Propuesta de caracterización de un sistema de gestión de calidad ISO 50001 como herramienta de mejora para el ahorro energético en una planta productora de pasta alimenticia

Erika Vanessa Orozco Macias

Luisa Marcela Morcillo García

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Industrial

Director

Ing. Carlos Andrés Nieto Serna

Magíster (MSc) en Administración, Esp. en Eficiencia Energética.

Codirector

Ing. Jairo José Castillo

Esp. En gerencia de proyectos y sistemas neumáticos.

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Industrial

2024

Propuesta de caracterización de un sistema de gestión de calidad ISO 50001 como herramienta de mejora para el ahorro energético en una planta productora de pasta alimenticia

Erika Vanessa Orozco Macias

Luisa Marcela Morcillo García

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Industrial

Director

Carlos Andrés Nieto Serna

Magíster (MSc) en Administración.

Codirector

Jairo José Castillo

Esp. En gerencia de proyectos y sistemas neumáticos.

Institución Universitaria Antonio José Camacho

Facultad de Ingenierías

Ingeniería Industrial

2024

Dedicatoria

Queremos dedicar este proyecto principalmente a Dios por permitirnos llevar a cabo los objetivos que nos hemos propuesto desde el inicio de nuestra carrera, también a todas las personas que contribuyeron en su realización, brindándonos apoyo con sus enseñanzas, asesorías y consejos; además a los miembros de nuestras familias que de una u otra manera contribuyeron emocionalmente, dándonos siempre el apoyo y la motivación que necesitamos.

Erika V. Orozco Macias

Luisa M. Morcillo García

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento de manera especial al Ingeniero Jhon Jairo Becerra por su valiosa asesoría. Además, deseamos reconocer la paciencia, dedicación y apoyo de nuestro director de proyecto, Carlos Nieto, así como la contribución de nuestro co-director, Jairo Castillo.

Erika V. Orozco Macias

Luisa M. Morcillo García

Resumen

El presente proyecto consiste en una propuesta de caracterización del sistema de gestión de energía bajo la norma ISO 50001: 2018 para una planta productora de pasta alimenticia. A través de un diagnóstico inicial se da a conocer la situación actual en la que se encuentra la empresa por medio de la información obtenida de las facturas de energía (KwH consumidos por mes y costos de los mismos) ; la segunda etapa, describe y analiza la importancia de la formulación correcta de los indicadores de desempeño energético "EnPI" (Energy Performance Indicators**)** y la línea base energética, siendo los dos pilares que sustentan la medición, el seguimiento y evaluación permitiendo identificar las oportunidades de mejora y trazar las metas energéticas junto a los planes de acción mediante los requisitos legales y la documentación, por medio de responsables con roles asignados para el crecimiento de la cultura organizacional y mejora de la sostenibilidad ambiental, con el objetivo de lograr la disminución de consumo energético y costos relacionados.

Palabras Clave: Eficiencia Energética, ISO 50001, Uso significativo de la energía (USE), Planificación, Línea de base energética (LBEn), Indicador de desempeño energético (IDEn).

Abstract

The current project involves a proposal for characterizing the energy management system according to ISO 50001:2018 for a pasta production plant. Through an initial diagnosis, the current situation of the company is disclosed by utilizing information obtained from energy bills (monthly kWh consumption and associated costs). The second stage describes and analyzes the importance of accurately formulating Energy Performance Indicators (EnPI) and the energy baseline. These two pillars support the measurement, monitoring, and evaluation processes, allowing the identification of improvement opportunities. Additionally, they help set energy goals and action plans in compliance with legal requirements and documentation. This is achieved through assigned roles for responsible individuals, promoting organizational culture growth and environmental sustainability improvement. The ultimate objective is to achieve a reduction in energy consumption and associated costs.

Keywords: Energy efficiency, ISO 50001, Significant use of energy, Planning, Energy baseline, Energy performance indicator.

Glosario

SGEn*:* Sistema de gestión Energética (Meinsa, s.f.)

NTC ISO 50001: Norma técnica Colombiana ISO 50001. Esta Norma Internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía (NQA Organismo de certificación global, s.f.)

USE: Uso Significativo de la Energía. *S*e refiere a aquellas áreas en las que se produce un uso significativo de la energía, por ejemplo, plantas, sistemas, procesos o instalaciones, o, en otras palabras: áreas con una parte significativa del consumo total de energía o una clara palanca para mejorar el rendimiento relacionado con la energía. (DQS, s.f.)

LBEn: Línea de base Energética. Referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético, se fundamenta en los datos de un período de tiempo especificado y/o las condiciones, según lo defina la organización. Las líneas de base energéticas se usan para la determinación de la mejora del desempeño energético, como referencia antes y después, o con y sin la implementación de acciones de mejora del desempeño energético**.** (CALIDAD Y GESTIÓN - CONSULTORÍA PARA EMPRESAS, s.f.)

IDEn: Indicadores de Desempeño Energético. Son las expresiones y valores usados para monitorear, controlar y/o supervisar cambios en el rendimiento de la energía, y reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo (Castrillon, González, Ciro, Urhán, & Fandiño, 2014)

Contenido

Resumen 5

Abstract 6

Glosario 7

Introducción 14

1. Planteamiento del Problema 15

1.1. Descripción del problema 15

1.1.2. Diagnóstico de la planta 20

1.2. Formulación del problema 30

1.3. Sistematización 30

1.4. Justificación 31

2. Objetivos 32

2.1. Objetivo general 32

2.2. Objetivos específicos 32

3. Marco referencial 33

3.1. Antecedentes 33

3.2. Marco Conceptual 34

3.3. Marco teórico 35

3.3.1. Norma ISO 50001 35

3.3.2. Eficiencia Energética 36

4. Metodología 39

4.1. Tipo de investigación 39

4.2. Alcance de la investigación 39

4.3. Área de estudio 40
4.4. Proceso metodológico 40
4.4.1. Recolección de información 40
4.4.2. Diagnóstico de la organización 43
4.4.3. Diagnóstico energético 50
4.4.4. Índice de consumo base 58
4.4.5. Indicador de desempeño energético (base 100, Cusum) 64
5. Propuestas de mejora 67
5.1. Diseño del plan de gestión basado en la norma ISO 50001:2018 67
5.2. Socialización del plan 68
5.3. Delegación de funciones 69
5.4. Asignación de responsables 70
6. Resultados 72
6.1. Resultados de objetivo 1. Realizar un diagnóstico energético de la planta productora de pasta alimenticia, según la norma ISO 50001. 72
6.2. Resultados de objetivo 2. Identificar los patrones de consumo en la empresa productora de pasta alimenticia y las tendencias más destacadas en el uso de la energía eléctrica, con base en la norma ISO 50001. 73
6.3. Resultados de objetivo 3. Definir planes de acción y control para la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia, según la ISO 50001. 74
6.4. Resultados de objetivo 4. Evaluar económicamente los beneficios asociados a los costos de la implementación de la propuesta del sistema de gestión de la energía 79
Conclusiones 83

Recomendaciones 86

Referencias..... 87

Anexos 92

Listado de Tablas

Tabla 1. *Benchmarking empresas productoras de pasta alimenticia en Colombia* 17

Tabla 2. *Consumo energético vs Producción de pasta alimenticia para el año 2022*..... 20

Tabla 3. *Consumo energético vs Producción de pasta alimenticia para el año 2023 (Hasta mes de abril)……*..... 21

Tabla 4. *Pendiente (m) y energía no asociada a la producción (Eo) según modelo de comportamiento.* 25

Tabla 5. *Inventario de equipos*..... 25

Tabla 6. *Porcentaje de participación energética por área.*..... 26

Tabla 7. *Energía eléctrica vs producción y ecuación modelo* 53

Tabla 8. *Cálculos línea meta.* 55

Tabla 9. *Índice de consumo vs. Índice de consumo base*..... 59

Tabla 10. *Desviación estándar* 60

Tabla 11. *Potencial de Ahorro operación y mantenimiento* 62

Tabla 12. *Potencial de Ahorro planificación y producción*..... 63

Tabla 13. *Producción crítica* 63

Tabla 14. *Personal de uso significativo de energía en la planta*..... 65

Tabla 15. *Propuesta de plan de gestión basado en la norma ISO 50001:2018* 67

Tabla 16. *Equipo responsable de la ejecución del SGEn* 70

Tabla 17. *Producción y consumo (2022 y 2023)* 72

Tabla 18. *Propuestas según análisis de consumo por áreas* 74

Tabla 19. *Evaluación de Equipos y Tecnologías* 75

Tabla 20. *Evaluación de Consumo y Oportunidades de Mejora* 75

Tabla 21**.** *Plan de Acción para Eficiencia Energética - Implementación de SGE* 77

Tabla 22**.** *Plan de Control para Eficiencia Energética - Monitoreo y Medición* 78

Tabla 23**.** *Conversión Kwh a Toneladas de Co2*..... 79

Tabla 24**.** *Costos de Implementación del SGE*..... 80

Tabla 25**.** *Beneficios Esperados para operación y mantenimiento*..... 81

Tabla 26**.** *Beneficios Esperados por planificación de la producción* 81

Tabla 27**.** *Oportunidad de mejora*..... 86

Listado de Figuras

Figura 1. *Empresas certificadas en ISO 50001 en Colombia.* 16

Figura 2. *Producción y Consumo Energético en las Empresas Productoras de Pasta Alimenticia*..... 18

Figura 3. *Diagrama de flujo por niveles del proceso productivo de pasta alimenticia.* 19

Figura 4. *Consumo de energía vs producción del año 2022* 22

Figura 5. *Consumo de energía vs producción de parte del año 2023* 23

Figura 6. *Consumo mensual (Energía vs Producción).* 24

Figura 7. *Diagrama circular de participación en porcentaje asociado a los costos energéticos por área*..... 27

Figura 8. 28

Figura 9. *Problemas presentados en la planta de pasta alimenticia.* 30

Figura 10. *Unidades de energía* 38

Figura 11. *Ubicación de la planta* 40

Figura 12. *Organigrama de la planta* 43

Figura 13. *Organigrama departamento de mantenimiento* 44

Figura 14. *Silos para almacenamiento de harinas.* 45

Figura 15. *Diagrama de Sankey* 51

Figura 16. *Diagrama de Pareto consumo energéticopor máquinas del proceso productivo* 52

Figura 17. *Emodelo. Línea base.* 54

Figura 18. *Línea Meta* 57

Figura 19. *Línea base vs Línea meta* 58

Figura 20. *Pendiente Cusum punto crítico de producción.* 65

Figura 21. *Responsables de la gestión energética* 69

Introducción

La investigación actual se desarrolla en una planta de producción de pasta alimenticia ubicada en Villa Rica (Cauca), donde se busca caracterizar los procesos productivos existentes con el propósito de proponer mejoras en la eficiencia energética bajo a los estándares de la norma ISO 50001. Este estudio implica un análisis de las posibles medidas de ahorro energético en la planta, y tiene como objetivo la formulación de recomendaciones basadas en los principios de la norma.

