeficiente Alfa de Cronbach y validación mediante juicio de expertos. Este enfoque integral permitió comprobar que la estructura del cuestionario reflejaba adecuadamente las dimensiones teóricas previstas y ofrecía mediciones válidas y confiables.

Diversas investigaciones coinciden en que el diseño de cuestionarios válidos y confiables requiere una secuencia estructurada de etapas, entre las que se incluyen: la definición del constructo, la revisión semántica de los ítems, el juicio de expertos, la aplicación piloto, el análisis de confiabilidad interna, mediante el Alfa de Cronbach y la validación de constructo, usualmente por análisis factorial (Valencia & Carmenates, 2022).

El cuestionario desarrollado en el presente estudio para evaluar el diagnóstico energético en MiPyME sigue estos principios metodológicos. Su finalidad es medir la utilidad, comprensión, relevancia y aplicabilidad de una calculadora digital para la gestión energética, orientada a micro y pequeñas empresas productoras. Esta herramienta, además de facilitar el análisis del desempeño energético, genera retroalimentación sobre

su implementación práctica. Lo anterior se alinea con los criterios propuestos por (Méndez Rodríguez et al., 2023), quienes destacan la importancia de evaluar la claridad, coherencia, relevancia y suficiencia de los ítems.

El uso de cuestionarios en procesos de validación trasciende la simple recolección de datos. Estos instrumentos permiten operacionalizar constructos teóricos complejos y traducirlos en variables observables y medibles. En el contexto de las MiPyME productoras, donde muchas veces no existen sistemas formales de medición energética, el desarrollo de instrumentos confiables y validados representa una vía accesible para mejorar la toma de decisiones, impulsar la eficiencia energética y fortalecer la sostenibilidad operativa.

Vinculación del cuestionario con marcos normativos y metodologías de diagnóstico energético: ISO 50001:2018 y CONUEE

El cuestionario utilizado para validar la calculadora digital de gestión energética propuesta se encuentra alineado con los principios establecidos en la norma internacional ISO 50001:2018, así como con las metodologías de diagnóstico energético descritas en el Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía Flores Díaz et al. (2016). Esta vinculación garantiza que tanto el enfoque como los objetivos del instrumento sean coherentes con los estándares aceptados para la gestión eficiente de la energía.

Flores Díaz & Jáuregui Nares (2020) promueve la mejora continua del desempeño energético a través del ciclo PHVA (Planear–Hacer–Verificar–Actuar). En este contexto, el cuestionario incluye ítems orientados a evaluar si la herramienta propuesta es comprensible, aplicable y si facilita la formulación de líneas base energéticas (LBEn) y de indicadores de desempeño energético (IDEn). Estos elementos son fundamentales para la planificación, implementación y seguimiento de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).

Por su parte, la metodología de diagnóstico energético de la CONUEE contempla etapas como la recopilación de datos energéticos, la identificación de usos significativos de la energía (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020), el análisis de variables relevantes y la definición de indicadores energéticos. La calculadora fue diseñada para facilitar la ejecución de estas fases dentro del entorno operativo de las MiPyME. En consecuencia, el cuestionario busca verificar si los usuarios reconocen estas capacidades funcionales y logran interactuar con la herramienta de forma efectiva.

El propósito principal del cuestionario es validar funcionalmente la herramienta desarrollada para apoyar la gestión energética en micro y pequeñas cervecerías. Esta herramienta, construida sobre Microsoft Visual Basic, permite analizar el consumo de energía, estimar costos asociados y orientar la toma de decisiones hacia la eficiencia energética. En este sentido, el cuestionario opera como un instrumento estructurado que evalúa la comprensibilidad, facilidad de uso, pertinencia operativa y utilidad percibida por los usuarios finales.

Siguiendo las recomendaciones metodológicas de la (Flores Díaz et al., 2016), el instrumento fue construido bajo un enfoque tipo Likert, accesible para usuarios no especializados. Este formato facilita la detección de brechas entre las funcionalidades ofrecidas por la herramienta y la experiencia real de uso por parte de los productores, lo cual se alinea con el enfoque de mejora continua impulsado por (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

De manera específica, el cuestionario permite identificar:

- Si los usuarios logran reconocer los elementos esenciales del desempeño energético: consumos, factores relevantes y usos significativos de la energía.
- Si la herramienta facilita adecuadamente la construcción de líneas base energéticas (LBEn) y el cálculo de indicadores de desempeño energético (IDEn) conforme a los lineamientos técnicos.
- Si los productores perciben beneficios claros en cuanto a mejora en sus procesos, reducción de costos y detección de oportunidades de eficiencia energética.
- Qué aspectos funcionales o de diseño requieren ajustes para mejorar la experiencia de usuario, la precisión de los resultados o la claridad de la interfaz.

En conjunto, este instrumento no solo permite recopilar información diagnóstica, sino que también actúa como un mecanismo participativo de retroalimentación directa. Sus resultados aportarán evidencia técnica para mejorar, validar y fomentar la adopción de la herramienta entre las MiPyME del sector artesanal cervecero, asegurando su pertinencia técnica y su aplicabilidad en condiciones reales de uso.

Capítulo 3

3.1 Relación entre el costo de conversión y la eficiencia energética en la producción

El costo de conversión se refiere a los gastos asociados con la transformación de materiales directos en productos terminados, incluyendo la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. Estos costos son fundamentales para evaluar la eficiencia operativa de una empresa y afectan directamente su rentabilidad y capacidad competitiva en el mercado. Una gestión adecuada de los costos de conversión permite mejorar los procesos productivos y mejorar el rendimiento financiero del negocio.

En este contexto, la fábrica de bebidas artesanales en Orizaba, Veracruz, enfrenta el desafío de mantener su competitividad y rentabilidad debido a los altos costos de conversión y energéticos. La problemática principal radica en la falta de alineación entre los costos de conversión y la gestión eficiente del consumo energético, lo cual limita la capacidad de la empresa para medir sus procesos y gestionar eficazmente sus gastos operativos.

La dependencia de datos generales de consumo energético proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) dificulta el monitoreo y la evaluación precisa de los costos energéticos vinculados al proceso de conversión. Esta falta de información detallada afecta la capacidad de planificar adecuadamente la producción, proyectar gastos y determinar la rentabilidad real de la fábrica. La desalineación entre los costos de conversión y el consumo de energía genera ineficiencias que impactan negativamente en el control de costos y la capacidad productiva de la empresa.

3.2 Diagnóstico en el proceso productivo

La falta de información oportuna y detallada sobre el consumo energético obligó a realizar un análisis diagnóstico que relacionara directamente el uso de energía con la producción en distintos periodos. Por ejemplo, en el cuarto bimestre se identificó una reducción del 95 % en el consumo de energía, mientras que la producción cayó al 40 %, lo que generó una diferencia significativa del 55 %. Esta desalineación evidencia ineficiencias operativas que afectan directamente los costos de conversión, elevando el costo unitario por litro producido. Dichas ineficiencias comprometen tanto la rentabilidad como la capacidad de la empresa para reinvertir en mejoras de su proceso productivo (ver Gráfica 2).

Estas ineficiencias operativas que se traducen en un incremento del costo unitario pueden evaluarse mediante la siguiente relación:

$$\text{Costo de conversión por litro} \left(\frac{MXN}{L} \right) = \frac{\text{Costo energético total}}{\text{Litros producidos}}$$

Esta fórmula se basa en los principios de contabilidad de costos unitarios, comúnmente utilizados para evaluar la eficiencia operativa en procesos industriales (Horngren et al., 2021). Su aplicación en el contexto energético está alineada con las recomendaciones de la guía de implementación del SGEn bajo la norma ISO 50001:2018, promovida por la CONUEE, la cual establece la importancia de vincular indicadores de consumo con resultados de producción para identificar áreas críticas de mejora (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE CERVEZA

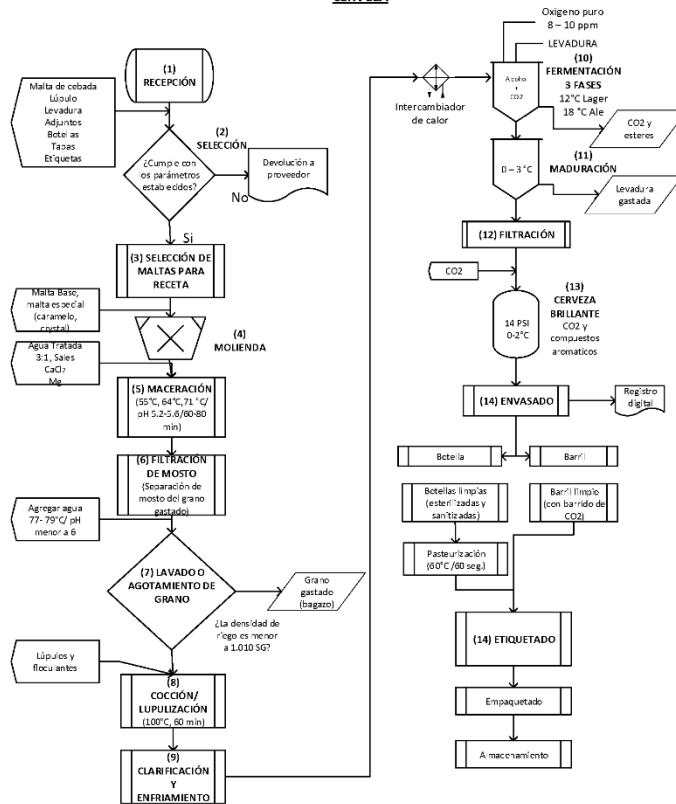
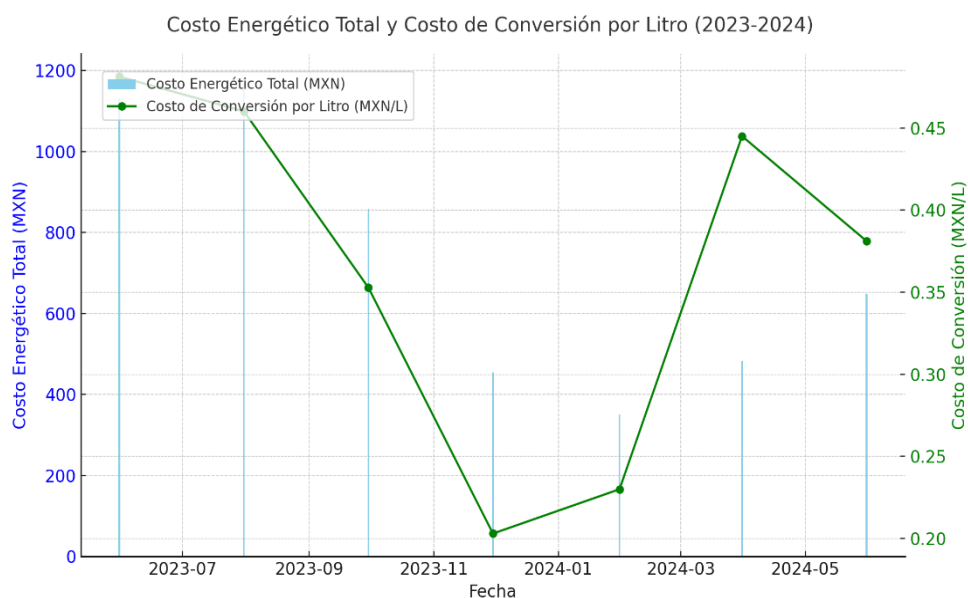


Ilustración 2 A continuación, se presenta un diagrama de flujo del proceso productivo actual de la fábrica de bebidas artesanales, el cual permite identificar las etapas clave que inciden en los costos de conversión y el consumo energético.



Gráfica 2 Relación entre el costo energético total (MXN) y el costo de conversión por litro (MXN/L) en el periodo 2023-2024.

La problemática de los costos de conversión asociados a una gestión energética ineficiente se convierte en un obstáculo clave que debe ser atendido con urgencia para garantizar la viabilidad del negocio. Abordar esta situación requiere estrategias que permitan mejorar tanto el consumo de energía como los costos de conversión, promoviendo una mayor eficiencia en la transformación de materiales directos en productos terminados y mejorando así la competitividad y sostenibilidad de la empresa a largo plazo.

3.3 Análisis de consumo energético

El desarrollo del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) se basa en el ciclo de mejora continua Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), lo cual asegura una mejora progresiva y sostenida en el desempeño energético. Este enfoque no solo garantiza una mejor eficiencia operativa, sino que permite integrar cambios duraderos en la organización. Las etapas de la implementación se describen a continuación de manera más explícita, con apoyo de los lineamientos de la guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001:2018, (2020).

3.3.1 Análisis de Consumo Energético y Producción

En esta etapa se realizó un análisis detallado del consumo energético, utilizando datos de consumo en Watt/h recolectados a lo largo de un periodo de operación. Se buscó identificar patrones de consumo y su relación con la producción para evaluar la eficiencia energética y determinar oportunidades de mejora.

Los datos de consumo energético fueron extraídos del medidor PZEM004T, el cual registra el consumo de energía cada hora. Estos datos se organizaron en una base de datos para su posterior análisis. Además del consumo energético, se registraron los valores de producción basados en la capacidad productiva y el programa de producción de la planta.

La fábrica produce entre 100 y 200 litros de cerveza por semana. Cada lote de 100 litros genera aproximadamente 240 botellas y requiere entre 10 y 14 días para estar listo, dependiendo del estilo de cerveza. Considerando el proceso productivo y los tiempos de elaboración, se estimó la producción efectiva durante las horas de operación para analizar la productividad en relación con el consumo energético.