Para llevar a cabo esta caracterización, se emplearán recursos, como consumos de energía eléctrica, tiempos de operación en las áreas del proceso y los resultados de evaluaciones del nivel de conocimiento en gestión energética del personal de la planta. Este análisis se llevará a cabo a través de la utilización de modelos estadísticos, la revisión de manuales de funcionamiento de cada máquina y la descripción detallada del proceso productivo, teniendo en cuenta las variables de operación. Esto nos permitirá realizar recomendaciones que aborden el mantenimiento de equipos, mejoras en la eficiencia de motores y estandarización de procesos. Además, se recopiló información proporcionada por los trabajadores de la planta de pasta alimenticia, que incluyó datos de actividades y procesos. También se realizaron visitas programadas para obtener información técnica y operativa, utilizando listas de verificación (Check list) y el ciclo PHVA, los cuales permitirán proceder a un análisis más detallado y eficiente de los resultados.

En el contexto de este proyecto, se deben destacar algunas limitaciones que surgieron durante su desarrollo. Una de las limitaciones significativas que se presentó está relacionada con la naturaleza de la empresa objeto de estudio. Dado que se trata de una organización multinacional, esta empresa gestiona información altamente confidencial y sensible. Por lo tanto, se nos impuso la restricción de no hacer uso del nombre de la empresa en el proyecto ni de revelar detalles específicos que pudieran identificarla.

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del problema

El ahorro energético en la industria adquiere una relevancia importante pues la energía se considera un recurso limitado y costoso. La eficiencia en su uso no solo conlleva una disminución en los gastos de producción, sino también un impacto beneficioso y significativo en el entorno medioambiental. Sin embargo, existen ciertos retos para la implementación de prácticas de ahorro energético en la industria. Entre ellos, se encuentran los costos iniciales de la implementación de tecnologías más eficientes, la falta de conciencia y compromiso de los empleados, y la necesidad de capacitación y formación para adaptarse a los nuevos procesos y tecnologías. (Lagreze, Fracttal, 2023).

En Colombia, las empresas del sector no han obtenido certificación energética, según búsqueda realizada en genio.pro, plataforma de base de datos de empresas en España, América Latina y Portugal que disponen de un Sistema de Gestión de la Energía Certificado, de acuerdo con la Norma Internacional ISO 50001. (genio.pro, s.f.).

A continuación, se presenta el resultado de la búsqueda de empresas certificadas según la norma ISO 50001.

Figura 1.

Empresas certificadas en ISO 50001 en Colombia.

Empresas certificadas

Con SGE certificado de acuerdo a la Norma ISO 50001

En esta sección, GENIO pone a tu disposición una base de datos de empresas en España, América Latina y Portugal que disponen de un Sistema de Gestión de la Energía Certificado(*), de acuerdo a la Norma Internacional ISO 50001.

Para consultar qué empresas están certificadas, introduce en la caja de búsqueda el país, empresa o entidad de certificación.

Si tu empresa dispone de un Sistema de Gestión Certificado según ISO 50001 y no figura en el listado, puedes enviarnos copia del certificado y será incluido en la base de datos.

Colombia

Empresa	País	Entidad de certificación	Centros
Empresa de Energía de Bogotá (EEB)	Colombia	BVC	1
Henkel Colombiana S.A.S.	Colombia	SGS	1
Meta Petroleum Corp.	Colombia	BVC	1
Schneider Electric Colombia	Colombia	SGS	1
Tronex Bogotá	Colombia	SGS	1

Fuente: (Genio Pro, s.f.)

En la Figura 1 se evidencia que las empresas certificadas en Colombia se distribuyen principalmente en el sector energético, representado por entidades como la Empresa de Energía de Bogotá y Schneider Electric Colombia, así como en el sector de consumo, ilustrado por Henkel Colombiana SAS. Otras de estas empresas participan en diversas actividades, por ejemplo, Meta Petroleum Corp, se dedica a la explotación y producción de gas natural y petróleo, y Tronex Bogotá se dedica a la comercialización de productos como Paneles Solares, Inversores, Rectificadores, UPS y Baterías de plomo ácido y litio.

Es relevante destacar que en la presente muestra no se identifica ninguna empresa certificada vinculada al sector alimenticio, tampoco, específicamente dedicada a la producción de

pastas alimenticias, así que, con base en la información previamente expuesta, se enfatiza la relevancia de implementar un sistema con el objetivo de alcanzar mejoras. Por consiguiente, a continuación, se presenta un análisis comparativo (*Benchmark*) de las empresas dedicadas a la producción de pasta alimenticia.

Tabla 1**.**

Benchmarking empresas productoras de pasta alimenticia en Colombia

Benchmarking Empresas Productoras De Pastas Alimenticias								
Alcance y Objetivos	**Empresas Participantes**	**Datos (Kpi)**						
		Productos De Interés	**Certificada en ISO 50001**	**Consumo De Energía**	**Producción**	**Número De Empleados**	**Estrategias para reducir el consumo**	**Inversiones en innovación**
***Reducción De Consumo Energético *Optimización De Procesos *Adopción De Energías Renovables**	**Pastas Comarrico Colombia** https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/cddd2307-15b4-4d7c-9e37-22c530a07360/content#:~:text=Fundada%20en%201920%2C%20cuenta%20en,al%20Consumidor%2C%20Helados%20y%20Pastas.	Pastas 500 Kg	No	118,5 Kwh/T.P Información Del Año 2022	200 Ton Al Dia	De 51 A 200 Empleados	Implementación de iluminación led, actualización de maquinaria para mayor eficiencia	Inversiones en maquinaria coeficiente
	Harinera Del Occidente Colombia (Pastas Zonia) https://www.organizacionsolarte.com.co/Plantas_HarineraOccidente.php	Pasta X 200 Gr, Pasta X 250 Gr, Pasa X 500 Gr	No	98,3 Kwh/T.P Información Del Año 2021	120 Ton Al Dia	300	Mejora en procesos de secado, implementación de tecnologías más eficientes	Desarrollo de sistemas de reciclaje avanzado
	Pastas Doria Colombia https://andacol.com/index.php/noticias-anda-col/noticias-anda-col-3/162-www-andacol-com/newsletter-anda-22/1457-doria-una-empresa-integral	Pastas 500 Kg	No	151,8 Kwh/T.P Información Del Año 2021	250 Ton Al Día	652	Transición a fuentes de energía renovable, optimización de la cadena de suministro.	Investigación en empaques sostenibles

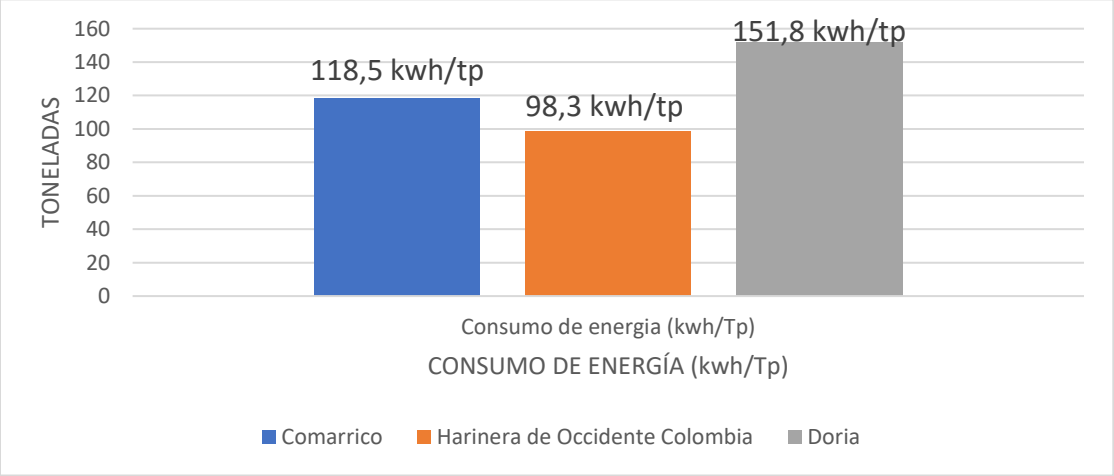
Fuentes: Echeverria (2020)

A pesar de no tener la certificación ISO 50001, la Tabla 1 muestra que la mayoría de las empresas relacionadas están comprometidas con la responsabilidad social y ambiental. Este estudio actual analiza específicamente las empresas que producen pasta alimenticia con un precio promedio de $2.395 por presentación de pasta de 500 g. Según Vargas-Rubio (2023), Doria, La Muñeca y Comarrico son las marcas preferidas de los consumidores en este sector, con una participación del 34,9%, 28,3% y 9,4% del mercado, respectivamente.