Para estimar la producción por hora, se consideraron las etapas activas del proceso que requieren consumo energético significativo, principalmente durante la elaboración y fermentación inicial. Suponiendo que la etapa de elaboración (molienda, maceración y cocción) de un lote de 100 litros se realiza en un día de trabajo de 8 horas, la producción sería:

- Producción por hora = 100 litros / 8 horas = 12.5 litros/hora

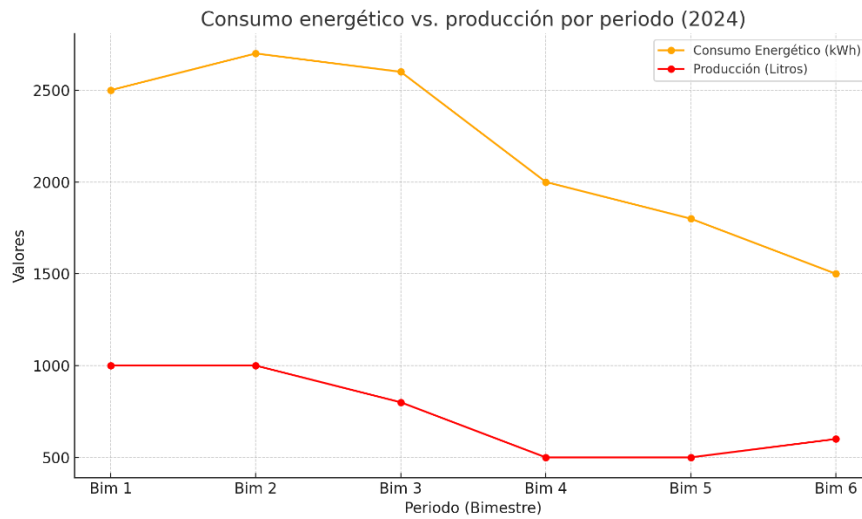
Si se producen dos lotes de 100 litros en una semana, el proceso se repite en dos días, manteniendo la misma producción por hora durante esos días de actividad.

El consumo energético se agrupó por hora para calcular el total acumulado de kWh consumidos durante las horas de operación activa. Se realizaron comparaciones entre el consumo energético y la producción estimada por hora.

Para visualizar los resultados, se generaron varios gráficos que muestran la relación entre el consumo y la producción:

- Gráfica 3: Consumo energético vs. producción por periodo

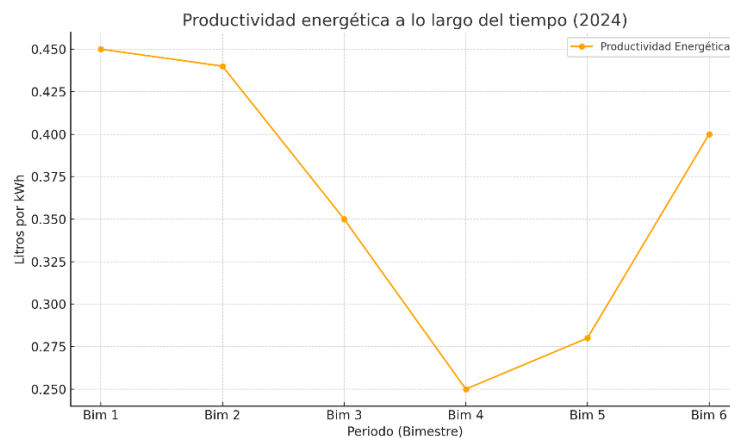
Este gráfico permite observar cómo el consumo energético se comporta en comparación con la producción a lo largo de varios periodos, identificando tendencias y posibles desbalances.



Gráfica 3 Representación del consumo energético (kWh) y la producción (litros) por bimestre en el año 2024, reflejando la tendencia de eficiencia energética y niveles de producción.

- Gráfica 4: Productividad energética a lo largo del tiempo

La productividad, medida como la relación entre litros producidos por cada kWh consumido, muestra variaciones que pueden sugerir periodos de ajuste en la eficiencia del proceso productivo.

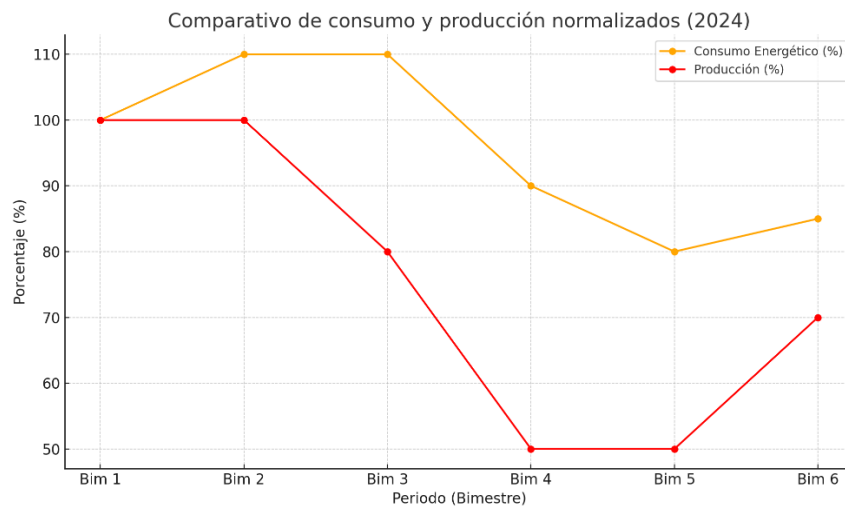


Gráfica 4 Variación de la productividad energética (litros por kWh) a lo largo de los 6 bimestres de 2024, reflejando los cambios en eficiencia operativa.

- Gráfica 5: Comparativo de consumo y producción normalizados

Este gráfico muestra las tendencias del consumo energético y la producción a lo largo de diferentes periodos, ambas normalizadas como porcentaje respecto al periodo inicial.

Permite visualizar claramente si existe un desbalance significativo entre el consumo de energía y la producción, facilitando la identificación de discrepancias y oportunidades de mejora en la eficiencia energética.



Gráfica 5 Comparativo de consumo energético y producción normalizados (%) a lo largo de los 6 bimestres de 2024, mostrando tendencias relativas en eficiencia y productividad.

Los resultados obtenidos muestran que el consumo energético presenta picos durante los días de producción activa, mientras que, en días sin producción significativa, el consumo energético no disminuye proporcionalmente. Esto indica que existe un consumo energético base que no está directamente relacionado con la producción y podría ser mejorado.

La productividad promedio, medida en litros por kWh, muestra variaciones que indican oportunidades para mejorar la eficiencia energética. Por ejemplo, si durante un día de producción se consumen 80 kWh para producir 100 litros, la productividad sería:

- $\text{Productividad} = 100 \text{ litros} / 80 \text{ kWh} = 1.25 \text{ litros/kWh}$

En cambio, si en días sin producción el consumo energético es de 50 kWh sin producción asociada, esto refleja ineficiencias y oportunidades de ahorro.

Además, se identificaron factores externos que influyen en el consumo energético y la producción, como:

- Variaciones estacionales: La demanda de cerveza artesanal puede variar según la temporada, afectando la programación de la producción.

-
- Mantenimiento de equipos: Operaciones de limpieza y mantenimiento pueden aumentar el consumo energético sin aumentar la producción.
 - Control de temperatura: El consumo energético asociado al control de temperatura durante la fermentación y almacenamiento puede ser significativo.

Las ineficiencias energéticas detectadas tienen un impacto financiero considerable. Un consumo energético elevado en periodos de baja o nula producción incrementa los costos operativos y reduce el margen de beneficio. Por ejemplo, reducir el consumo energético en un 20% durante periodos inactivos podría representar ahorros significativos en la factura eléctrica bimestral, liberando recursos para inversiones en mejoras tecnológicas o capacitación.

El análisis detallado del consumo energético y la producción ha revelado ineficiencias en la relación entre ambos, evidenciadas por fluctuaciones y desbalances significativos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de una gestión energética más eficiente para mejorar los procesos productivos y reducir los costos operativos. Comprender y abordar estas ineficiencias es crucial para mejorar la rentabilidad y la competitividad de la fábrica en el mercado.

3.3.2 Análisis de Energía

La transición hacia una gestión energética eficiente implica un análisis detallado de las condiciones actuales de consumo. Para las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES) en la industria de bebidas artesanales, comprender en profundidad cómo se consume la energía eléctrica es fundamental para diseñar estrategias eficaces y económicamente viables (Jones, 2018). En esta etapa, se concentra en la cuantificación precisa de variables críticas como el voltaje, la corriente, la potencia y el factor de potencia. Estas magnitudes eléctricas, medidas con el módulo PZEM-004T, proporcionan un entendimiento exacto de la eficiencia y la economía del uso energético. A través de este análisis, se busca no solo caracterizar los perfiles de consumo, sino también establecer las bases para una mejora continua y sostenida que responda a los desafíos específicos del sector (Flores Díaz et al., 2016).

Se realizó una selección meticulosa de los parámetros eléctricos a monitorear, enfocándose en aquellos que tienen mayor impacto en la eficiencia y en los costos de producción energética. Los parámetros críticos medidos incluyen el voltaje, la corriente, la potencia y

el factor de potencia, utilizando para ello el módulo PZEM-004T. Estas mediciones proporcionan datos precisos y continuos sobre el consumo energético. Por ejemplo, se determinaron las variaciones de voltaje y corriente en diferentes etapas del proceso de producción para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora.

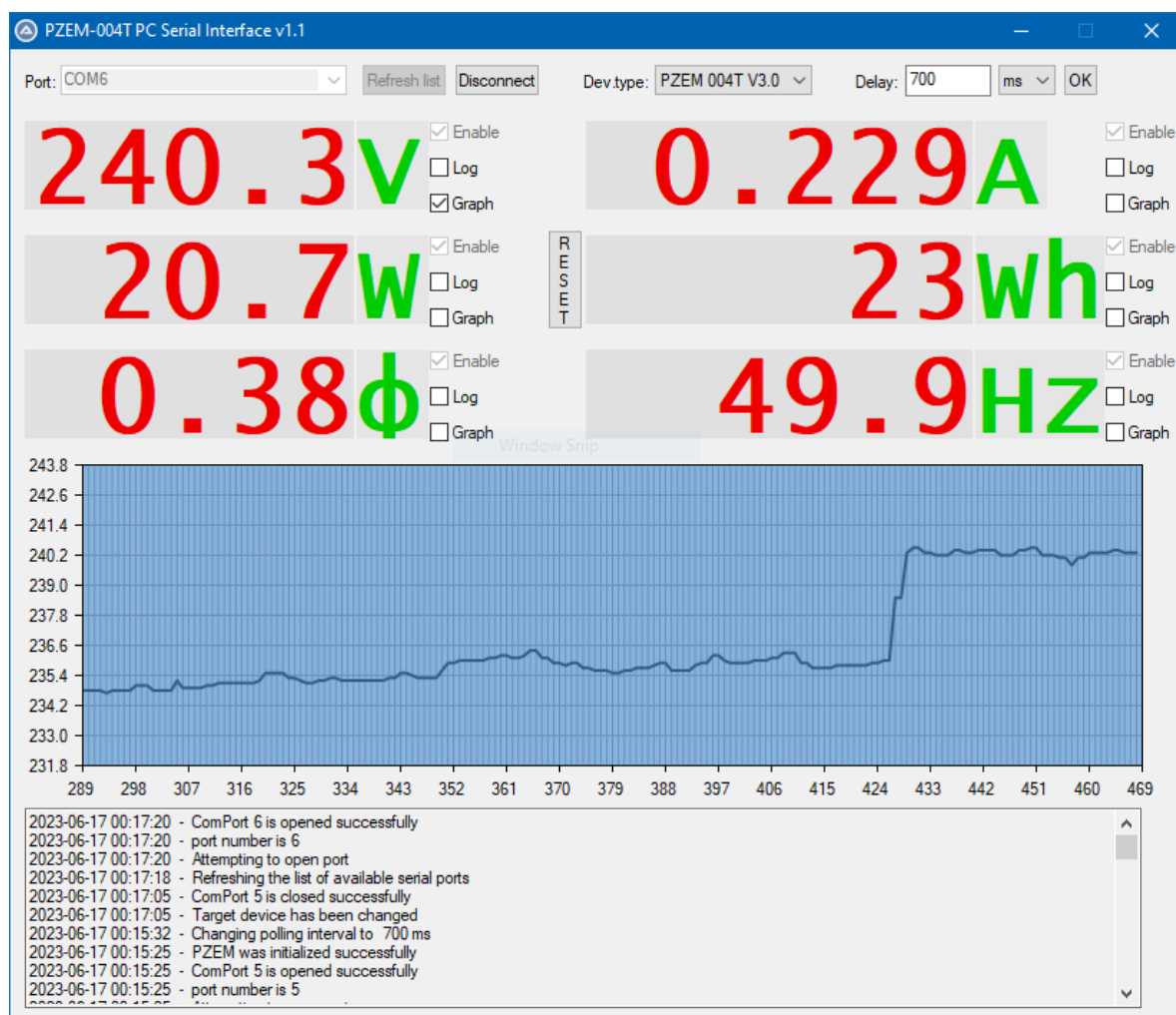
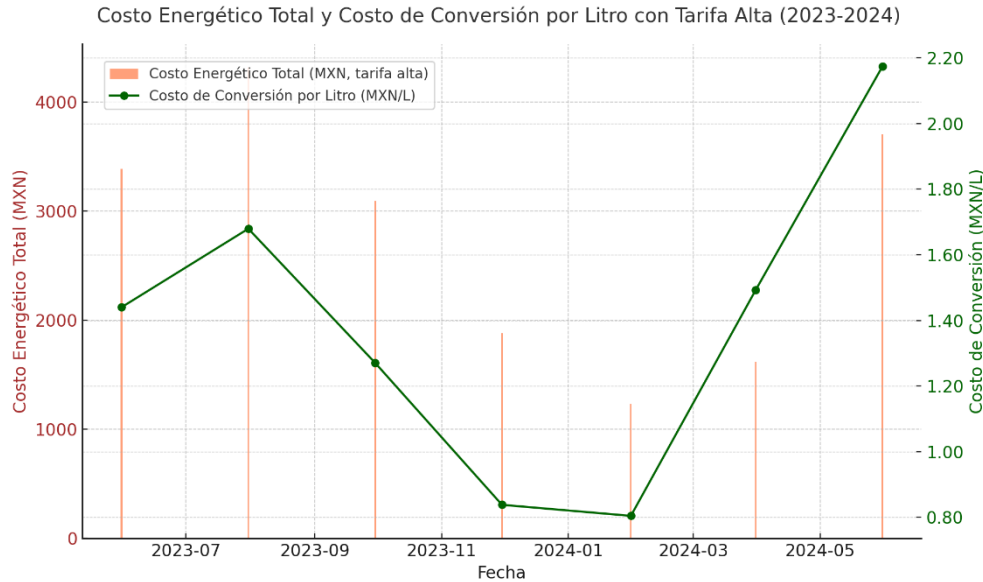


Ilustración 3 Interfaz de usuario del módulo PZEM-004T.

Se desarrolló e instauró un sistema robusto de medición que garantiza la captura continua y exacta de los datos energéticos relevantes. Para ello, se utilizaron instrumentos como el módulo PZEM-004T, asegurando la calibración adecuada de los equipos para mantener la precisión en la medición de las variables críticas. Los datos recopilados se incorporaron en un sistema de gestión o tablero de control que facilita su análisis y seguimiento. Además, se configuró el tablero de control para visualizar los datos en tiempo real, lo que permite una respuesta rápida ante cualquier anomalía en el consumo energético.

Se definieron metas claras de mejora en la eficiencia del consumo eléctrico, promoviendo la implementación de prácticas que optimicen el rendimiento y reduzcan los gastos operativos. Para medir y monitorear el progreso hacia los objetivos establecidos, se identificaron y seleccionaron indicadores clave de desempeño (KPI) relevantes. Los KPI seleccionados incluyen el consumo energético total (kWh), que corresponde a la medición del consumo total de energía eléctrica en un periodo determinado; el costo energético total (MXN), que registra el costo total asociado al consumo de energía eléctrica; la eficiencia energética (kWh por unidad producida), que es la relación entre la energía consumida y las unidades producidas, indicando la eficiencia del proceso productivo; y el factor de potencia, indicador de la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica, importante para evitar penalizaciones por parte de la compañía eléctrica.

Estos indicadores permitieron realizar un monitoreo continuo del desempeño energético y económico, facilitando la toma de decisiones informadas. En la siguiente figura se presenta la relación entre el costo energético total y el costo de conversión por litro, calculada con base en una tarifa eléctrica representativa del escenario más exigente para una MiPyME. Esta visualización permite identificar con claridad los periodos críticos en los que la eficiencia energética se ve comprometida, afectando directamente la rentabilidad del proceso productivo.



Gráfica 6 Relación entre el costo energético total y el costo de conversión por litro utilizando una tarifa estimada alta (\$6.50 MXN/kWh).

Se utilizaron los KPI para monitorear el progreso y evaluar el desempeño energético de manera regular. Se realizaron análisis periódicos para verificar el cumplimiento de las metas establecidas y detectar desviaciones que requirieran atención. Con base en los resultados obtenidos, se revisaron y ajustaron las estrategias de gestión energética, asegurando mejoras continuas en la eficiencia energética. Por ejemplo, se estableció un objetivo de reducción del consumo energético en un 10 % durante el primer año de implementación. Se monitoreó el consumo mensual para asegurar el progreso hacia este objetivo y se ajustaron las prácticas operativas según fue necesario.

Este enfoque meticuloso en el análisis de energía equipa a la empresa con la información necesaria para tomar decisiones informadas dirigidas a reducir los costos y mejorar la sostenibilidad. La comprensión detallada de los patrones de consumo energético y la implementación de sistemas de monitoreo precisos preparan el camino hacia la excelencia en la gestión de energía (Amaral et al., 2013). Esta etapa establece una base sólida para una gestión energética eficiente, permitiendo a las MiPyMES del sector de bebidas artesanales mejorar su consumo energético, aumentar su competitividad y mejorar su rentabilidad.

Al identificar las variables críticas y establecer sistemas de seguimiento y objetivos claros, se crea un marco que facilita la implementación de mejoras continuas. La integración de tecnologías de medición avanzadas, como el módulo PZEM-004T, permite una recopilación de datos precisa y en tiempo real, esencial para detectar ineficiencias y responder de manera oportuna. Además, la definición de KPI relevantes y el monitoreo constante del progreso aseguran que las estrategias implementadas sean efectivas y estén alineadas con los objetivos de la empresa. Este proceso no solo contribuye a la reducción de costos operativos, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental, aspecto cada vez más valorado en el mercado actual.

Timestamp	Voltaje	Ampers	watt	watt/h	factor de potencia	frecuencia
13/07/2024 19:39	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:40	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:41	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:42	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:43	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:44	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:45	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:46	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:47	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:48	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:49	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:50	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:51	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60
13/07/2024 19:52	118.3	20.527	2398	94516	0.99	60

Tabla 4 Registro de variables eléctricas monitoreadas en tiempo real mediante el módulo PZEM-004T.

El análisis energético detallado es un componente esencial en la transición hacia una gestión energética eficiente. Al centrar los esfuerzos en la identificación de variables críticas, la implementación de métodos de seguimiento robustos y la definición de objetivos claros, se sientan las bases para una mejora continua en la eficiencia energética. Este enfoque permite a las empresas del sector de bebidas artesanales enfrentar los desafíos actuales, mejorar sus procesos productivos y fortalecer su posición competitiva en el mercado.

3.3.3 Diseño del sistema de gestión de energía

Consolidar un panorama completo de la situación energética actual es fundamental para el desarrollo efectivo del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMES) dedicadas a la fabricación de bebidas artesanales. La recopilación de datos no es solo una tarea de acopio de cifras, sino una forma sistemática de entender las dinámicas de consumo energético (Sueza et al., 2022). En esta etapa, y tras la instalación del sistema de medición, se han iniciado las pruebas iniciales para garantizar su correcto funcionamiento y la precisión de los datos recolectados. El objetivo es doble: asegurar que la información sea de la más alta integridad y establecer un banco de datos robusto sobre el cual se puedan realizar análisis exhaustivos y tomar decisiones informadas.

La recolección de datos energéticos se ha llevado a cabo de manera sistemática, enfocándose en la captura de datos específicos sobre el consumo de energía, como los kilovatios hora (kWh) consumidos, la demanda de potencia y el factor de potencia. Se han

utilizado herramientas de medición como el módulo PZEM-004T para medir voltaje, corriente y factor de potencia con alta precisión. La implementación del sistema de monitoreo continuo permite la recolección de datos en tiempo real, asegurando la precisión y actualidad de la información. Se han instalado medidores de energía en puntos clave de la planta de producción para monitorear el consumo energético y detectar posibles ineficiencias desde el inicio de las operaciones.

La recopilación de datos se ha realizado tanto de fuentes primarias como secundarias. Las fuentes primarias incluyen lecturas directas de los medidores instalados en los equipos de producción, registros operativos y datos de producción internos. Esta información proporciona una visión detallada y específica de cómo se consume la energía dentro de la empresa. Las fuentes secundarias abarcan facturas de servicios públicos, estadísticas sectoriales y estudios de benchmarking. Analizar las facturas de electricidad y comparar los datos con estadísticas del sector ha permitido identificar patrones de consumo y situar el desempeño energético de la empresa en un contexto más amplio.

Los datos recopilados han sido sometidos a un riguroso proceso de validación para garantizar su precisión y fiabilidad. Se utilizó un enfoque metodológico que incluye la revisión de fuentes primarias y secundarias, el análisis detallado de las cifras y su comparación con estándares de la industria, como los definidos por la EPA y estudios de consumo energético en cervecerías de diferentes tamaños (Brewers Association, 2020). Este proceso aseguró que la información reflejara de manera representativa el consumo energético de las operaciones en la empresa, considerando tanto los consumos eléctricos como térmicos y su distribución en áreas clave como refrigeración, empaque y preparación de alimentos.

Los objetivos específicos de esta etapa son asegurar que los datos recopilados sean precisos y fiables, proporcionando una base sólida para los análisis subsiguientes; establecer una base de datos robusta que permita realizar análisis exhaustivos y tomar decisiones informadas; e implementar un sistema de monitoreo continuo que permita actualizar los datos en tiempo real y detectar cualquier anomalía en el consumo energético desde las fases iniciales de operación.

Como resultado de esta etapa, se ha obtenido un panorama completo y detallado del uso de la energía en la empresa. Esto ha permitido identificar ineficiencias en el consumo energético que pueden ser abordadas en etapas posteriores del SGE_n. Además, se ha

establecido una base sólida de datos para los análisis detallados en las siguientes fases, facilitando la toma de decisiones estratégicas orientadas a la optimización de los procesos y la reducción de costos.

Con esta etapa de recolección de datos bien definida y ejecutada, y con el sistema de medición ya instalado y en pruebas iniciales, la empresa cuenta con una comprensión profunda de su consumo energético. Esto permite identificar oportunidades de mejora y mejorar sus procesos, sirviendo la información recopilada y validada como fundamento para los análisis detallados y la toma de decisiones estratégicas en las etapas subsiguientes del SGE.

3.3.4 Análisis de Datos

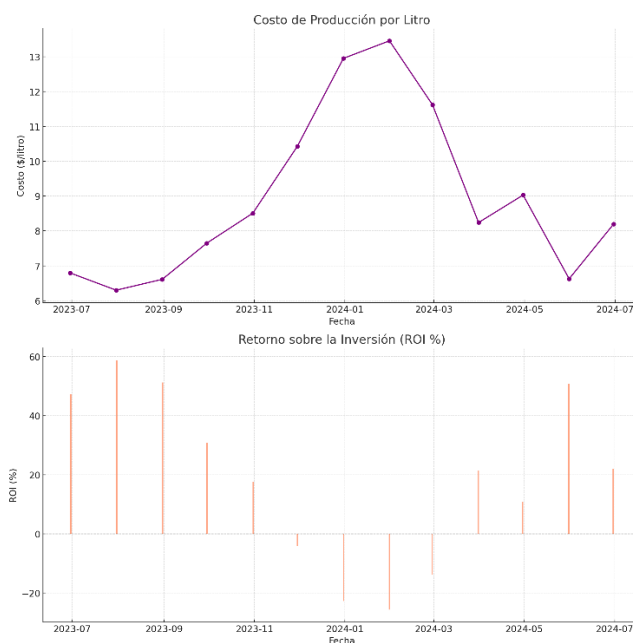
En la etapa siguiente del SGE, se realiza un análisis detallado de la información recopilada para transformar los datos en conocimiento aplicable. Con el sistema de medición instalado y en funcionamiento, y tras las pruebas iniciales, se dispone de un conjunto de datos preciso y actualizado que permite un análisis profundo. Para las MiPyMES del sector de bebidas artesanales, esta etapa es vital, ya que permite descifrar patrones de consumo energético y establecer correlaciones significativas entre la utilización de la energía, la producción y los costos operativos (Mtebwa & Ichwekeleza, 2022). Este análisis minucioso no solo revela tendencias y anomalías, sino que también señala oportunidades de mejora y eficiencia desde las fases iniciales de implementación.

Fecha	Litros Bimestrales	Costo Producción (\$/litro)	Ingresos por Ventas (\$)	Costos Operativos Totales (\$)	ROI (%)
30/06/2023	1131.13	\$ 6.79	\$ 11,311.30	\$ 7,685.94	47.17
31/07/2023	1274.27	\$ 6.30	\$ 12,742.69	\$ 8,028.13	58.73
31/08/2023	1182.36	\$ 6.61	\$ 11,823.59	\$ 7,817.19	51.25
30/09/2023	994.34	\$ 7.65	\$ 9,943.41	\$ 7,606.25	30.73
31/10/2023	858.60	\$ 8.51	\$ 8,585.99	\$ 7,306.25	17.52
30/11/2023	671.84	\$ 10.43	\$ 6,718.38	\$ 7,006.25	- 4.11
31/12/2023	454.85	\$ 12.95	\$ 4,548.50	\$ 5,890.63	- 22.78
31/01/2024	354.91	\$ 13.45	\$ 3,549.10	\$ 4,775.00	- 25.67
29/02/2024	351.29	\$ 11.62	\$ 3,512.85	\$ 4,081.25	- 13.93
31/03/2024	411.09	\$ 8.24	\$ 4,110.90	\$ 3,387.50	21.35
30/04/2024	482.45	\$ 9.03	\$ 4,824.45	\$ 4,356.25	10.75
31/05/2024	803.52	\$ 6.63	\$ 8,035.20	\$ 5,325.00	50.90
30/06/2024	649.45	\$ 8.20	\$ 6,494.50	\$ 5,325.00	21.96

Tabla 5 Comparativa bimestral de litros producidos, costos de producción unitarios, ingresos estimados por venta y retorno sobre la inversión (ROI).

El análisis se centra en la identificación del comportamiento de los indicadores clave de rendimiento (KPI). Se evalúa cómo varían los principales indicadores energéticos a lo largo del tiempo y en relación con las diferentes etapas del proceso productivo. Los KPI críticos

incluyen el consumo energético total (kWh), el costo energético total (MXN), la eficiencia energética (kWh por unidad producida) y el factor de potencia. A través de este análisis, se identifican tendencias de consumo y se detectan anomalías que indiquen ineficiencias o problemas operativos. Las variaciones diarias y semanales del consumo energético para identificar picos y valles en el uso de energía, relacionándolos con actividades específicas de producción o mantenimiento.