Considerando la información anterior, se presenta el gráfico comparativo de consumo energético vs producción de las empresas estudiadas, tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2.

Producción y Consumo Energético en las Empresas Productoras de Pasta Alimenticia



Nota: Tp=Tonelada producida. Fuente: elaboración propia

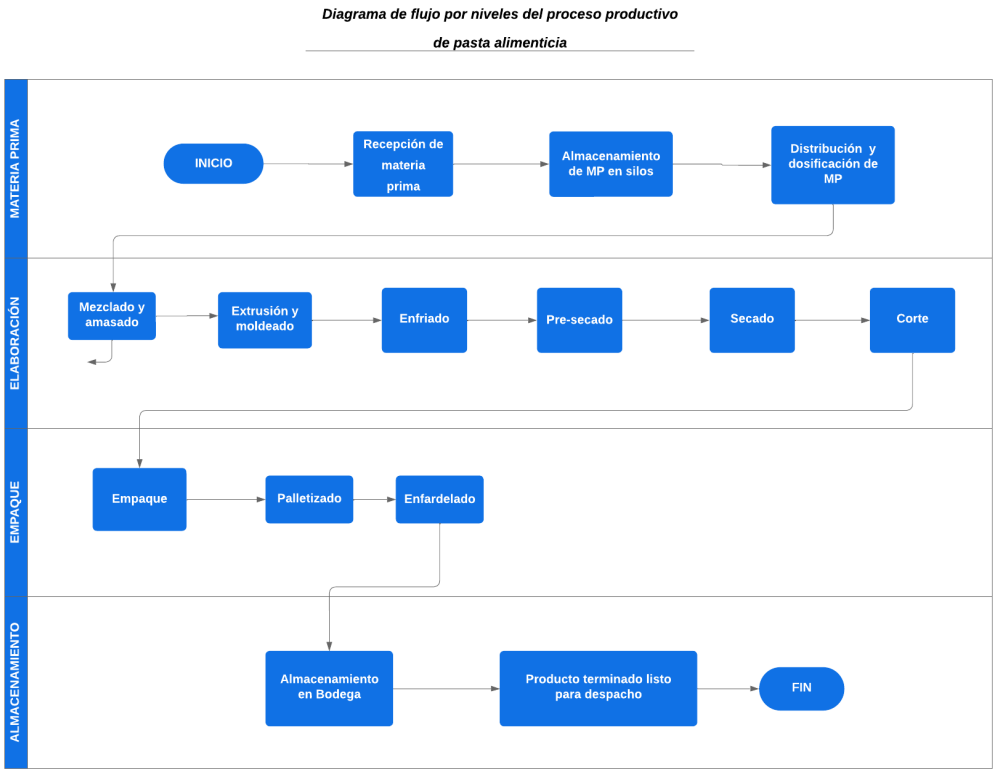
El análisis de la Tabla 1, de benchmarking revela un panorama diversificado en las prácticas sostenibles adoptadas por las empresas líderes de la industria de pastas alimenticias. En primer lugar, destaca la variabilidad en los enfoques para reducir el consumo de energía, donde empresas como Pastas Dorias y Empresa Ecuador Moderna Alimentos lideran la transición hacia fuentes de energía renovable, mientras que otras, como Harina del Occidente de Colombia, centran sus esfuerzos en mejoras tecnológicas para lograr la eficiencia. Además, la responsabilidad social y medioambiental es un componente clave, evidenciado por las certificaciones y programas específicos de cada empresa, como la certificación Rainforest Alliance de Harina del Occidente de Colombia o el compromiso de Pastas Comarrico Colombia con la sostenibilidad y los programas de reciclaje.

En segundo lugar, existe una conexión directa entre las estrategias de reducción del consumo energético y la inversión en innovación. Empresas como Pastas Dorias y Pastas Comarrico Colombia destacan por sus importantes inversiones en maquinaria ecoeficiente y sistemas avanzados de reciclaje, mientras que Empresa Don Tarwin canaliza recursos hacia proyectos de energías renovables y gestión sostenible de los recursos. Este análisis subraya la importancia de la innovación como catalizador del cambio y respalda la posición de estas empresas a la vanguardia de la sostenibilidad en la industria de la pasta.

Para entrar en contexto, en la Figura 3 se presenta el diagrama por niveles del proceso productivo de pasta alimenticia en la planta.

Figura 3.

Diagrama de flujo por niveles del proceso productivo de pasta alimenticia.



Fuente: elaboración propia

En la figura 3 "*Diagrama de flujo por niveles del proceso productivo de pasta alimenticia*", se ofrece una visión por categorías de la planta y la disposición de sus áreas en el proceso de fabricación de pastas. Este, sustituye el registro fotográfico obtenido durante nuestra visita a la planta, puesto que no se nos autorizó tomar fotografías debido a consideraciones de confidencialidad.

A continuación, se realizó un diagnóstico del consumo y la producción en la planta productora de pasta alimenticia, mediante los datos de consumo energético del proceso productivo, con el fin de revisar el estado de la planta.

1.1.2. Diagnóstico de la planta

1.1.2.1. Relación producción y consumo energético (Método)

Para dar inicio al diagnóstico de la planta, tal como se observa en la Tabla 2, surge la necesidad de examinar la relación entre la producción y el consumo energético como punto de referencia, por lo que a continuación, se presentan las tablas de comparación del consumo energético respecto a la producción correspondientes al año 2022 y parte del 2023.

Tabla 2**.**

Consumo energético vs Producción de pasta alimenticia para el año 2022

2022	X	Y
Mes	Producción (Ton/mes)	Consumo (KWh/mes)
Enero	1.840	347.094
Febrero	1.782	330.021
Marzo	2.202	409.338
Abril	1.905	353.231
Mayo	2.017	387.053
Junio	2.182	411.712
Julio	1.891	364.897
Agosto	2.152	400.516
Septiembre	2.120	378.931
Octubre	2.111	387.998

Noviembre	1.662	313.233
Diciembre	1.718	338.513
TOTAL AL AÑO	**23.582**	**4.422.537**

Fuente: elaboración propia

La Tabla 2 proporciona información sobre los consumos mensuales de energía en kilovatios-hora (kWh) y la producción en toneladas para el año 2022 de la planta en estudio. Al analizar esta tabla, se observa que el mes de junio registró el consumo energético más alto, mientras que el menor consumo se produjo en noviembre. De manera paralela, marzo sobresale como el mes con la producción más alta, mientras que noviembre muestra la menor producción.

Tabla 3**.**

Consumo energético vs Producción de pasta alimenticia para el año 2023 (Hasta mes de abril)

2023	X	Y
Mes	**Producción Ton/mes**	**Consumo (KWh/mes)**
Enero	1.947	363.510
Febrero	2.136	387.558
Marzo	2.034	363.092
Abril	1.784	323.982

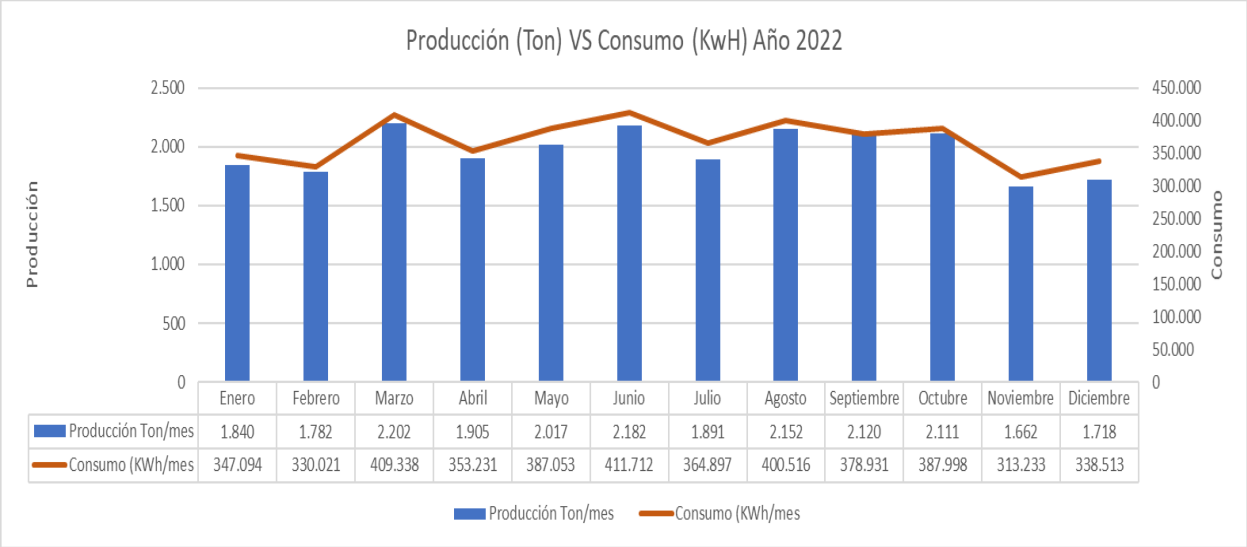
Fuente: elaboración propia

En la Tabla 3, se pueden apreciar los registros mensuales de consumo de energía en kilovatios-hora (kWh) y la producción en toneladas hasta el mes de abril del año 2023. Febrero destaca como el mes con el mayor consumo y la mayor producción, mientras que abril se caracteriza por tener el menor consumo y la menor producción.

A continuación, en la Figura 4 se presenta el consumo de energía vs producción del año 2022 y parte del 2023.

Figura 4

Consumo de energía vs producción del año 2022.