Gráfica 7 Análisis del retorno sobre la inversión (ROI) por bimestre.

Se ha diseñado un esquema de acciones y controles que se implementarán para mejorar la gestión de la energía, basado en los datos obtenidos durante las pruebas iniciales. Se han elaborado planes de acción específicos para abordar las ineficiencias identificadas y se han diseñado estrategias de mejora continua basadas en las mejores prácticas y en los resultados del análisis de datos. Se ha implementado un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de mayor consumo energético, ajustado según los patrones de uso identificados en las fases iniciales de operación.

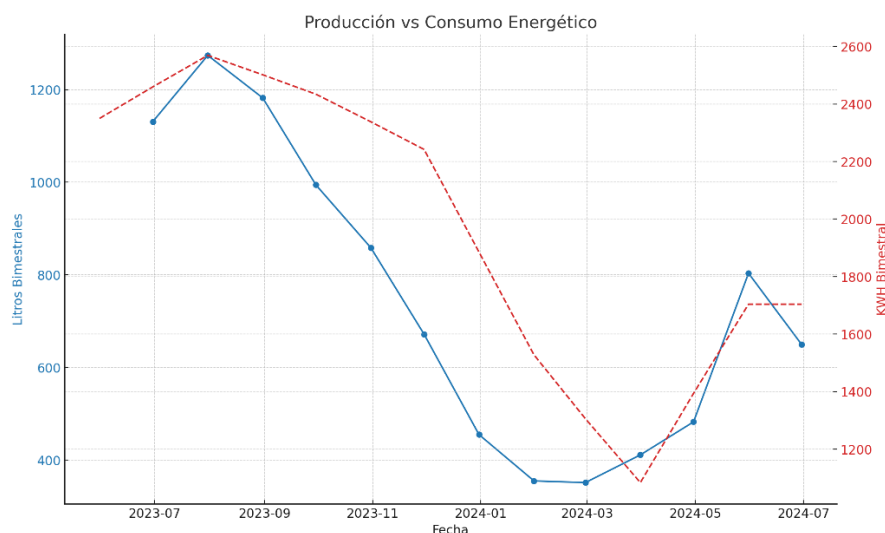
Para interpretar los datos y extraer conclusiones sólidas que soporten la toma de decisiones, se han utilizado herramientas estadísticas avanzadas. Se han empleado métodos estadísticos para evaluar la validez de los datos y análisis de regresión para identificar relaciones entre variables y predecir el impacto de cambios en el consumo energético. También se ha aplicado análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las

diferencias significativas entre distintos conjuntos de datos y técnicas de minería de datos para descubrir patrones ocultos y correlaciones. Se ha llevado a cabo un análisis de regresión con el objetivo de comprender el impacto que tienen las variaciones en el factor de potencia sobre el consumo energético total durante las pruebas iniciales.

Además, se ha evaluado la relación de los indicadores energéticos con los resultados de producción y los gastos de operación. Se ha analizado cómo la eficiencia energética influye en la eficacia productiva y en los costos asociados, identificando oportunidades de ahorro desde el inicio de las operaciones. La correlación entre el consumo energético de los equipos de producción y las tasas de producción ha permitido identificar áreas de mejora en la eficiencia. Al correlacionar el consumo energético con los niveles de producción registrados durante las pruebas iniciales, se identificaron periodos de alto consumo energético combinados con baja producción, lo que revela ineficiencias operativas que pueden ser abordadas de manera oportuna.

Los objetivos específicos de esta etapa son transformar los datos energéticos en información valiosa y aplicable para la toma de decisiones estratégicas; identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética y en los costos operativos; y proveer una base sólida de información para respaldar decisiones estratégicas y operativas desde el inicio de la implementación del SGE.

Como resultado de este análisis, se ha obtenido una comprensión profunda de los patrones de consumo energético y su impacto en la producción y los costos operativos. Se han desarrollado estrategias de mejora basadas en datos sólidos y análisis detallados, facilitando la toma de decisiones informadas y estratégicas que optimicen el consumo energético y mejoren la rentabilidad de la empresa desde las fases iniciales.



Gráfica 8 Evolución del costo de producción por litro de bebida artesanal en cada bimestre.

Con esta etapa de análisis de datos bien definida y ejecutada, y con el sistema de medición en funcionamiento y las pruebas iniciales completadas, la empresa está equipada con el conocimiento necesario para identificar áreas de mejora y mejorar sus procesos energéticos. La información derivada de este análisis servirá como base para la implementación de medidas estratégicas en las etapas subsiguientes del SGE, permitiendo enfrentar los desafíos actuales, mejorar los procesos productivos y fortalecer la posición competitiva en el mercado desde los primeros momentos de operación.

3.3.5 Impacto de los Costos Indirectos de Fabricación (CIF) en la Rentabilidad y Eficiencia Energética

Durante el análisis financiero-energético realizado en los distintos periodos de observación, se identificó un peso considerable de los Costos Indirectos de Fabricación (CIF) dentro de la estructura total de costos operativos. Tal como se muestra en la Tabla 6 del Capítulo 3.3.4, los CIF representan en promedio el 25 % del costo energético total incluido en los costos operativos generales, una proporción que se mantiene incluso en bimestres donde la producción disminuye considerablemente. Esta situación provocó aumentos significativos en el costo unitario por litro, con valores que en algunos periodos superan los 16 pesos por litro, muy por encima de los rangos aceptables para mantener la viabilidad del negocio.

Durante los bimestres con menor volumen de producción —particularmente en julio-agosto 2023 y noviembre-diciembre 2023 (ver Tabla 6)— los CIF no disminuyeron de manera proporcional a la caída en litros producidos. Esta falta de ajuste generó una distorsión en

los costos unitarios, afectando directamente la rentabilidad de cada lote. A pesar de que el productor considera que opera con una estructura de costos controlada, el análisis evidencia que no existe un cálculo documentado del punto de equilibrio ni un desglose claro de los gastos fijos y variables, lo que impide tomar decisiones informadas.

Un caso ilustrativo es el periodo noviembre-diciembre de 2023, durante el cual se registró una producción menor a 455 litros y un costo operativo total estimado superior a los 7,600 pesos, de los cuales cerca de 1,900 pesos correspondieron a CIF. Esta relación provocó un costo por litro superior a los 16.70 pesos. Al contrastar este valor con el precio promedio de venta real —calculado a partir de 36 pesos por botella de 355 ml, lo que equivale aproximadamente a 101.41 pesos por litro— se evidencia una grave inconsistencia. Sin embargo, esta diferencia no implica rentabilidad, sino un problema más profundo: los costos fueron subestimados y calculados de forma inadecuada en una hoja de Excel, la cual presentaba errores de formulación y cálculo, así como una estimación incorrecta de los gastos fijos y la omisión de diversos componentes del CIF, lo cual comprometió gravemente la determinación del punto de equilibrio.

GASTOS FIJOS								
FECHA DE COCIMIENTO	LOTE	ESTILO				PRECIO	FRECUENCIA	GASTOS POR DÍA
6/6/2022		American Lager	LUZ			12500	BIMESTRAL	208.3333333
6/6/2022		American Lager	AGUA			1621	ANUAL	4.502777778
6/6/2022		American Lager	SALARIOS			19000	MENSUAL	633.3333333
6/6/2022		American Lager	ARRIENDO			7500	MENSUAL	250
6/6/2022		American Lager	RECOLECCIÓN DE DESECHOS			4306	ANUAL	11.96111111
6/6/2022		American Lager	INTERNET			550	MENSUAL	18.33333333
			TOTAL			45477	TOTAL	1126.463889
							RESULTADO DE ELABORACIÓN Y GASTOS FIJOS	20285.77605
							PRECIO FINAL DE PT	84.52406688

Ilustración 4 Esta hoja fue utilizada inicialmente por el productor para estimar costos de producción y rentabilidad, pero presenta errores que impactan negativamente la toma de decisiones financieras.

La ilustración 4 presenta un extracto de dicha hoja, donde puede observarse que los gastos indirectos no se distribuyeron de forma proporcional y que los conceptos de utilidad bruta, costo y piezas de equilibrio fueron proyectados con supuestos erróneos o sin respaldo técnico. Esta evidencia demuestra que el productor no cuenta con una metodología confiable para determinar la viabilidad económica de sus lotes, lo que ha derivado en una

falsa percepción de control de costos y de retornos financieros que no son sostenibles en la práctica.

Este tipo de errores contables y de planificación ha impedido identificar adecuadamente el punto de equilibrio y evaluar con precisión los márgenes de rentabilidad. La percepción de un ROI positivo en algunos bimestres resulta engañosa, ya que se basa en precios o costos estimados incorrectamente. Al considerar los costos indirectos reales y el precio de venta por litro correcto, se concluye que la operación no está generando retornos sostenibles ni aceptables.

La herramienta digital desarrollada en esta tesis representa una solución estratégica para los pequeños productores, ya que permite visibilizar con claridad las inconsistencias derivadas de una gestión deficiente de los costos indirectos. Mediante la simulación de escenarios reales, el usuario puede ajustar dinámicamente los CIF según el volumen de producción, obtener una estimación precisa del costo por litro y calcular de forma fundamentada el punto de equilibrio. Esta funcionalidad no solo permite identificar cuándo una producción es financieramente inviable, sino que también proporciona una base sólida para la toma de decisiones orientadas a la rentabilidad. Su valor radica en ofrecer una alternativa accesible, intuitiva y adaptada a las necesidades reales de las MiPyMEs del sector, que comúnmente operan sin herramientas técnicas confiables para la gestión de sus recursos económicos y energéticos.

Estas observaciones refuerzan la necesidad de una gestión energética y económica más rigurosa, que permita a las MiPyMEs documentar y analizar con datos reales su estructura de costos. Solo mediante una evaluación adecuada de los CIF, del punto de equilibrio y del ROI es posible establecer estrategias de mejora continua alineadas con la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera. Asimismo, esta gestión puede integrarse con marcos normativos como la ISO 50001, fortaleciendo su alineación con buenas prácticas internacionales.

3.3.6 Análisis del Mapeo del Flujo de Valor (VSM) y su Impacto en la Gestión Financiera y Operativa

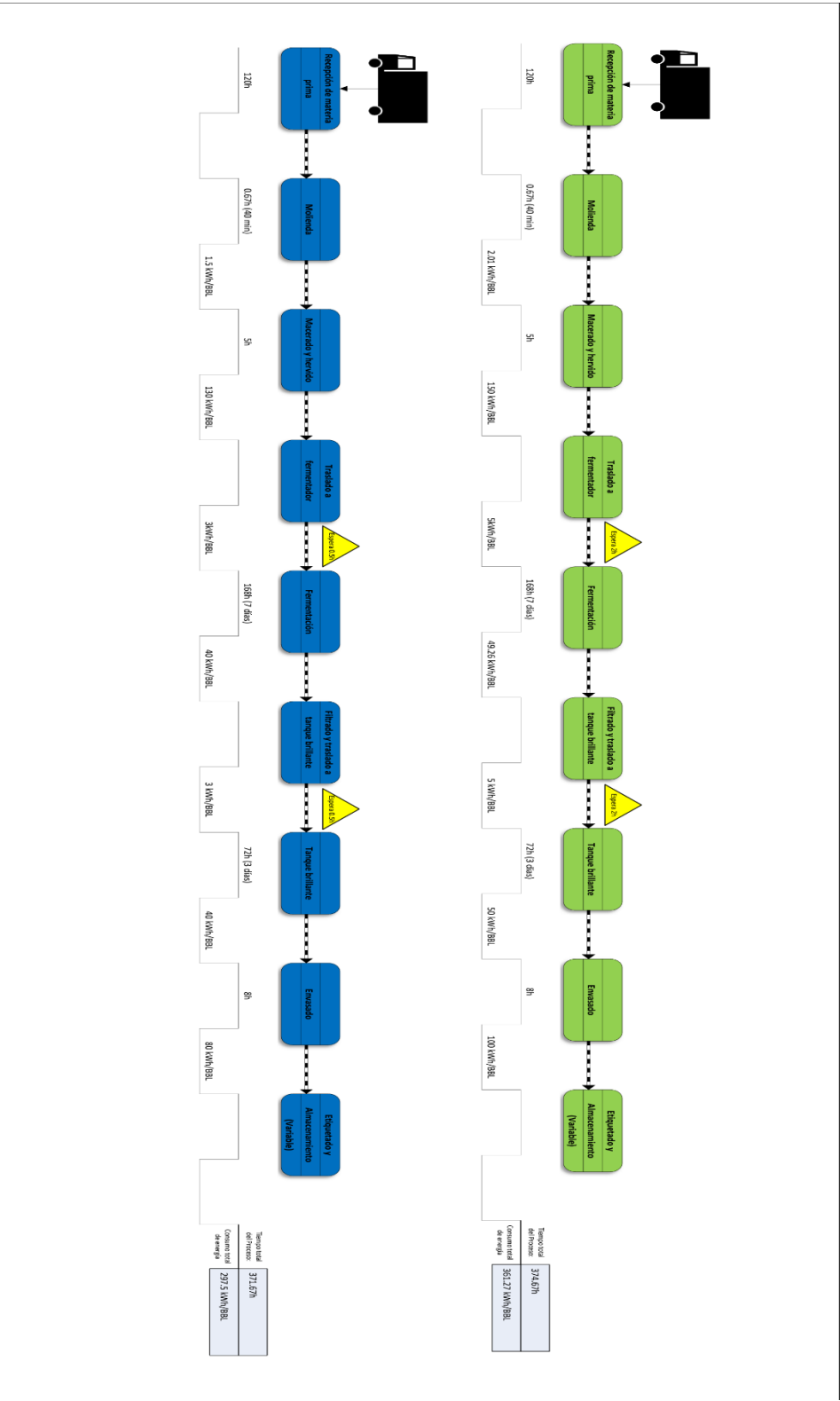
El Mapeo del Flujo de Valor (VSM, por sus siglas en inglés) es una herramienta clave para visualizar y analizar el flujo de materiales y energía dentro del proceso productivo de una cervecería artesanal. En este estudio, se ha realizado un VSM comparativo entre el estado

actual del proceso (AS-IS) y un estado propuesto mejorado (TO-BE), fundamentado en la reducción del consumo energético, la disminución de tiempos improductivos y la optimización de costos de conversión y operativos. con el objetivo de reducir los costos de conversión y mejorar la eficiencia financiera y operativa.