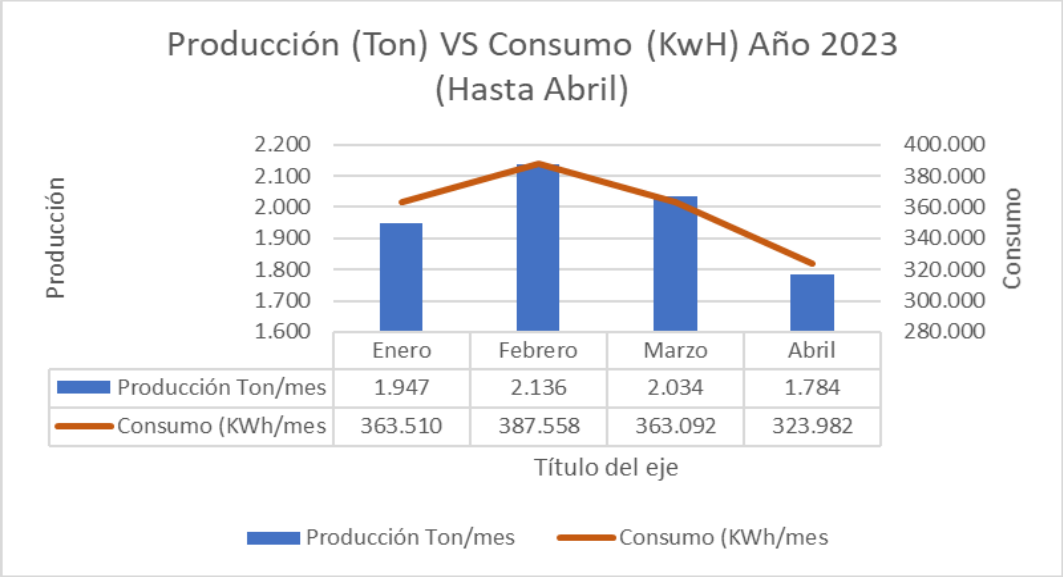
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Producción Ton/mes	1.840	1.782	2.202	1.905	2.017	2.182	1.891	2.152	2.120	2.111	1.662	1.718
Consumo (KWh/mes	347.094	330.021	409.338	353.231	387.053	411.712	364.897	400.516	378.931	387.998	313.233	338.513

Fuente: elaboración propia

La Figura 4, que representa la relación entre el consumo energético y la producción demuestra que no hay un comportamiento uniforme desde el mes de enero de 2022 hasta el mes de diciembre de 2022. Asimismo, cabe resaltar una variación en la relación entre la producción y el consumo de energía eléctrica durante el mes de noviembre de 2022. Esta disminución se atribuye a modificaciones en la planificación, las cuales se fundamentan en la implementación de inventarios de seguridad. Esta medida se adopta especialmente en los últimos dos meses del año, donde suelen presentarse días no laborables debido a festividades. Adicionalmente, durante los meses de agosto, septiembre y octubre, que constituyen períodos de ventas altas, se acumula un inventario adicional para hacer frente a la creciente demanda en dichos periodos.

Figura 5.

Consumo de energía vs producción de parte del año 2023



Fuente: elaboración propia

La Figura 5 exhibe la variación en los distintos consumos de energía eléctrica durante los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2023 en relación con la producción en toneladas y el consumo energético en Kwh. Se destaca un patrón no uniforme, siendo abril el mes donde se evidencia un decrecimiento. Este descenso se atribuye a la Semana Santa (En Colombia), período en el cual también se contemplan días no laborables.

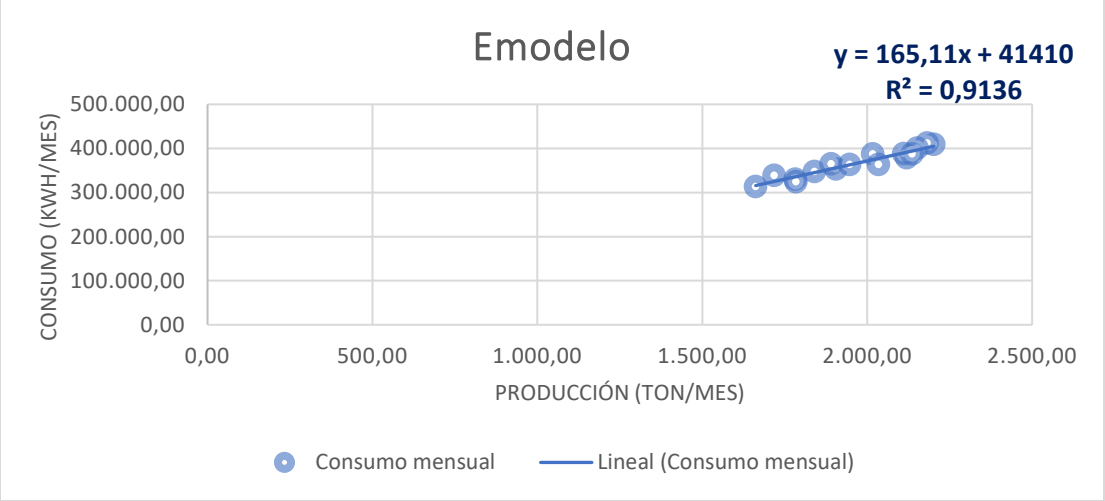
A continuación, presentamos la gráfica de comportamiento actual del proceso, considerando las variables de producción y de consumo energético. Su objetivo principal radica en comparar el consumo real de energía con el presupuesto preestablecido con el fin de identificar desviaciones y tomar medidas correctivas según sea necesario. En este caso, la información de producción, como se mencionó previamente, se obtuvo a partir de datos proporcionados por la

empresa, mientras que el consumo se identificó a través de la revisión de las facturas de energía eléctrica también proporcionadas por la compañía.

Luego de obtener los datos de consumo energético (Kwh) y producción (Ton) de la empresa productora de pasta alimenticia se representan gráficamente las lecturas recopiladas, para obtener la ecuación del consumo energético mensual. Es decir que, se inicia con la ubicación de los datos en un gráfico, a partir de los cuales se determina la ecuación de la línea base y se calcula el coeficiente de correlación. De esta manera se modela el sistema lineal y se realiza el análisis de control. A continuación, relacionamos la gráfica de energía vs producción.

Figura 6.

Consumo mensual (Energía vs Producción).



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se puede discernir el modelo de comportamiento de las variables de producción y consumo. En este caso, la pendiente se establece en 165.11, y representa el consumo energético para producir una tonelada de pasta alimenticia; y la energía no asociada a la producción se cuantifica en 41.410 KwH, tal como se detalla a continuación.

Tabla 4**.**

Pendiente (m) y energía no asociada a la producción (Eo) según modelo de comportamiento.

m	**165,11**
Eo (Energía no asociada a la producción)	**41.410,00**

Fuente: elaboración propia

Los datos consignados en la Tabla 4 sirven como punto de partida para llevar a cabo el análisis de desempeño energético en función del presupuesto, que permitirá optimizar recursos, establecer metas de ahorro, cumplir normas y requisitos ambientales y contribuirá a la mejora continua de la compañía en el desarrollo del presente proyecto.

1.1.2.2. Maquinaria

Tabla 5**.**

Inventario de equipos

PROCESO	AREA	EQUIPO	CANTIDAD
SERVICIOS INDUSTRIALES	Compresores	Kaeser	1
		Compresor Ingersoll-Rand	1
	Enfriamiento	Chiller	1
	Bombeo	Bombas de vacío	8
	Servicios comunes	Lava moldes	2
		Soplantes	2
		Bombas	6
		Caldera	1
LINEA PL (Pasta Larga)	ELABORACION	Cofia	1
		Colgadora	1
		Prensa sistema neumática	1
		Acumulo	1
		Clímax	1
	EMPAQUE	Cortadora (Sistema neumático)	1
		Empacadora A	1
		Empacadora B	1
		Enfardadora	2
		Mixer pl	1
LINEA PC	ELABORACION	silos cusinato	2

(Pasta corta)		colgadora	2
		clímax	1
		prepósito	1
		secado sistema de ventilación	1
	EMPAQUE	Cortadora (Sistema neumático)	1
		Empacadora C	1
		Empacadora D	1
		Enfardadora	2

Fuente: elaboración propia

Según la Tabla 5, la empresa productora de pasta alimenticia tiene como única fuente de energía la electricidad, haciéndose totalmente dependiente del suministro de ésta por parte de la empresa de servicios públicos ISAGEN. Las principales áreas y servicios comunes que consumen esta energía son Chiller, aire comprimido, remolida, línea pasta larga y línea pasta corta.

De acuerdo con lo anterior, se identifican los equipos que intervienen en el proceso de fabricación de pastas, donde se toma registro de consumos de energía eléctrica que cada uno genera.

Tabla 6**.**

Porcentaje de participación energética por área.

Centros de costos	AREAS	Costo $/Kw/h	%Participación
01_a580003	Oficinas administración	$ 108.970.550	5,40%
01_p633100	Línea pasta larga	$ 808.181.073	40,07%
01_p633101	Empaque pasta larga	$ 100.501.931	4,72%
01_p632100	Línea pasta corta	$ 376.164.795	19,18%
01_p632101	Empaque pasta corta	$ 96.480.154	4,53%
01_p636000	Remolida	$ 120.991.218	3,29%
01_p637000	Servicios generales	$ 407.576.058	22,81%
	TOTAL	**$ 2.018.865.780**	**100,00%**

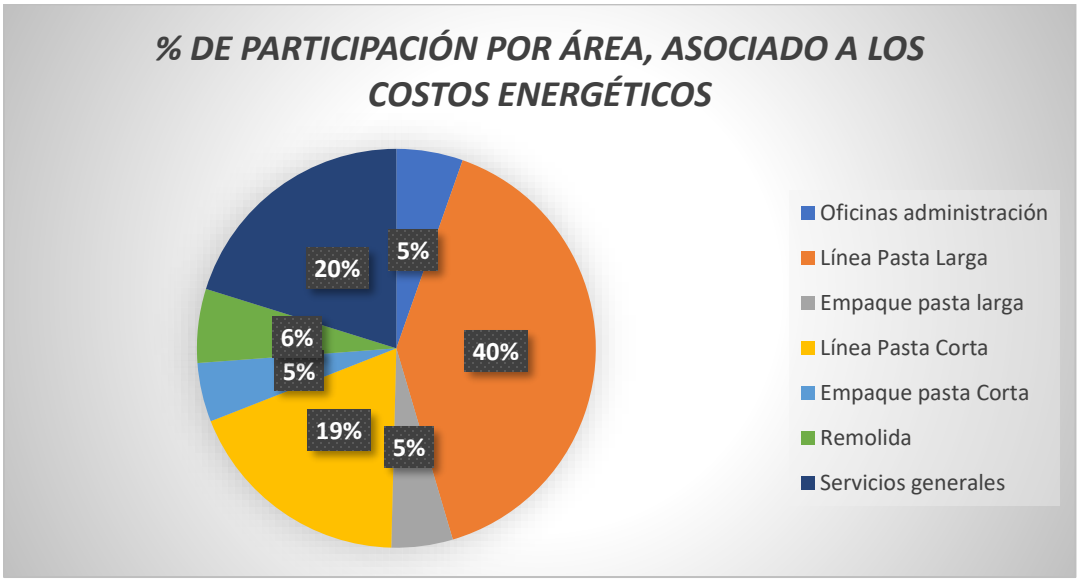
Fuente: elaboración propia

A partir de la información proporcionada en la Tabla 6, se puede inferir que la línea de producción de pasta larga cuenta con el mayor porcentaje de participación de consumo energético

de los equipos empleados en este proceso. A continuación, presentamos la Figura 7 con un gráfico circular.

Figura 7.

Diagrama circular de participación en porcentaje asociado a los costos energéticos por área.



Fuente: elaboración propia.

1.1.2.3. Material

La compañía no cuenta con planos unifilares energéticos, lo que puede llegar a representar dificultades en mantenimientos, riesgos de seguridad y/o dificultades si en algún momento se pretenden realizar cambios en el sistema eléctrico.

Dicha información fue recopilada durante la visita a la planta y se consolidó y documentó en el Anexo A. Formato de Visita Inicial.

1.2.2.4. Mano de Obra

Con el objetivo de diagnosticar el nivel de conocimiento sobre eficiencia energética entre el personal de la planta productora de pasta alimenticia y de identificar las necesidades de dicha población, se llevó a cabo una encuesta (*Ver anexo C*). Los resultados obtenidos de esta encuesta se muestran en la Figura 8.

Figura 8.

Resultados Generales de la Encuesta sobre Conocimiento de Eficiencia Energética por Áreas.

Nota**.** Cada respuesta correcta equivale a un punto, con una puntuación máxima de cinco (05) y mínima de cero (0). Fuente: elaboración propia

La Figura 8 exhibe los resultados obtenidos de la encuesta llevada a cabo para evaluar el nivel de conocimiento sobre eficiencia energética en un contexto general. Se representan las distintas áreas de la planta junto con su respectivo promedio de calificación, el cual se obtiene a través del cálculo de la media aritmética de las evaluaciones individuales. Este promedio se obtiene

sumando todas las calificaciones y dividiendo el resultado entre el número total de evaluaciones. Se optó por este enfoque metodológico con el propósito de presentar los resultados por áreas en lugar de individualmente.

De conformidad con lo anterior, las áreas de seguridad y calidad destacan al obtener una calificación promedio de cinco (05), la máxima puntuación posible, seguidas por el área de mantenimiento con un promedio de 4.8. Sin embargo, se observa que cuatro áreas, equivalentes al 36%, presentan un promedio por debajo de la puntuación 4, indicando un conocimiento limitado sobre la norma ISO 50001. Es relevante señalar que, a pesar de esta limitación, en general se evidencia familiaridad con los métodos de ahorro energético, y que en la planta se implementan estrategias de excelencia operacional.

1.1.2.5. Medio

La planta, dispone de una buena exposición a la luz solar, la cual hasta el momento no ha sido completamente aprovechada para generar una fuente adicional de energía. Esta observación se verificó durante las visitas a la planta, las cuales incluyeron una evaluación del entorno ambiental. (*Ver Anexo A. Formato de Visita Inicial).*

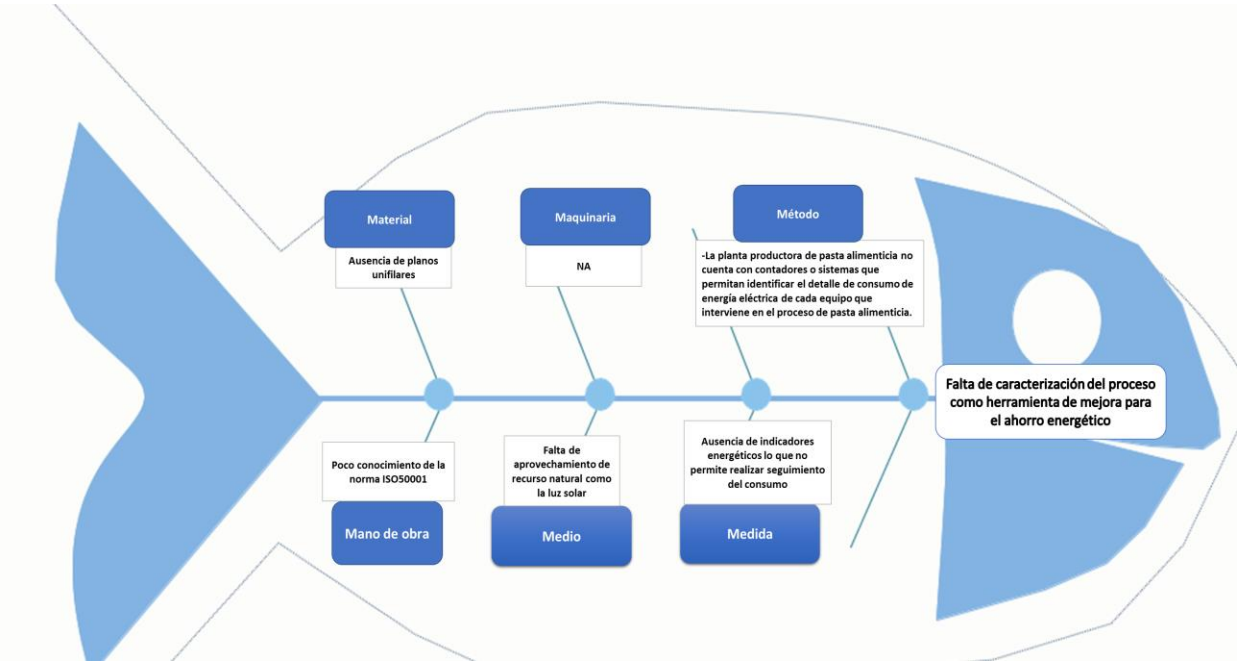
1.1.2.6. Medida

En la planta, la ausencia de indicadores energéticos impide llevar a cabo un seguimiento efectivo del consumo de energía, a menos que se examine detenidamente la información detallada de la facturación. Ver Anexo A. Formato de Visita Inicial.

Problemáticas encontradas

Figura 9.

Problemas presentados en la planta de pasta alimenticia.



Fuente: elaboración propia

1.2. Formulación del problema

¿Cómo caracterizar el proceso de producción de pasta alimenticia en cumplimiento de la norma ISO 50001 en términos de gestión energética?

1.3. Sistematización

- ¿Cómo realizar un diagnóstico energético de la planta productora de pasta alimenticia, según la norma ISO 50001?

- ¿Cuáles son las oportunidades de mejora en la eficiencia energética de acuerdo con los patrones de consumo y las tendencias más destacadas en el uso de la energía eléctrica, con base en la norma ISO 50001?
- ¿Qué planes de acción y control se pueden proponer para la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia, según la ISO 50001?
- ¿Cuál es la evaluación económica que revela los beneficios vinculados a los costos de implementar el sistema de gestión de la energía propuesto?

1.4. Justificación

El propósito de este proyecto radica en identificar el comportamiento del consumo energético y la producción en la planta productora de pasta alimenticia, con el fin de realizar cálculos mediante herramientas estadísticas, los cuales, darán resultados que permitirán identificar oportunidades de mejora en el desempeño energético.

Considerando esto, el objetivo es proporcionar recomendaciones para la implementación de mejoras en los procesos, detectando cualquier deficiencia que pueda afectarlos. Además, este enfoque permitirá a la planta conocer los estándares establecidos por la norma ISO 50001, junto con sus directrices y planes de acción, con el propósito de que los distintos roles dentro de la organización puedan llevar a cabo prácticas efectivas de ahorro energético.

Una vez que se haya completado la caracterización de los procesos de la planta, será posible establecer tanto el monitoreo como la ejecución de los planes de acción para la mejora continua, lo que permitirá un control más eficiente de los recursos.

Cabe resaltar, que cualquier estrategia que encontremos posteriormente en el estudio es solamente una propuesta, es decir, que *la empresa productora de pasta alimenticia* será delegada de proporcionar los recursos económicos para su implementación.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Proponer la caracterización del proceso productivo de una industria de pasta alimenticia mediante la gestión energética según la norma ISO 50001.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico energético de la planta productora de pasta alimenticia, según la norma ISO 50001.
- Identificar los patrones de consumo en la empresa productora de pasta alimenticia y las tendencias más destacadas en el uso de la energía eléctrica, con base en la norma ISO 50001.
- Definir planes de acción y control para la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia, según la ISO 50001.
- Evaluar económicamente los beneficios asociados a los costos de la implementación de la propuesta del sistema de gestión de la energía

3. Marco referencial

3.1. Antecedentes

En nuestro país existe una Red de Aprendizaje de Sistemas de Gestión Energética, es una iniciativa que tiene como objeto reducir el consumo de energía y mejorar las prácticas manufactureras, para garantizar la sostenibilidad ambiental y disminuir los impactos del cambio climático.