A continuación, se presenta una comparación del consumo energético y los tiempos en cada etapa del proceso, lo que tiene un impacto directo en los costos de operación:

Etapa	AS-IS (Consumo kWh/BBL)	TO-BE (Consumo kWh/BBL)	AS-IS (Tiempo h)	TO-BE (Tiempo h)
Recepción de materia prima	2.01	1.5	0.67 (40 min)	0.67 (40 min)
Molienda	2.01	1.5	0.67 (40 min)	0.67 (40 min)
Macerado y hervido	150	130	5	5
Traslado al fermentador (espera)	5	3	2h	0.5h
Fermentación	49.26	40	168h (7 días)	168h (7 días)
Filtrado y traslado a tanque brillante	5	3	2h	0.5h
Tanque brillante	50	40	72h (3 días)	72h (3 días)
Envasado	100	80	8	8
Total	361.27 kWh/BBL	297.5 kWh/BBL	374.67h	371.67h

Tabla 6 Comparación del Consumo Energético y Tiempos entre AS-IS y TO-BE



Interpretación de los Resultados del VSM y su Impacto en Costos Operativos

1. Reducción en el costo de energía y operación:

- La mejora del proceso permite una disminución del 17.7% en el consumo energético, lo que reduce los costos de electricidad.
- Las mayores reducciones se observan en macerado, fermentación y almacenamiento, procesos de alto impacto en el presupuesto operativo.

2. Eficiencia en tiempos y costos laborales:

- La reducción de tiempos de espera en el traslado al fermentador y filtrado, de 2 horas a 0.5 horas, permite un uso más eficiente de la mano de obra.
- La reducción de tiempos improductivos genera ahorros en costos laborales y mejora la capacidad de producción sin aumentar costos fijos.

3. Impacto en costos de conversión y rentabilidad:

- Menores costos operativos se traducen en mayor margen de contribución por unidad producida, con un impacto estimado del X% en la rentabilidad, dependiendo del volumen de producción y las tarifas energéticas vigentes.
- Al mejorar la eficiencia del proceso, se disminuye el desperdicio de insumos y se optimiza el uso de recursos energéticos.

El uso del VSM como herramienta financiera y operativa permite visualizar cuellos de botella que impactan directamente los costos y la rentabilidad. Integrar estas estrategias en la gestión de costos y operación de la cervecería artesanal contribuirá significativamente a la reducción de gastos y al aumento de la sostenibilidad financiera del negocio.

3.4 Aplicación de un cuestionario diagnóstico para validar la gestión energética en MIPYMEs de bebidas artesanales

3.4.1 Contexto y Justificación Metodológica

Como fase culminante del diagnóstico energético implementado en esta investigación, se aplicó un cuestionario estructurado con la finalidad de evaluar la comprensión, aplicabilidad y utilidad percibida de una herramienta digital enfocada en la gestión energética de micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME) del sector artesanal de bebidas. Esta metodología permitió recolectar datos cualitativos y cuantitativos desde la perspectiva

directa de los usuarios potenciales, fundamentales para validar la funcionalidad del instrumento y asegurar su relevancia práctica.

3.4.2 Cambios en el entorno de validación y continuidad del proyecto

El diseño inicial del cuestionario y su aplicación estaban previstos en colaboración directa con una fábrica de bebidas artesanales ubicada en Orizaba, Veracruz, donde también se desarrolló la primera etapa del proyecto. No obstante, durante el periodo de validación, el propietario de dicha fábrica se vio obligado a cerrar permanentemente la empresa por causas externas a esta investigación, relacionadas principalmente con dificultades económicas y operativas.

Frente a esta situación, se optó por continuar con el proceso de validación involucrando a otros empresarios artesanales de la región que se encontraban activos. Se garantizó que estos nuevos participantes compartieran características representativas del mismo sector productivo y que la aplicación del instrumento respetara los criterios técnicos y éticos definidos desde el inicio.

3.4.3 Resultados esperados y alcance de la herramienta

La adaptación del entorno de validación no comprometió la validez del estudio. Por el contrario, permitió obtener una muestra más diversa y enriquecedora, lo que fortaleció el diagnóstico y mejoró la aplicabilidad general de la herramienta propuesta. Esta experiencia también demostró la flexibilidad metodológica del proyecto, reafirmando su potencial para ser replicado en distintos contextos dentro del sector de bebidas artesanales.

En suma, la aplicación del cuestionario permitió validar que la herramienta desarrollada puede adaptarse a diferentes realidades productivas, conservando su eficacia como instrumento de apoyo en la mejora de la gestión energética en MiPyMEs.

3.4.4 Integración con el Ciclo de Mejora Continua PHVA

El cuestionario fue diseñado en concordancia con el modelo de mejora continua PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), conforme a los lineamientos establecidos por la norma ISO 50001:2018 y el Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía de la CONUEE (Flores Díaz et al., 2016). La aplicación del cuestionario fortaleció particularmente las etapas de verificación y acción del ciclo, mediante la identificación

específica de áreas de oportunidad, así como de fortalezas y debilidades en el uso práctico de la herramienta desarrollada.

3.4.5 Contribuciones a la Validación de la Herramienta de Gestión

La norma ISO 50001 establece que los indicadores de desempeño energético (IDEn) y las líneas base energéticas (LBEn) requieren no solo información técnica precisa, sino también la capacidad efectiva de los usuarios para comprender e interpretar dicha información (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020). Bajo esta premisa, el cuestionario permitió evaluar aspectos clave como la claridad, utilidad práctica y relevancia del instrumento digital, proporcionando evidencia empírica valiosa para validar su aplicabilidad real en entornos productivos.

3.4.6 Participación de Actores Clave en la Mejora Continua

La aplicación del cuestionario cumplió funciones diagnósticas y evolutivas simultáneamente. Siguiendo las recomendaciones de la Guía ISO 50001:2018, fue indispensable considerar las necesidades y expectativas de las partes interesadas durante el diseño del Sistema de Gestión Energética (SGEn) (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020). El cuestionario capturó estas percepciones, actuando como una vía directa para recolectar retroalimentación de los usuarios, lo que favoreció el fortalecimiento de la herramienta en términos de pertinencia, aceptación y eficacia.

3.4.7 Características Generales del Instrumento

El cuestionario estuvo conformado por 16 ítems, estructurados mediante una escala tipo Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo). Estos ítems exploraron temas críticos como las prácticas de gestión energética, el conocimiento del consumo energético, la participación del personal y la implementación de acciones organizacionales específicas. Su elaboración se fundamentó en experiencias previas documentadas sobre la implementación de SGEn en MiPyME y en principios establecidos por la norma ISO 50001:2018 (Flores Díaz & Jáuregui Nares, 2020).

3.4.8 Proceso de Aplicación y Aspectos Éticos

La población objetivo estuvo integrada por productores artesanales de bebidas, quienes tuvieron acceso al cuestionario de manera digital a través de la plataforma Google Forms, garantizando así una participación sencilla, amplia y con anonimato. La participación fue

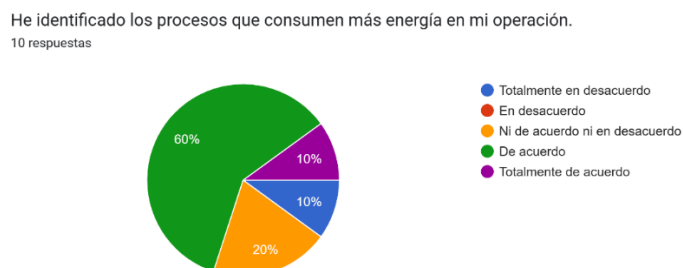
estrictamente voluntaria, bajo consentimiento informado, y los datos obtenidos se emplearon exclusivamente para fines académicos y para la mejora continua del instrumento de gestión energética.

3.4.9 Correspondencia con los Componentes del SGE

El cuestionario estuvo directamente alineado con componentes clave del SGE definidos por la ISO 50001:2018, incluyendo IDEn, LBE, planificación, operación y revisión del desempeño energético. Esta alineación aseguró la relevancia de la información recopilada para el proceso de validación y mejora continua del instrumento (Flores Díaz et al., 2016)

3.4.10 Resultados Preliminares y Retroalimentación

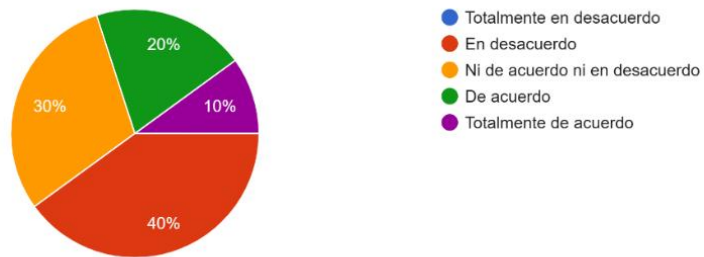
Las respuestas obtenidas fueron analizadas automáticamente mediante la plataforma digital utilizada, facilitando un análisis preliminar de patrones y tendencias significativas. Este análisis preliminar permitió identificar factores críticos que requieren atención especial para fortalecer el instrumento, confirmar hipótesis funcionales y generar evidencia sólida para futuras mejoras y adaptaciones del sistema.



Gráfica 9 El 60 % de los participantes estuvo de acuerdo, lo cual indica un grado aceptable de conocimiento interno, pero también señala que el 40 % aún no tiene claridad.

Tengo una persona responsable de la gestión y control energético.

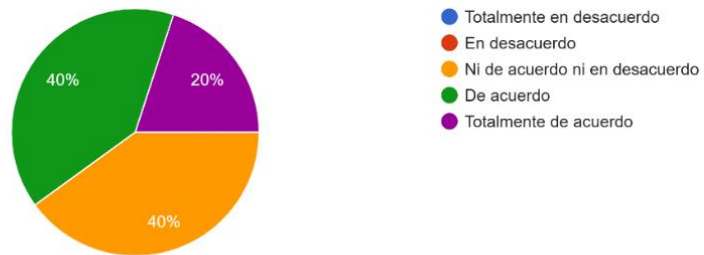
10 respuestas



Gráfica 10 El 70 % de los encuestados estuvo en desacuerdo o ni de acuerdo ni en desacuerdo, lo cual revela la falta de asignación formal de responsabilidades en el tema energético, situación que debilita cualquier estrategia de mejora continua.

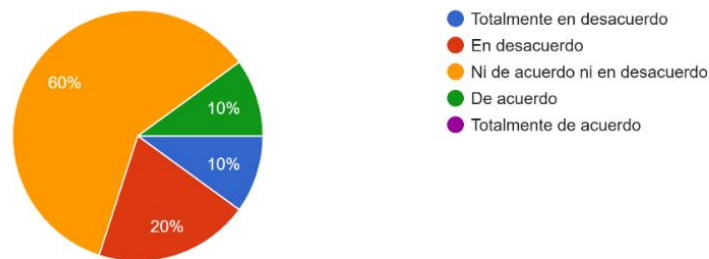
He implementado medidas específicas para reducir el consumo de energía.

10 respuestas



Gráfica 11 Aunque el 60 % afirma haber tomado acción, aún persiste un 40 % de respuestas neutrales, lo que sugiere que muchas de estas medidas podrían carecer de planificación o seguimiento formal.

Tengo establecida una política energética en mi empresa.
10 respuestas



Gráfica 12 Un 60 % respondió “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y un 30 % en desacuerdo, lo que evidencia una clara ausencia de lineamientos formales sobre el tema, afectando la institucionalización del sistema de gestión energética.

3.4.11 Limitaciones del Instrumento Aplicado

Entre las principales limitaciones identificadas se encuentran el tamaño reducido de la muestra y su concentración geográfica, lo cual limita la generalización de los resultados obtenidos. Además, existe la posibilidad de sesgos derivados de la autoevaluación y la falta previa de conocimiento especializado sobre eficiencia energética entre los encuestados. Para mitigar estos efectos, el cuestionario utilizó un lenguaje claro y accesible, acompañado por instrucciones detalladas para facilitar su correcta comprensión.

3.4.12 Listado Completo de Ítems del Cuestionario

A continuación, se presentan textualmente los ítems aplicados:

1. Cuento con registros del consumo energético de los últimos 12 meses.
2. He identificado los procesos que consumen más energía en mi operación.
3. Considero el consumo energético en el costo de producción.
4. He implementado medidas específicas para reducir el consumo de energía.
5. Realizo mantenimiento preventivo de equipos energéticos.
6. Tengo una persona responsable de la gestión y control energético.
7. Conozco el costo del kWh y las tarifas eléctricas aplicadas a mi empresa.

-
8. Capacito al personal en temas de eficiencia y control energético.
 9. Tengo establecida una política energética en mi empresa.
 10. El personal participa en propuestas de mejora energética.
 11. Tengo establecidos indicadores para evaluar el desempeño energético.
 12. Monitoreo regularmente el uso de energía.
 13. He cuantificado el impacto económico de las mejoras energéticas implementadas.
 14. Nombre de la cervecería o empresa.
 15. Ubicación (ciudad/localidad).
 16. Correo electrónico.

Estos ítems permitieron evaluar de manera exhaustiva la madurez organizacional en cuanto a gestión energética, el conocimiento preciso de los costos energéticos, la participación del personal, y la existencia de acciones sistemáticas destinadas al ahorro y eficiencia energética.

Capítulo 4

4.1 Herramienta digital para la gestión energética y de costos en MiPyMEs artesanales

Este capítulo presenta los resultados del diseño, desarrollo e implementación de una herramienta digital concebida para apoyar la gestión energética y el control de costos operativos en empresas artesanales dedicadas a la producción de bebidas. Como resultado tangible del proyecto, se desarrolló una calculadora de costos energéticos en Microsoft Excel, enriquecida mediante programación en Visual Basic for Applications (VBA), con el objetivo de facilitar la toma de decisiones estratégicas en micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) del sector.

La herramienta responde a la necesidad de integrar un enfoque estructurado de eficiencia energética en los procesos productivos, y se encuentra alineada con los principios metodológicos del ciclo de mejora continua (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) establecidos por la norma ISO 50001:2018. Se diseñó como un instrumento flexible, adaptable y escalable, capaz de ajustarse a diferentes realidades operativas dentro del sector artesanal. Proporciona indicadores clave que permiten monitorear, evaluar y proyectar tanto el desempeño energético como el comportamiento económico de las operaciones.

Una característica distintiva de este proyecto es el uso de inteligencia artificial generativa como herramienta de apoyo en la creación del código VBA. A través de la colaboración con el modelo de lenguaje ChatGPT, se logró acelerar la construcción lógica de módulos funcionales, depurar errores de programación y mejorar la experiencia del usuario en los formularios de ingreso y visualización de datos. Esta interacción entre conocimiento técnico y herramientas digitales avanzadas derivó en una solución innovadora que refleja los principios de automatización, accesibilidad y replicabilidad en la gestión de recursos.

En las secciones siguientes se describen en detalle las características técnicas de la herramienta, su estructura funcional, los resultados obtenidos en su fase de validación, y el impacto potencial que puede tener en la rentabilidad y sostenibilidad de las unidades productivas. Más allá de mostrar un producto concluido, se busca evidenciar cómo una

solución digital diseñada desde un enfoque sistémico puede convertirse en un catalizador para la transformación energética y económica de las MiPyMEs del sector artesanal.

4.2 Diseño y desarrollo de la herramienta digital para la gestión energética y de costos

El diseño de la herramienta digital presentada en este estudio responde a la necesidad de contar con un instrumento operativo que permita a las MiPyMEs artesanales del sector bebidas monitorear, analizar y proyectar sus consumos energéticos y sus implicaciones económicas. El enfoque metodológico que guió su desarrollo estuvo centrado en la funcionalidad, la accesibilidad y la capacidad de adaptarse a distintos escenarios productivos.

4.2.1 Objetivo de la Herramienta

La herramienta tiene como propósito central ofrecer una interfaz amigable para que productores artesanales puedan registrar insumos, calcular costos energéticos y operativos, identificar áreas de mejora, y simular escenarios que les permitan planificar de forma estratégica sus procesos. De esta manera, la herramienta contribuye tanto a la gestión de la energía como al control de costos, elementos fundamentales para alcanzar la rentabilidad y sostenibilidad del negocio.

4.2.2 Entorno de Desarrollo y Justificación Tecnológica

La herramienta fue construida en Microsoft Excel, aprovechando el potencial de Visual Basic for Applications (VBA) para crear formularios interactivos (UserForms), automatizar cálculos y generar reportes personalizados. La elección de esta plataforma se debió a su amplia disponibilidad, su bajo costo de implementación, su facilidad de distribución, y el conocimiento previo que muchos usuarios del sector ya tienen sobre Excel, lo cual minimiza las barreras de adopción.

4.2.3 Estructura General y Módulos Funcionales

La herramienta está organizada en múltiples secciones o "frames" que responden a cada componente del costo de producción. Entre ellos se encuentran:

- **Materia Prima:** registro de insumos, cantidades, costos unitarios y cálculo de subtotal.

Materia Prima

Ingrediente

Agregar >>

Cantidad

Costo Unitario

Costo Total: \$694.25

Pilsen | 12 | 45 | \$540.00

Caramel/Crystal | 0.5 | 84 | \$42.00

DME | 1.2 | 67 | \$80.40

Cascade | 0.245 | 130 | \$31.85

Eliminar

Editar

Guardar Lote

Instrucciones

- **Mano de Obra:** ingreso de días trabajados, salarios diarios y costos indirectos asociados.
- **Costos Indirectos de Fabricación (CIF):** selección de conceptos y cálculo acumulado.

Costo de conversión

Concepto CIF

Agregar >

Costo

Días Trabajo

30

Salario Diario

400

12000.00

Electricidad | \$2,000.00

Renta | \$7,000.00

Internet | \$700.00

Administración | \$5,000.00

Total CIF: \$14,700.00

Costo de Conversión: \$26,700.00

Calcular CIF

Precio Maquila

40000

ROI: 46.02%

Guardar CIF y ROI

- **Producción:** número de lotes, litros por lote, y unidades producidas.

Precio Unitario

Litros a producir

500

Costo Total
Producción Real

39500

Calcular P.U.

Precio Litro:

\$79.00

Precio Botella:

\$28.05

- Indicadores y ROI: análisis automático del punto de equilibrio, retorno de inversión, y utilidad esperada.

Cada módulo opera de forma interrelacionada, lo que permite un flujo lógico de información y un procesamiento automático de los datos, sin requerir conocimientos avanzados de contabilidad o energética por parte del usuario.

4.2.4 Aporte de Inteligencia Artificial en el Desarrollo

El código VBA fue generado, estructurado y optimizado con apoyo del modelo de lenguaje ChatGPT, el cual facilitó la escritura de procedimientos, la validación de entradas y la integración de controles como listas desplegables, cuadros combinados, etiquetas y botones de acción. Esta colaboración permitió acortar los tiempos de desarrollo y mantener una lógica de programación robusta, segura y modular.

```
' -----
' modBusinessLogic:
' Este módulo encapsula la lógica de negocios principal para el cálculo de costos y ROI.
' -----

' Factores y constantes que pueden requerirse en diversos cálculos
Public Const FACTOR BBL As Double = 119.24 ' Conversión de Litros a Barriles (1 BBL ~119.24 L)

' -----
' Función: CalcularCostoProduccion
'
' Parámetros:
' - materiaPrima: Costo total de los ingredientes (materias primas).
' - manoObra: Costo total de la mano de obra asignable.
' - cif: Costos indirectos de fabricación.
'
' Retorna:
' El costo total de producción, o 0 si ocurre algún error.
'
' Observación:
' Si deseas validar que las entradas no sean negativas, podrías agregar un bloque
' de validación antes de hacer la suma. Actualmente, se limita a devolver 0 al capturar
' cualquier excepción en tiempo de ejecución.
' -----

Public Function CalcularCostoProduccion( _
    ByVal materiaPrima As Double, _
    ByVal manoObra As Double, _
    ByVal cif As Double) As Double

    On Error GoTo Err_CalcularCostoProduccion

    CalcularCostoProduccion = materiaPrima + manoObra + cif

    Exit Function

Err_CalcularCostoProduccion
```

Ilustración 5 Fragmento del código del módulo de cálculo de costos y ROI.

```

' -----
' FRMCALCULADORA: Código del formulario principal de cálculo
' -----
' Este formulario maneja:
'   - Cálculo manual de precio unitario
'   - Registro y guardado de CIF, ROI en "Datos"
'   - Registro de consumos energéticos (kWh y litros)
'   - Cálculo de indicadores (kWh/L, kWh/BBL) y semáforos
'   - Recalcular costos, mano de obra, CIF y ROI
' -----

' Constantes para semáforo de energía (kWh/BBL)
Private Const KWH_BBL_MUY_EFICIENTE As Double = 12 ' Umbral verde
Private Const KWH_BBL_MODERADO As Double = 22 ' Umbral ámbar

' FACTOR_BBL ya se declara en modBusinessLogic (o en un módulo general).
' Si lo tuvieras que colocar aquí, sería:
'Public Const FACTOR_BBL As Double = 119.24

' Variables globales del formulario
Private TotalCostos As Double ' Acumula el costo total de materia prima
Private TotalLitros As Double ' Suma de litros ingresados (energía)
Private TotalkWh As Double ' Suma de kWh ingresados (energía)
Private NumRegistros As Long ' Contador de registros de energía

' -----
' FUNCIÓN INTERNA PARA VALIDAR VALORES NUMÉRICOS
' Centraliza la lógica de validación: si no es numérico o está vacío, muestra error y hace un Raise
' Esto evita repetir MsgBox en cada verificación.
' -----
Private Function GetNumericValue(ctrl As Object, fieldName As String) As Double
    If Trim(ctrl.Value) = "" Or Not IsNumeric(ctrl.Value) Then
        MsgBox "El campo '" & fieldName & "' debe ser numérico y no estar vacío.", vbExclamation, "Error"
        Err.Raise 9999, , "Valor inválido en '" & fieldName
    End If
    GetNumericValue = CDBl(ctrl.Value)
End Function

```

Ilustración 6 Fragmento del código del formulario principal de cálculo.

```

' -----
' modHelpers: Módulo de funciones auxiliares para conversiones y parsing
' -----
' Este módulo provee:
'   - SafeCDBl: conversión robusta a Double (retorna 0 en caso de error o si no es numérico).
'   - ParseCurrency: elimina símbolos de moneda y separadores (ej. $, , ) y usa SafeCDBl.
' -----

' Función: SafeCDBl
'
' Objetivo:
'   Convertir un valor Variant a Double de forma segura, devolviendo 0 si ocurre un error
'   o si no es numérico.
'
' Parámetros:
'   - valor (Variant): puede contener un número, texto o cualquier tipo de dato.
'
' Retorna:
'   - Double: el número convertido, o 0 si no es numérico o hay error.
'
' Observación:
'   Si se desea logear errores, puede agregarse una rutina LogError en el bloque de error.
' -----
Public Function SafeCDBl(ByVal valor As Variant) As Double
    On Error GoTo Err_SafeCDBl

    If IsNumeric(valor) Then
        SafeCDBl = CDBl(valor)
    Else
        SafeCDBl = 0
    End If

    Exit Function

Err_SafeCDBl:
    SafeCDBl = 0
End Function

```

Ilustración 7 Fragmento del código del módulo ayuda.

4.3 Estructura funcional y capacidades operativas de la herramienta de gestión energética y de costos

La herramienta digital desarrollada en el marco de este proyecto fue concebida con una arquitectura modular, interactiva y adaptable. Su diseño permite al usuario registrar información clave, visualizar resultados en tiempo real y tomar decisiones informadas con base en indicadores energéticos y financieros. Esta estructura responde al principio de operatividad simple, permitiendo su uso incluso por personas sin formación especializada en contabilidad, energética o programación.

Calculadora costos de producción

Materia Prima

Ingrediente: Agregar >>

Cantidad:

Costo Unitario:

Costo Total: \$0.00

Eliminar Editar

Guardar Lote Instrucciones

Costo de conversión

Concepto CIF: Electricidad Agregar >

Costo:

Días Trabajo:

Salario Diario:

Precio Maquila: ROI:

Calcular CIF

Total CIF: \$0.00

Guardar CIF y ROI

Precio Unitario

Litros a producir:

Costo Total Producción Real:

Calcular P.U.

Precio Litro:

Precio Botella:

Energía

Bimestre 1 Agregar >>

Calcular

Total Litros: 0 Total kWh: 0 Prom. kWh/L: 0 Prom. kWh/BBL: 0

Costo de producción

Costo de Producción

Mano de Obra:	\$0.00
CIF:	\$0.00
Materia Prima:	\$0.00
Total:	\$0.00

4.3.1 Interfaz Gráfica y Navegación Estructurada

La interfaz se basa en formularios personalizados compuestos por botones de acción, campos de texto, listas desplegables, cuadros combinados y etiquetas informativas. Cada

sección está claramente identificada y presenta instrucciones precisas para asegurar la correcta introducción de datos. La navegación es fluida y lógica, permitiendo avanzar desde la captura de datos de materia prima hasta la visualización de indicadores clave y resultados consolidados.

4.3.2 Componentes Modulares de la Herramienta

La herramienta se organiza en varios módulos funcionales que representan los distintos elementos del costo de producción cervecero artesanal y su vinculación con el consumo energético. Los módulos principales son:

- **Materia Prima:** permite registrar los insumos, sus cantidades y costos unitarios. El sistema calcula automáticamente el costo total por ingrediente y el subtotal por lote producido.
- **Mano de Obra:** captura el número de jornadas laborales y el salario diario, generando el costo total de mano de obra directa involucrada.
- **Costos Indirectos de Fabricación (CIF):** incluye conceptos como energía eléctrica, agua, servicios, mantenimiento y limpieza. Cada gasto se introduce y el sistema lo suma para obtener el costo indirecto total.
- **Producción:** permite ingresar el número de lotes y el volumen producido por lote, calculando el total de unidades generadas en el periodo.
- **Precio Unitario:** integra todos los costos y los divide entre el número total de unidades producidas, arrojando el precio unitario de producción.

4.3.3 Indicadores de Desempeño Energético y Económico

La herramienta incorpora una serie de indicadores clave que se actualizan de forma automática con base en los datos ingresados:

- **Costo por litro producido.**
- **Consumo energético estimado por lote (kWh).**
- **Punto de equilibrio financiero.**
- **Rentabilidad proyectada por lote o ciclo mensual.**

-
- **Porcentaje de utilidad sobre el costo total.**
 - **Retorno de inversión (ROI).**

Estos indicadores permiten al usuario comprender el impacto de cada variable y planificar acciones correctivas o preventivas para mejorar la eficiencia de su operación.