Las empresas que conforman esta red incluyen a JGB S.A, Cartón de Colombia, Compañía Nacional de Levaduras, Siderúrgica de Occidente, Industria Nacional de Gaseosas, Compañía Nacional de Chocolates, Bio D, Sociedad Industria de Grasas Vegetales, Empacor S.A, Esenttia S.A, Grupo Siderúrgico Reyna SAS, Nuvant S.A, Colombina del Cauca, Anhidridos y Derivados de Colombia SAS, Holcim Colombia S.A y Ladrillera Helios S.A. Estas compañías líderes en diversos sectores del país fundamentan su conocimiento en experiencias y aprendizajes compartidos con empresas de todos los tamaños, desde micro, pequeñas y medianas empresas hasta multinacionales.

A través de estos casos de éxito, se puede inspirar a otras empresas del sector industrial, como la planta productora de pasta alimenticia ubicada en Villa Rica, a emprender investigaciones sobre el uso eficiente de la energía eléctrica. Esto les permitirá beneficiarse de oportunidades de crecimiento, mejorar su posición y confiabilidad tanto con los clientes como entre sus competidores (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, s.f.).

La estructura de un sistema de gestión de energía se compone de una serie de actividades interconectadas que abarcan la implementación, operación y mantenimiento, siguiendo la metodología PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). Esta metodología busca integrar las mejores prácticas en la gestión energética en todos los sectores y niveles de la organización, con

el objetivo de lograr una mejora continua en el desempeño energético. (Caicedo, Avella, Rodríguez, & Salas, 2019)

3.2. Marco Conceptual

Eficiencia energética: Proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía. (Peña & Sánchez, 2012)

ISO 50001: ISO 50001 establece un marco para administrar la energía en la totalidad de las organizaciones (instalaciones industriales, comerciales, institucionales y gubernamentales). Esta certificación apoya a las organizaciones nacionales e internacionales impulsando el buen uso de la energía y el buen manejo de los recursos naturales. (ICONTEC, s.f.)

Pasta alimenticia: La Pasta alimenticia es un producto alimentario obtenido por desecación de una masa no fermentada elaborada con sémolas, semolinas o harinas procedentes del trigo duro, semiduro o trigo blando y mezcladas con agua. (Nutriausiro , s.f.)

Línea de base energética: Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético (Campos)

Línea meta energética: Potencial de ahorro por reducción de la variabilidad operacional del consumo de energía (Colombia productiva; Colombia UK Pact; Bancoldex; CAEM; Cámara de comercio de Bogotá; Carbon trust; Consejo Cololmbiano de eficiencia energética)

Índice de consumo base: Cantidad de energía necesaria para producir una unidad de producto (Crespo)

Cusum: Los gráficos CUSUM se basan en la representación de la acumulación de las desviaciones de cada observación respecto a un valor de referencia. (UTEL UNIVERSIDAD)

3.3. Marco teórico

3.3.1. Norma ISO 50001

La ISO 50001 es una norma internacional voluntaria. Se aplica a organizaciones de cualquier tamaño y proporciona requisitos para establecer, gestionar y mejorar su consumo y eficiencia energéticos. Está diseñada para ser compatible y adaptarse con otras normas de sistemas, como la ISO 14001 para sistemas de gestión medioambiental y la ISO 9001 para sistemas de gestión de la calidad. Por tanto, es ideal para integrarla en los sistemas y procesos de gestión existentes, como los de medio ambiente y salud y seguridad.

La norma ISO 50001 ayuda a las instalaciones a evaluar y priorizar la implantación de nuevas tecnologías de eficiencia energética y a mejorar la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía. También crea transparencia y facilita la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos, promueve las mejores prácticas y comportamientos en la gestión de la energía y proporciona un marco para potenciar la eficiencia energética en toda la cadena de suministro además de facilitar las mejoras en la gestión de la energía para los proyectos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.(DNV)

3.3.1.1. Descripción de la Norma ISO 50001

- Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir a una organización seguir un enfoque sistemático para lograr la mejora continua de la eficiencia energética.
- Especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de energía, incluyendo la medición, documentación y presentación de informes, el diseño y las prácticas de adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuya a la eficiencia energética.

- Es aplicable a todas las variables que afectan el rendimiento de energía que puedan ser monitoreadas y la influencia de la organización.
- No establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía.
- Ha sido diseñada para ser utilizada de forma independiente, pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión.
- Es aplicable a cualquier organización que desee asegurarse de que cumple con su política energética establecida y que desea demostrar que esta conformidad se confirma, ya sea por medio de autoevaluación y autodeclaración de conformidad o de la certificación del sistema de gestión energética por una organización externa.
    - Establece también, orientación informativa sobre su uso. (Caicedo, Avella, Rodríguez, & Salas)

3.3.1.2. Beneficios de la norma ISO 50001

Dentro de los beneficios podemos enlistar los siguientes:

- Internos: Reducción de costos (energía y GEI) y sustentabilidad.
- Externos: Aumento de los ingresos (ventas o precio), satisfacer los requerimientos de la cadena de valor y por último valor de marca.

3.3.2. Eficiencia Energética

La eficiencia energética denomina al ahorro de energía o uso eficiente de la energía, el cual tiene un objetivo marcado: reducir la cantidad de energía, que empleamos en proporcionar diferentes tipos de productos y servicios. (Euroinnova)

3.3.2.1. Ahorro energético

El ahorro o eficiencia energética consiste en utilizar la energía de mejor manera. Es decir, con la misma cantidad de energía o con menos, obtener los mismos resultados. Esto se puede lograr a través del cambio de hábitos, del uso tecnologías más eficientes, o una combinación de ambos. (Comisión Federal de Electricidad CFE)

3.3.2.2. Indicadores energéticos

Los indicadores de desempeño energético son las expresiones y valores usados para monitorear, controlar y/o supervisar cambios en el rendimiento de la energía, y reducir pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo lo que permite, a cualquier organización a través de gestión, establecer planes estratégicos para alcanzar metas a corto, mediano y largo plazo, así como obtener y mantener altos niveles de eficiencia energética; pueden expresarse como una simple medida, un cociente o un modelo más complejo (Valverde, López, Salcedo, & Caicedo).

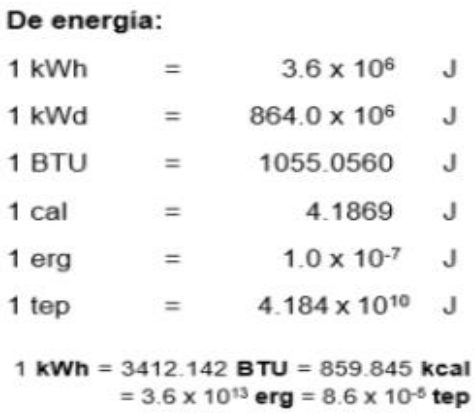
3.3.2.3. Auditoría energética

Las auditorías energéticas son una herramienta que permite a las organizaciones conocer su situación con respecto al uso de energía y detectar cuantitativamente con qué acciones pueden mejorarla. (Gencat)

3.3.2.4. Unidades de energía

Figura 10.

Unidades de energía



Fuente:(Ladetec, s.f.)

4. Metodología

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación adopta un enfoque mixto, combinando elementos descriptivos y cuantitativos para lograr una comprensión global de la sostenibilidad en el proceso de producción de pasta. En primer lugar, se llevará a cabo un análisis descriptivo, consistente en la recopilación de datos concretos sobre el proceso de producción, destacando las prácticas sostenibles aplicadas por las empresas de la industria de la pasta. Este enfoque permitirá comprender en detalle las estrategias adoptadas y su impacto en la sostenibilidad medioambiental. Además, se incorporará un componente cuantitativo que se centrará en la recopilación y el análisis estadístico de datos numéricos, como la producción, los costes energéticos de la planta y el consumo de energía. La combinación de ambos enfoques aportará una visión rigurosa, proporcionando una base sólida para las conclusiones y recomendaciones finales de la investigación.

4.2. Alcance de la investigación

El alcance de este proyecto involucró la identificación metodológica de los consumos energéticos relacionados y no relacionados con la producción. Este proceso nos permitió identificar las áreas con los niveles más altos de consumo de energía. Este enfoque se aplicó en la planta de producción de Villa Rica, abarcando desde la recepción de la materia prima, su transformación hasta la entrega del producto final, así como las áreas de servicios comunes que incluyen las instalaciones de suministro de energía, como calderas, chiller y compresores de aire comprimido.

4.3. Área de estudio

Figura 11.

Ubicación de la planta

Fuente: (Wikipedia, s.f.)

4.4. Proceso metodológico

Para el diseño metodológico de esta investigación, se tomará como punto de referencia un proyecto previamente realizado que resalta la gestión energética de motores. (Becerra, 2011) . Este proporciona un sólido marco teórico que se considera fundamental para guiar y estructurar nuestra propia investigación.

4.4.1. Recolección de información

Con el fin de iniciar el proceso de caracterización y recopilar la información necesaria, se han propuesto tres fases con el objetivo de facilitar los análisis respectivos.

Fase 1. Visitas a la planta

Durante esta etapa, se realizarán visitas con el fin de diagnosticar el estado actual de la planta, es decir identificar y documentar, procesos, equipos, controles, documentos e indicadores que determinan la eficiencia energética de la planta productora de pasta alimenticia ubicada en la sede de Villa Rica.