4.3.4 Validación de Datos y Seguridad del Sistema

El sistema incorpora rutinas de validación para prevenir errores comunes como el ingreso de campos vacíos, datos con formato incorrecto o valores negativos. Adicionalmente, el código fuente está protegido mediante contraseña, evitando su alteración por parte de usuarios no autorizados y preservando la estabilidad de la herramienta.

En conjunto, la herramienta ofrece una solución integral para la gestión energética y de costos, combinando facilidad de uso con capacidades técnicas robustas. Sus funcionalidades permiten realizar un seguimiento preciso del desempeño productivo, facilitando la toma de decisiones basadas en datos y fortaleciendo las capacidades de planeación en contextos de producción artesanal y sustentable.

4.4 Validación funcional de la herramienta digital

La validación funcional de la herramienta desarrollada constituye una etapa esencial para verificar su operatividad, confiabilidad y pertinencia en contextos reales de uso. Esta fase tuvo como propósito principal evaluar la adecuación de la herramienta a las necesidades de las micro y pequeñas empresas del sector cervecero artesanal, así como identificar posibles mejoras en su diseño y funcionalidad.

4.4.1 Prueba Piloto con Productores Artesanales

La validación funcional de la herramienta fue concebida originalmente para aplicarse en una fábrica de bebidas artesanales localizada en Orizaba, Veracruz, donde se había desarrollado técnicamente el sistema de gestión energética. Sin embargo, durante el periodo previsto para esta fase, el propietario de dicha fábrica se vio obligado a cerrar permanentemente la empresa debido a dificultades económicas ajenas al proyecto. Esta

situación requirió una reestructuración metodológica que permitiera continuar con la validación sin comprometer los objetivos del estudio.

Para ello, se integró a otros productores artesanales activos de la región, seleccionados bajo criterios previamente establecidos que aseguraban la comparabilidad de condiciones productivas. Esta adaptación no solo garantizó la continuidad del proceso de validación, sino que enriqueció el alcance del estudio al incorporar una diversidad de perspectivas sobre el uso de la herramienta en diferentes contextos operativos.

La prueba piloto permitió identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora de la herramienta digital, así como recolectar observaciones directas por parte de los usuarios. La participación de los productores fue fundamental para evaluar aspectos como la comprensión de los términos técnicos, la navegabilidad del sistema y la utilidad percibida de los resultados obtenidos.

Gracias a este ejercicio, se fortalecieron las capacidades de ajuste del instrumento, validando su pertinencia en contextos reales y su potencial de aplicación replicable en otras MiPyMEs del sector artesanal de bebidas. El proceso también demostró la flexibilidad metodológica del estudio y reafirmó la utilidad de la herramienta como apoyo para la toma de decisiones en materia de eficiencia energética.

4.4.2 Recomendaciones Recibidas

Durante las sesiones de prueba, los usuarios propusieron algunos ajustes menores, entre los que destacan:

- Ampliar la descripción de algunos campos para evitar confusiones al ingresar datos.
- Incorporar un resumen de resultados en una sección final consolidada.
- Habilitar botones de navegación entre módulos para volver a editar datos sin reiniciar el formulario.

Estas recomendaciones fueron registradas y analizadas para futuras versiones del sistema.

4.4.3 Alcance de la Validación

La validación funcional tuvo un enfoque exploratorio y cualitativo, centrado en la experiencia de uso más que en pruebas de rendimiento cuantitativas. A pesar de no contar con una muestra estadísticamente representativa, los resultados permitieron constatar que la

herramienta cumple adecuadamente con los objetivos para los que fue diseñada y representa una solución viable para la gestión de costos y energía en contextos de pequeña escala.

4.4.4 Relevancia Estratégica de la Herramienta Validada

La herramienta validada se posiciona como un recurso tecnológico de alto valor para la toma de decisiones informadas en MiPyMEs artesanales, particularmente en escenarios donde los recursos financieros, energéticos y humanos son limitados. Su aplicación permite generar conciencia sobre el impacto de los costos ocultos, fomentar la planeación financiera basada en datos reales y fortalecer la cultura de mejora continua en los procesos productivos.

La etapa de validación funcional, por tanto, no solo confirmó la viabilidad de la herramienta, sino que también abrió nuevas oportunidades de mejora y ampliación de funcionalidades para futuras versiones.

4.5 Evaluación crítica: fortalezas, limitaciones y potencial de mejora de la herramienta digital

La implementación de la herramienta digital para la gestión energética y de costos ha permitido valorar tanto su funcionamiento operativo como su impacto en micro y pequeñas unidades productivas. Este análisis permite consolidar los avances logrados, al tiempo que orienta la mejora continua del sistema mediante la identificación de aspectos susceptibles de fortalecimiento.

4.5.1 Fortalezas Principales

- **Diseño modular e intuitivo:** La interfaz está estructurada de forma clara, facilitando su uso a personas con conocimientos básicos en hojas de cálculo. La navegación entre módulos es fluida, como en el caso del apartado de materias primas, que guía paso a paso al usuario en el registro de insumos y el cálculo de costos.

-
- **Automatización de cálculos en tiempo real:** Los resultados se generan automáticamente a medida que se ingresan los datos, lo que agiliza el análisis y disminuye errores de manipulación manual.
 - **Disponibilidad de indicadores clave:** El sistema incluye indicadores financieros y energéticos como el costo unitario, punto de equilibrio, retorno de inversión (ROI) y estimaciones de consumo eléctrico, facilitando una toma de decisiones informada.
 - **Adaptabilidad a distintos contextos productivos:** Aunque fue diseñada para cervecerías artesanales, su estructura puede adaptarse fácilmente a otros procesos de producción artesanal con modificaciones menores.
 - **Protección del código fuente:** El uso de contraseña en el código VBA garantiza la integridad funcional de la herramienta y evita modificaciones no autorizadas.

4.5.2 Limitaciones Identificadas

- **Restricción a entornos de escritorio:** La dependencia de Microsoft Excel limita su portabilidad, impidiendo su uso en dispositivos móviles o sistemas operativos no compatibles.
- **Requiere conocimientos previos de Excel:** Aunque amigable, la herramienta demanda cierta familiaridad con el entorno de Excel, lo que puede representar una barrera para algunos usuarios.
- **Ausencia de funciones de integración y exportación:** Actualmente no es posible exportar resultados automáticamente ni importar datos desde otras fuentes, lo que limita su uso en entornos conectados o con necesidad de reportes estandarizados, como plataformas de monitoreo energético o bases de datos empresariales.
- **Almacenamiento sin respaldo en la nube:** La información se almacena de manera local en la sesión activa de Excel, sin mecanismos de respaldo automático o sincronización externa, lo cual puede traducirse en pérdida de datos ante fallos técnicos.

4.5.3 Recomendaciones para el Desarrollo Futuro

Con base en el diagnóstico funcional, se plantean las siguientes acciones para fortalecer la herramienta:

-
- Crear una versión multiplataforma basada en entorno web, con acceso desde dispositivos diversos.
 - Incluir opciones para generar y exportar reportes automáticos en formatos como PDF, CSV o Excel.
 - Desarrollar una base de datos local o remota para el almacenamiento seguro y sistematizado de la información.
 - Incorporar una función de asistencia contextual integrada en la interfaz para apoyar al usuario durante el uso de cada módulo.

Este análisis contribuye al fortalecimiento de la estrategia general del proyecto en materia de innovación y gestión tecnológica, consolidando las bases para que la herramienta evolucione hacia un sistema más robusto, escalable y sostenible.

4.6 Alcances, impacto y proyección de la herramienta de gestión energética y de costos

La implementación de una herramienta digital enfocada en la gestión energética y de costos representa un hito relevante en el fortalecimiento de capacidades analíticas, de planeación y toma de decisiones en micro y pequeñas cervecerías artesanales. Su diseño considera un enfoque integral, abarcando tanto los aspectos energéticos como los financieros y ambientales, lo cual responde a los retos actuales de sostenibilidad en las unidades productivas del sector.

A lo largo del capítulo se demostró que la herramienta cumple con sus objetivos funcionales, al permitir una visualización automática, clara y estructurada de variables clave como los costos unitarios, el punto de equilibrio, el consumo estimado de energía y la rentabilidad proyectada. Esta capacidad para convertir datos operativos en información procesable ha sido uno de los principales aportes de la solución.

Destaca también su capacidad para integrar información dispersa y transformarla en conocimiento estratégico para la gestión empresarial. Gracias a su estructura modular, la herramienta es accesible y fácil de replicar, no solo en cervecerías artesanales, sino

también en otros entornos de producción artesanal y agroindustrial con características similares.

La validación funcional realizada con usuarios reales confirmó que la herramienta es intuitiva, operativamente accesible y bien recibida por su público objetivo. Además, genera motivación para la adopción de prácticas empresariales más organizadas y orientadas a la mejora continua. Las recomendaciones recabadas durante esta etapa fueron documentadas como base para futuras mejoras.

Por otra parte, el análisis de fortalezas y limitaciones permitió delimitar con claridad el alcance actual de la herramienta y establecer una hoja de ruta realista para su fortalecimiento. Se identificaron necesidades técnicas que podrían ser atendidas en futuras versiones, como el desarrollo de funciones de exportación, la integración con bases de datos, y el despliegue multiplataforma.

En conjunto, se concluye que la herramienta digital desarrollada es un recurso técnico-estratégico con alto potencial para transformar la gestión de los recursos energéticos y financieros en MiPyMEs artesanales. Su impacto se refleja no solo en la reducción de costos o mejora de la rentabilidad, sino también en la promoción de una cultura organizacional basada en la planeación, la eficiencia y la sostenibilidad. Ejemplos como la simulación de costos por lote o el análisis comparativo entre ciclos productivos ilustran su aplicabilidad directa.

Este proyecto debe entenderse como una etapa inicial con fuerte potencial de desarrollo. Las mejoras propuestas abren la posibilidad de una segunda fase, liderada por instituciones académicas, organismos de desarrollo regional o redes de productores, enfocada en consolidar la solución desde el punto de vista tecnológico y ampliar su escalabilidad a nivel regional o nacional.

Conclusiones

Contexto y justificación de la tesis

La presente tesis tuvo como propósito desarrollar e implementar un sistema integral de gestión energética orientado específicamente a micro y pequeñas empresas del sector de bebidas artesanales. El objetivo central fue reducir el consumo energético, optimizar los costos operativos asociados y fortalecer la sostenibilidad financiera de estas organizaciones. En un contexto caracterizado por una alta competitividad económica y una creciente exigencia regulatoria ambiental, la investigación abordó la problemática energética particular de una fábrica de bebidas artesanales ubicada en Orizaba, Veracruz.

Los hallazgos confirmaron que una gestión energética eficaz es esencial, no solo para mejorar la rentabilidad operativa, sino también para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. Este proyecto se centró en productores de bebidas artesanales que carecen de registros formales y de la metodología propia de una empresa multinacional, con el propósito de brindarles herramientas que les permitan llevar su negocio de forma ordenada y orientada al crecimiento. Esto resulta especialmente relevante, dado que la mayoría de las soluciones existentes en el mercado están diseñadas para grandes corporaciones.

Mediante un diagnóstico detallado del proceso productivo, se identificaron las etapas con mayor consumo energético. Posteriormente, se realizó un análisis exhaustivo de variables críticas como voltaje, corriente, potencia y factor de potencia, utilizando tecnologías avanzadas de monitoreo en tiempo real. Este enfoque permitió el diseño y validación de una herramienta tecnológica funcional, accesible y adaptada a las capacidades técnicas y financieras de las MiPyMEs.

La plataforma desarrollada posibilitó una gestión sistemática, precisa y proactiva del consumo energético. Asimismo, fortaleció la planificación financiera a través del uso de indicadores clave de rendimiento (KPI), lo que favoreció una toma de decisiones fundamentada en datos confiables y oportunos.

Este capítulo presenta las conclusiones generales derivadas del estudio, iniciando con la evaluación del cumplimiento de los objetivos planteados, seguida de los hallazgos más

relevantes, sus implicaciones prácticas, recomendaciones para futuras investigaciones y una reflexión final sobre la experiencia de investigación.

Alcance del proyecto

El estudio alcanzó plenamente su objetivo general mediante el desarrollo de una herramienta tecnológica eficaz para la gestión del consumo energético en MiPyMEs artesanales. La plataforma diseñada contribuyó de manera significativa a la reducción de costos operativos y al fortalecimiento de la sostenibilidad financiera de la empresa analizada, demostrando su pertinencia en un sector caracterizado por limitados recursos técnicos y económicos.

- **Diagnóstico del proceso productivo:** Se identificaron con claridad las etapas de mayor consumo energético, lo que permitió concentrar los esfuerzos en áreas con alto impacto económico y ambiental.
- **Análisis de sistemas de gestión energética:** Se estudiaron variables críticas mediante tecnologías de medición precisas, lo que generó un entendimiento detallado del comportamiento energético de la empresa.
- **Diseño del sistema de control y definición de KPI:** Se establecieron indicadores clave de rendimiento que facilitaron el monitoreo, la evaluación y el ajuste continuo del desempeño energético.
- **Desarrollo de la plataforma tecnológica:** Se creó una herramienta intuitiva, funcional y accesible, adaptada a las necesidades operativas y presupuestarias de las MiPyMEs del sector de bebidas artesanales.

Los resultados obtenidos fueron respaldados con evidencias prácticas y cuantificables, lo que confirma la viabilidad, utilidad y relevancia del proyecto propuesto como una alternativa real para el fortalecimiento de la competitividad y sostenibilidad de las MiPyMEs de bebidas artesanales.

Hallazgos y Aportaciones

El desarrollo e implementación de una herramienta digital para la gestión energética en micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) del sector de bebidas artesanales ha permitido obtener hallazgos significativos y generar aportaciones concretas en materia de eficiencia energética y sostenibilidad operativa.

- Se logró aplicar con éxito una metodología basada en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), adaptada a las condiciones técnicas, económicas y operativas propias de las MiPyMEs del sector.
- La herramienta diseñada permite visualizar, registrar y analizar información clave relacionada con el consumo y los costos energéticos, mejorando con ello las capacidades de toma de decisiones de los productores.
- La validación del instrumento se realizó mediante una prueba piloto con usuarios reales, cuyas observaciones fueron fundamentales para perfeccionar la interfaz y los indicadores incluidos en el sistema.

Flexibilidad metodológica y adaptación al contexto

Uno de los hallazgos más relevantes del proyecto fue la necesidad de ajustar la fase de validación funcional ante el cierre inesperado de la empresa artesanal originalmente considerada para este fin. Esta circunstancia, lejos de representar un obstáculo metodológico, permitió reestructurar el proceso e integrar a otros productores artesanales activos en la región. La selección de estos participantes se realizó bajo criterios previamente definidos, lo que garantizó la comparabilidad y validez de los resultados.

Esta adaptación enriquecedora no solo mantuvo la coherencia técnica del estudio, sino que amplificó su alcance, demostrando la flexibilidad y aplicabilidad de la herramienta en distintos escenarios reales de producción artesanal. Además, reafirmó el potencial del modelo propuesto como solución replicable en otros contextos con características similares.

Los resultados obtenidos respaldan la pertinencia del modelo metodológico y la funcionalidad de la herramienta desarrollada como una estrategia viable para mejorar la gestión energética en pequeñas unidades de producción artesanal. Esta propuesta contribuye de manera significativa no solo a la eficiencia operativa, sino también a la sostenibilidad financiera y ambiental del sector, alineándose con las tendencias actuales en responsabilidad social y uso racional de los recursos energéticos.

Implicaciones Prácticas

Las implicaciones del proyecto resultan trascendentes para las MiPyMEs artesanales, ya que abarcan dimensiones operativas, financieras y ambientales que impactan directamente en su sostenibilidad y competitividad:

Operativas: La gestión energética se volvió más precisa y eficiente, reduciendo desperdicios y mejorando la toma de decisiones estratégicas. Con la herramienta de costeo diseñada, los productores artesanales pueden identificar de manera clara el efecto de sus consumos energéticos en la estructura de costos, lo que facilita una planeación ordenada, el diseño de estrategias de ahorro y el fortalecimiento de su posición en el mercado.

Financieras: La plataforma fortaleció la elaboración de presupuestos, el control del gasto y el incremento de la rentabilidad. Para los productores de bebidas artesanales, esto representa una mayor capacidad de prever con exactitud los costos reales de producción, ajustar precios de manera competitiva y acceder a información clave para garantizar la continuidad y el crecimiento de sus proyectos.

Ambientales: Se logró una reducción tangible del impacto ecológico, cumpliendo con normativas ambientales y reforzando el compromiso social empresarial. Para las MiPyMEs de bebidas artesanales, este aspecto resulta especialmente valioso, ya que les permite posicionar sus productos como responsables con el medio ambiente, generar confianza en los consumidores y diferenciarse en un mercado cada vez más enfocado en la sostenibilidad.

La facilidad de adopción de la plataforma favorece su implementación en otros contextos empresariales, no solo en el sector de bebidas artesanales, impulsando una transformación

cultural hacia prácticas sostenibles y eficientes que contribuyen al fortalecimiento del sector productivo en general.

Recomendaciones para Investigaciones Futuras

Con base en los resultados de esta tesis, se sugieren las siguientes líneas de investigación para ampliar el alcance y profundidad del conocimiento en este campo:

- **Ampliación geográfica y sectorial:** Validar la herramienta en distintas regiones y sectores productivos.
- **Incorporación de tecnologías emergentes:** Explorar el uso de IoT, inteligencia artificial y big data para mejorar el monitoreo y la predicción del consumo.
- **Estudios longitudinales:** Evaluar el impacto de la plataforma a mediano y largo plazo en indicadores financieros y energéticos.
- **Desarrollo de modelos predictivos:** Diseñar algoritmos que anticipen escenarios de alto consumo y propongan ajustes preventivos.
- **Análisis del impacto social:** Estudiar cómo la eficiencia energética influye en la empleabilidad, desarrollo local y percepción social de las MiPyMEs.

Estas recomendaciones pueden contribuir a fortalecer el vínculo entre tecnología, sostenibilidad y competitividad en el ámbito empresarial.

Reflexión Final

La realización de este trabajo de tesis ha representado una experiencia enriquecedora en lo académico, profesional y personal. Demostró que la eficiencia energética va más allá de una estrategia técnica: constituye un pilar de sostenibilidad organizacional y una herramienta de justicia social.

La implementación de la plataforma en un entorno real con recursos limitados demostró la viabilidad de desarrollar soluciones accesibles y eficaces para las MiPyMEs, estableciendo las bases para un modelo de gestión replicable y transformador.

Este proyecto deja como legado una propuesta concreta para mejorar la rentabilidad, competitividad y sostenibilidad de las empresas artesanales. Asimismo, marca el inicio de una línea de investigación orientada al desarrollo de herramientas tecnológicas con impacto social y ambiental tangible.

El conocimiento generado fortalece la visión de que las pequeñas empresas pueden ser motores de cambio hacia una economía más justa, eficiente y respetuosa del medio ambiente, siempre que cuenten con herramientas adecuadas y adaptadas a sus contextos particulares.

Referencias bibliográficas

- Ahmad, T., & Zhang, D. (2021). Using the internet of things in smart energy systems and networks. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102783. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102783>
- Aman, S., Simmhan, Y., & Prasanna, V. K. (2013). Energy management systems: state of the art and emerging trends. *IEEE Communications Magazine*, 51(1), 114–119. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6400447>
- Amaral, J., Reis, C., & Brandao, R. F. M. (2013). Energy Management Systems. *2013 48th International Universities' Power Engineering Conference (UPEC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2013.6715015>
- Barcia, K., & De Loor, C. (2007). Metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de la cadena de valor (VSM). *Revista Tecnológica-ESPOL*, 20(1).
- Bedi, G., Venayagamoorthy, G. K., Singh, R., Brooks, R. R., & Wang, K.-C. (2018). Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(2), 847–870. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2802704>
- Brewers Association. (2020). *Energy Usage, GHG Reduction, Efficiency, and Load Management Manual*. Antea Group. https://www.brewersassociation.org/attachments/0001/1530/Sustainability_Energy_Manual.pdf
- Carlos, G. L., & Eduardo, M. G. (n.d.). Evolución y tendencias de sistemas de gestión energética en la industria. *IX Congreso Nacional de Ingeniería Termodinámica*. <https://doi.org/10.31428/10317/9884>
- Chou, J.-S., & Ngo, N.-T. (2016). Smart grid data analytics framework for increasing energy savings in residential buildings. *Automation in Construction*, 72, 247–257. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.01.002>
- Conahcyt. (2024a). *Energía; Conahcyt*. <https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-energia-y-cambio-climatico/energia/>

-
- Conahcyt. (2024b). *Energía y Cambio Climático*; Conahcyt. <https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-energia-y-cambio-climatico/>
- Conahcyt. (2024c). *Objetivos Energía*; Conahcyt. <https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-energia-y-cambio-climatico/energia/objetivos-energia/>
- Conduah, J., Kusakana, K., & Hohne, P. A. (2019). Energy Efficiency Improvements in a Microbrewery in South Africa. *2019 Open Innovations (OI)*, 132–137. <https://doi.org/10.1109/OI.2019.8908193>
- de Estadística y Geografía. INEGI, I. N. (n.d.). *Sala de prensa*. <https://www.inegi.org.mx/app/salaDeprensa/noticia.html?id=8275>
- Faria, P., Lezama, F., Vale, Z., & Khorram, M. (2021). A methodology for energy key performance indicators analysis. *Energy Informatics*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42162-021-00140-0>
- Farzaneh, H., Malehmirchegini, L., Bejan, A., Afolabi, T., Mulumba, A., & Daka, P. P. (2021). Artificial Intelligence Evolution in Smart Buildings for Energy Efficiency. *Applied Sciences*, 11(2), 763. <https://doi.org/10.3390/app11020763>
- Flores Díaz, L., Escobosa Pineda, N., & Espinosa Flores, L. (2016). Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. In *Gobierno de México* (2a. Edición). <https://www.gob.mx/conuee/documentos/manual-para-la-implementacion-de-un-sistema-de-gestion-de-la-energia>
- Flores Díaz, L., & Jáuregui Nares, I. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001:2018. In *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. CONUEE.
- Galitsky, C., Martin, N., Worrell, E., & Lehman, B. (2003). *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Breweries: An ENERGY STAR(R) Guide for Energy and Plant Managers*. <https://doi.org/10.2172/819468>

-
- García Cantó, M., & Amador Gandia, A. (2019). *Cómo aplicar “Value Stream Mapping” (VSM). 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme.* 8(2), 68–83. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019>
- Garrison, R. H., Noreen, E. W., & Brewer, P. C. (2021). *Managerial Accounting*. McGraw-Hill Education.
- Gennitsaris, S., Oliveira, M. C., Vris, G., Bofilios, A., Ntinou, T., Frutuoso, A. R., Queiroga, C., Giannatsis, J., Sofianopoulou, S., & Dedoussis, V. (2023). Energy Efficiency Management in Small and Medium-Sized Enterprises: Current Situation, Case Studies and Best Practices. *Sustainability*, 15(4), 3727. <https://doi.org/10.3390/su15043727>
- Giacone, E., & Mancò, S. (2012). Energy efficiency measurement in industrial processes. *Energy*, 38(1), 331–345. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.11.054>
- Giampietro, M., & Sorman, A. H. (2012). Are energy statistics useful for making energy scenarios? *Energy*, 37(1), 5–17. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.038>
- Gillingham, K., & Palmer, K. (2014). Bridging the Energy Efficiency Gap: Policy Insights from Economic Theory and Empirical Evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(1), 18–38. <https://doi.org/10.1093/reep/ret021>
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2011). *Principles of Managerial Finance*.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2021). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*. Pearson.
- Iram, R., Zhang, J., Erdogan, S., Abbas, Q., & Mohsin, M. (2020). Economics of energy and environmental efficiency: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(4), 3858–3870. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07020-x>
- Jones, E. (2018). Brewing Green: Sustainability in the Craft Beer Movement. In *Craft Beverages and Tourism, Volume 2* (pp. 9–26). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57189-8_2

-
- Jovanović, B., Filipović, J., & Bakić, V. (2017). Energy management system implementation in Serbian manufacturing – Plan-Do-Check-Act cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1144–1156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.140>
- Kalwar, M. A., Shahzad, M. F., Wadho, M. H., Khan, M. A., & Shaikh, S. A. (2022). Automation of order costing analysis by using Visual Basic for applications in Microsoft Excel. *Journal of Applied Research in Technology & Engineering*, 3(1), 29–59.
- May, G., Barletta, I., Stahl, B., & Taisch, M. (2015). Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency. *Applied Energy*, 149, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.065>
- Méndez Rodríguez, R. D., González, A. A., & Mendívil, B. C. (2023). Gestión educativa estratégica: estructuración y validación de una encuesta para las instituciones de educación superior. *Revista Gestión de Las Personas y Tecnología*, 16(46), 26–46.
- Mostafa, H. A., Shatshat, R. El, & Salama, M. M. A. (2014). A review on energy management systems. *2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TDC.2014.6863413>
- Mtebwa, M., & Ichwekeleza, W. (2022). Assessment of Energy Efficiency in Beverage Industry. *Tanzania Journal of Engineering and Technology*, 41(2), 171–177. <https://doi.org/10.52339/tjet.v41i2.790>
- Murillo, J. A. J., Hernández, E. M. J., & Zamora, L. N. A. (2014). *Fundamentos de programación*. Alpha Editorial.
- Patil, V., Singh Kuntal, R., Rajendran, D., & Gupta, R. (2022). Design and Development of Self-Made Cost-Effective Microsoft Excel Visual Basic Application for Livestock Ration Formulation. In *Animal Husbandry*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.102470>
- Patterson, M. W., Hoalst-Pullen, N., & Pierson, W. B. (2016). Sustainability Attitudes and Actions: An Examination of Craft Brewers in the United States.

-
- In *Urban Sustainability: Policy and Praxis* (pp. 153–168). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26218-5_10
- Prashar, A. (2017). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145, 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.068>
- Report, G. (2024). *KPI Principales indicadores clave de desempeño*. Independently Published.
- Rohac, T., & Januska, M. (2015). Value stream mapping demonstration on real case study. *Procedia Engineering*, 100(January), 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.399>
- Schmidt, C., Li, W., Thiede, S., Kornfeld, B., Kara, S., & Herrmann, C. (2016). Implementing Key Performance Indicators for Energy Efficiency in Manufacturing. *Procedia CIRP*, 57, 758–763. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.131>
- Shakerighadi, B., Anvari-Moghaddam, A., Vasquez, J., & Guerrero, J. (2018). Internet of Things for Modern Energy Systems: State-of-the-Art, Challenges, and Open Issues. *Energies*, 11(5), 1252. <https://doi.org/10.3390/en11051252>
- Sierra, F. J. C. (2016). *Microsoft Visual Basic. NET. Lenguaje y Aplicaciones*. Grupo Editorial Ra-Ma.
- Sueza Raffa, L., Bennett, N. S., & Clemon, L. M. (2022, October 30). Opportunities for Energy Efficiency Improvements in Craft and Micro-Breweries. *Volume 6: Energy*. <https://doi.org/10.1115/IMECE2022-94374>
- Valencia, J. C. B., & Carmenates, O. A. B. (2022). Validación del instrumento encuesta para su aplicación en centros de capacitación. *Conrado*, 18(88), 14–20.