Serie de la fase 1:

- Realizar visitas simultáneas a la planta: Se utilizará un formato para documentar la situación y los controles actuales. *Ver anexo A. Formato de visita inicial.*
- Reconocer los procesos. *Ver Figura 3. Diagrama de flujo por niveles del proceso productivo de pasta alimenticia.*
- Identificar equipos. Ver Tabla 5. Inventario de equipos.

Fase 2. Recopilación de datos históricos

En esta etapa se planea realizar la recopilación y análisis de datos reales provenientes de las facturas de energía eléctrica, con el fin de realizar un comparativo entre consumo energético y producción del periodo 2022 al 2023.

Serie de la fase 2:

- Obtener y documentar los datos de facturación energética, para analizar consumos y producción mensual.
- Con los datos anteriormente documentados, identificar y analizar el comportamiento energético de la planta productora de pasta alimenticia mediante la utilización de herramientas estadísticas (línea base, línea meta, diagrama de Pareto, diagrama de Sankey).
- Identificar los potenciales de ahorro.

- Evaluar resultados obtenidos de la revisión energética con el fin de establecer objetivos y metas.

Fase 3. Desarrollo y propuestas

En esta fase, se presentan las soluciones potenciales a manera de recomendación, destinadas a mejorar la eficiencia energética de los procesos, lo que conlleva a una mayor confiabilidad en las operaciones y un rendimiento energético.

Series de la fase 3.

- Proponer sugerencias enfocadas en la optimización energética, las cuales, al mismo tiempo, generarán ahorros económicos.
- Fomentar la preservación de una cultura organizacional consciente mediante la motivación de todo el personal en todos los niveles de la organización, con el objetivo de impulsar acciones que conduzcan a una disminución en el consumo de energía eléctrica

Para el desarrollo de este proyecto, se adoptó un enfoque analítico basado en un modelo estadístico que se centra en el ahorro mediante el control de variables de operación. Se centró en una ecuación modelo, que consiste en utilizar la variable independiente X (producción) y variable dependiente Y (consumo de energía eléctrica) por medio de la herramienta de Microsoft, Excel se realizan fórmulas para obtener como resultado desviación estándar, porcentaje ahorro por operación y mantenimiento, producción crítica, y finalmente porcentaje de ahorro de planificación de la producción.

Se emplea una metodología analítica y cuantitativa para examinar en detalle los datos recopilados, centrándose en el consumo de energía, los costos asociados y los no asociados a la producción, este enfoque implica una revisión exhaustiva de facturas, fuentes documentales y análisis de información histórica para identificar patrones, y variables relevantes de medición. La

estadística descriptiva se usa para medir las tendencias de los diagramas de dispersión, que permiten comparar y validar la relación de producción y consumo de energía eléctrica.

De esta manera, se respalda la propuesta presentada para mejorar la eficiencia energética de una empresa productora de pasta alimenticia por medio de indicadores energéticos de acuerdo con la norma ISO 50001

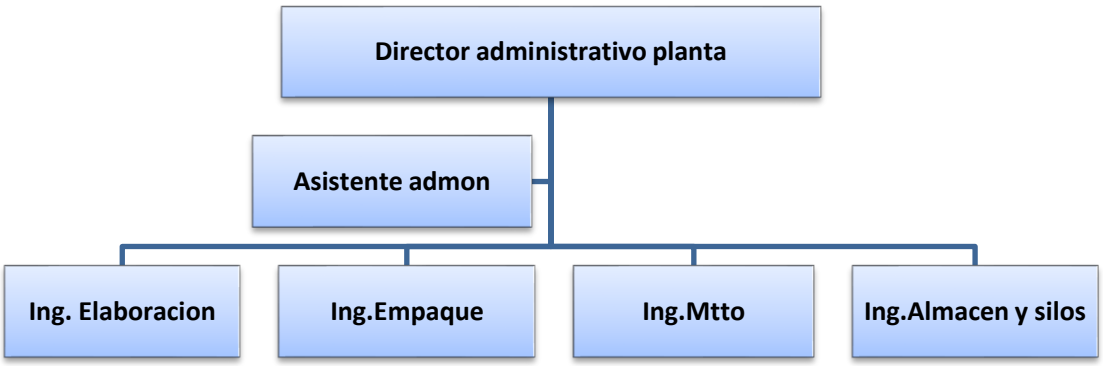
4.4.2. Diagnóstico de la organización

4.4.2.1. Organigramas

La planta productora de pasta alimenticia está organizada de la siguiente manera, relacionamos el organigrama de la empresa, tal como se observa en la Figura 12 y 13.

Figura 12.

Organigrama de la planta



Fuente: elaboración propia

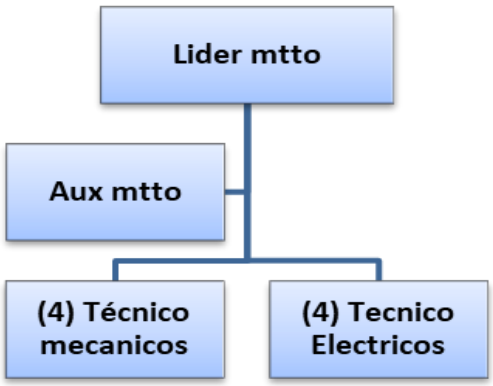
El director administrativo de la planta planifica los procedimientos y sistemas administrativos, seguido la asistente de administración, que coordina y hace seguimientos a dichos procesos; los ingenieros, encargados de supervisar y controlar estos procesos son su principal responsabilidad. Esto incluye la implementación de prácticas que garanticen la optimización de

recursos, la seguridad operativa y el cumplimiento de estándares de calidad. Los ingenieros supervisan la coordinación de las operaciones diarias, el análisis de datos, la identificación de áreas de mejora y la propuesta de soluciones para aumentar la eficiencia y reducir los costos.

El jefe de mantenimiento tiene a su cargo un equipo de técnicos: Cuatro (04) eléctricos y cuatro (04) mecánicos, a continuación, presentamos el organigrama del departamento de mantenimientos.

Figura 13.

Organigrama departamento de mantenimiento



Fuente: elaboración propia

Funciones del líder de mantenimiento

- Mantenimiento general de los equipos de producción. Que estén en óptimas condiciones de funcionamiento y se conserven a largo plazo.
- Mantenimiento eléctrico mecánico. Hidráulico. neumático y demás
- Programación de los planes de mantenimiento a ejecutar de acuerdo con su periodicidad. Mensual trimestral semestral o anual

- Realizar las respectivas solicitudes de materiales o repuestos para la maquinaria. Mantener un buen stock de estos en almacén
- Programación de los técnicos para ejecutar las labores de mantenimiento

4.4.2.2. Proceso productivo

Materia prima

La materia prima se almacena en silos con una capacidad de 100 toneladas. Los silos se alimentan desde la planta de molino mediante un sistema de transporte neumático. Cada tipo de producto se identifica y almacena en un silo específico. El control y monitoreo del stock y el abastecimiento se llevan a cabo mediante sensores y un sistema de supervisión a cargo de los operarios de elaboración y permite el acceso a los datos necesarios para la gestión de estos procesos. A continuación, en la Figura 14, relacionamos la tabla de silos y sus capacidades en toneladas.

Figura 14.

Silos para almacenamiento de harinas.

SILOS	CAPACIDAD EN TONELADAS	CONTENIDO
Silo 1	100	Harina de semola durum
Silo 2	100	Harina de semola durum
Silo 3	100	Harina de semola durum
Silo 4	100	Harina de semola durum
Silo 5	100	Harina de semola durum
Silo 6	100	Harina de semola durum
Silo 7	24	Harina recuperada - remolida
Silo 8	100	Harina de semola durum
Silo 9	100	Harina de semola durum

Fuente: *Información proporcionada por la empresa en estudio*

Los silos son los encargados de almacenar la materia prima formulada, protegiéndola de factores ambientales que puedan afectar la calidad.

Sistema de distribución de materia prima

El sistema de distribución es encargado de formular y enviar las materias primas a cada línea de proceso. Cada referencia cuenta con recetas prescritas específicas para el sistema, por lo que una vez formulado el lote (cada Tonelada) el material se transporta mediante un sistema neumático a cada línea de proceso.

Sistemas de dosificación de agua y sémola

Dosificación de Sémola:

La sémola, ingrediente principal de la producción de pasta alimenticia, se distribuye en las cantidades requeridas a través de transportadores de tornillo, cintas transportadoras o diferentes sistemas al proceso de mezclado y amasado.

Dosificación de Agua: La sémola requiere mezclarse también con el agua, el cual es el segundo ingrediente principal, esta última se dosifica mediante sistemas que cuentan con válvulas y medidores de flujo para distribuir las cantidades de manera exacta según la prescripción del producto.

Mezclado y Amasado de los Ingredientes

El mezclado y amasado es el proceso donde se combinan los ingredientes (Sémola, agua, colorantes y conservantes).

El agua (generalmente caliente a 32º C) y la sémola se introducen en un pre-mezclador, donde se regula el producto antes de ser enviado a la mezcladora principal, que opera con mayor presión de vacío que el pre-mezclador. Durante aproximadamente 15 minutos, el producto avanza hacia la tina de distribución, en la cual se alimentan los tornillos de compresión. Estos tornillos

comprimen el material mediante un molde (Proceso de extrusión), que da la forma del producto. En esta etapa, el producto extruido se cuelga en varillas para su transporte a través de las diversas fases del proceso. Un sistema de corte se encarga de garantizar un tamaño uniforme. Los excedentes del producto son dirigidos al proceso de mezclado nuevamente mediante un triturador, este proceso es conocido como "remolida". Esta operación se lleva a cabo de inmediato después de la mezcla para prevenir fermentaciones, hinchamientos y acidez, factores que podrían afectar la calidad del producto.

El tiempo del amasado debe ser lo más breve posible, demora entre 20 minutos y la masa sale a un 30% de humedad. El amasado debe ocupar las dos terceras partes del volumen de la amasadora. El aire en la amasadora es perjudicial pues se puede ver afectada la presión en el extruido y aparecer pequeñas burbujas en esta pieza las cuales le hacen tomar aspecto opaco en lugar de traslucido, interfiriendo con la percepción del color amarillo y son también un punto de debilidad en el producto deseado. Otro problema relacionado con la presencia de aire concierne a la actividad de la enzima lipoxigenasa la cual afecta también el color. Para evitar este tipo de problemas, se utilizan amasadoras herméticas que operan al vacío.

Extruido y Moldeado

Luego de que las materias primas son mezcladas, pasan al proceso de extrusión, donde un tornillo sin fin ejerce presión constante sobre la mezcla, empujándola hacia un molde. Es esencial que la velocidad de extrusión sea lenta para evitar el recalentamiento de la materia prima. La presión ejercida durante la extrusión es fundamental para evitar la ruptura de las moléculas de agua y sémola, preservando así la calidad del gluten, que a su vez determina la calidad del producto final.

El proceso de extrusión dura aproximadamente dos (02) minutos y contribuye a la formación de producto con consistencia maleable. La masa extruida, posteriormente pasa a moldes para dar la forma deseada al producto final. Estos moldes están diseñados para resistir tanto la presión como la temperatura. La velocidad de flujo dentro del molde depende de su diseño, la disposición de los orificios y los materiales utilizados.

Para producir la pasta corta los moldes tienen adecuadas cuchillas en un eje giratorio el cual cumple la función de realizar el corte de la pasta dependiendo de la referencia programada.

Estos dos últimos procesos, el extruido y el moldeado, duran aproximadamente cinco (05) minutos.

Para la pasta corta, hay un proceso adicional, donde las figuras pasan a una operación que se lleva a cabo en una maquina llamada trabato.

Evaporación de agua mediante la maquina Trabato (Aplicable para pastas cortas)

En la maquina trabato, el agua de la pasta es evaporada, y las figuras de pasta corta pasan por una cortina de aire para secarse mediante vibración, conservando así la forma y evitando que se peguen entre sí. En esta etapa la masa pierde un 2% de humedad, es decir se tiene una masa de 28% de humedad.

Enfriado

Consiste en la estabilización de la pasta. De esta etapa la pasta debe salir con una humedad del 13%. Esta operación es previa al empaque. El enfriamiento se realiza hasta temperatura ambiente.

Pre-secado

El pre secado es una etapa donde se extrae un 50% de la humedad. Las variables que se controlan para obtener este valor están relacionadas a la humedad, temperatura y velocidad. En

consecuencia, la temperatura tiene una relación directa con la humedad y está se transfiere al producto a través de radiadores, la relación de estas dos variables y las curvas de secado obedece a un diagrama de secado específico que está determinado por el modelo del equipo, las características tecnológicas del proceso y las características de la máquina.

Se proporciona por los fabricantes de plantas de proceso continuo, con curvas que indican los valores progresivos de la humedad de la pasta en relación con los parámetros del proceso, representados por la temperatura, humedad relativa y el tiempo del proceso. Estas condiciones de proceso se obtienen a través de sistemas automatizados y lazos de control de tipo cerrado.

Secado

El proceso de secado se lleva a cabo mediante corrientes de aire a una temperatura de 70°C. Este proceso debe ser controlado para evitar formación de fisuras en el producto.

En este proceso se logra eliminar aproximadamente un 3% adicional de humedad del producto a medida que la temperatura del aire disminuye.

Enfriamiento

Al finalizar el proceso de secado el producto caliente se transfiere a una zona de enfriamiento. Esta zona usualmente es una cinta transportadora o una superficie plana, que permite la distribución uniforme del producto.

Esta etapa es fundamental para evitar condensación y garantizar la calidad de la pasta, por lo tanto, se monitorea y controla cuidadosamente para asegurar un producto final de alta calidad.

Cortador

Al finalizar el enfriamiento la pasta se corta considerando las dimensiones establecidas por referencia de producto, posteriormente se envía a través de elevadores a envasadoras.

Empacado

Luego del enfriamiento y el corte, las pastas son dirigidas mediante bandas transportadoras a las máquinas empacadoras, las cuales empacan la pasta por referencia de producto (Con un peso establecido). Generalmente la pasta es empacada en bolsas de 250g y 500g, en bolsas de celofán o de plástico, se pesan y se sellan.

Durante este proceso las máquinas cuentan con controles de detección de peso en línea y detectores de metal capaces de rechazar unidades que no cumplan con los requerimientos o especificaciones según la referencia.

Cuando los paquetes de pasta se encuentran listos, son empacados en cajas (dependiendo de la referencia, cada caja cuenta con diferentes cantidades de paquetes de pasta). Las cajas son estibadas y posteriormente enfardeladas para el almacenamiento y despacho.

Paletizado

Este proceso consta en agrupar o apliar cajas con el producto (En este caso pastas alimenticias) en un pallet o estiba, cada estiba cuenta con una cantidad definida de cajas según la referencia de producto.

Enfardelado

Este proceso también es conocido como stretchado, donde un film o película plástica envuelve y agrupa la estiba palletizada, para su posterior almacenamiento.

4.4.3. Diagnóstico energético

4.4.3.1. Manejo de la información histórica de energía y producción.

La empresa cuenta con registros de consumo energético con cortes mensuales, los cuales son cruzados contra la producción realizada en dicho periodo, se tomó la información Histórica desde el año 2022 hasta el mes de abril de 2023. Es importante destacar que esta fue la única

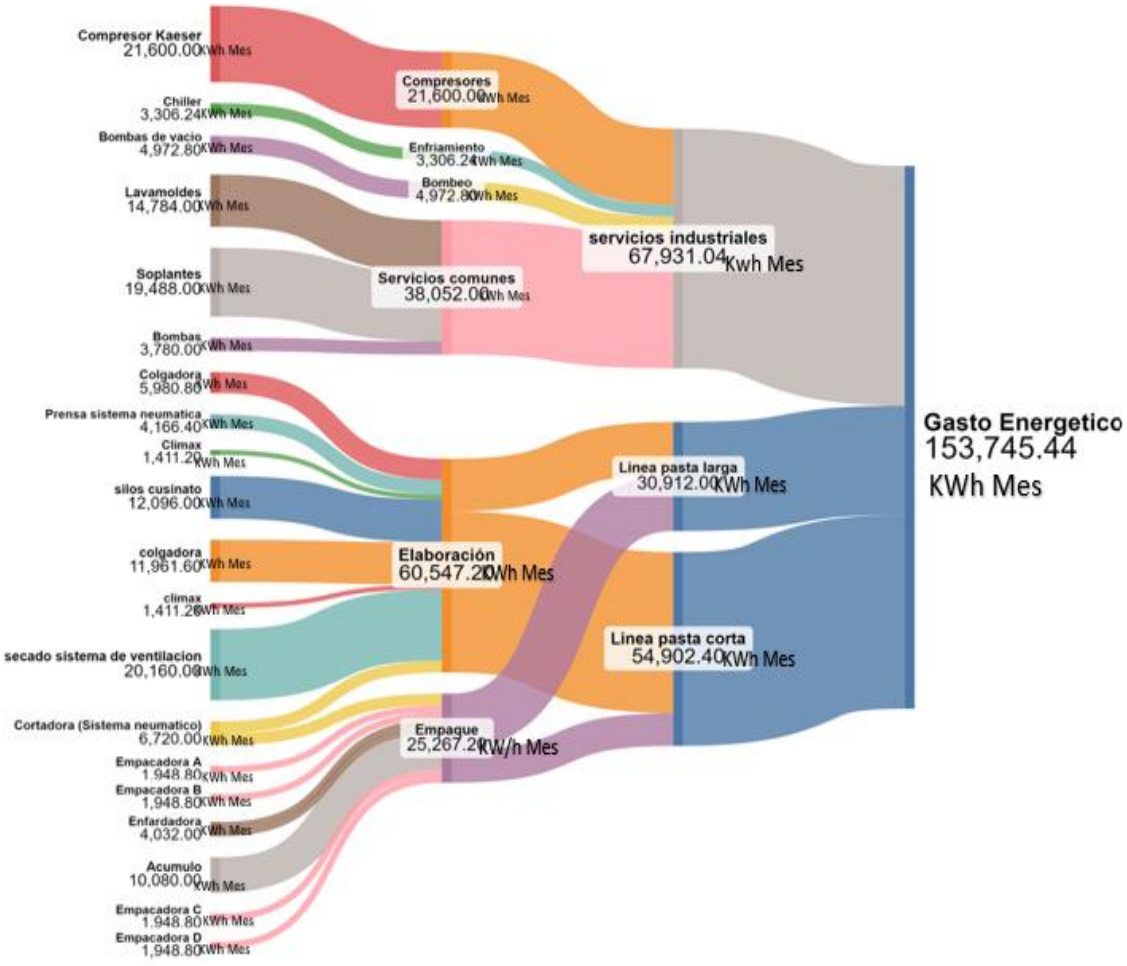
información proporcionada por la compañía, ya que se restringió el acceso a facturaciones anteriores.

4.4.3.2. Balance por procesos

A continuación, en la Figura 15, se presenta el diagrama de Sankey con el propósito de analizar la relación entre los energéticos primarios y secundarios en la planta productora de pasta alimenticia, además de evaluar la presencia de residuos significativos no aprovechados.

Figura 15.

Diagrama de Sankey



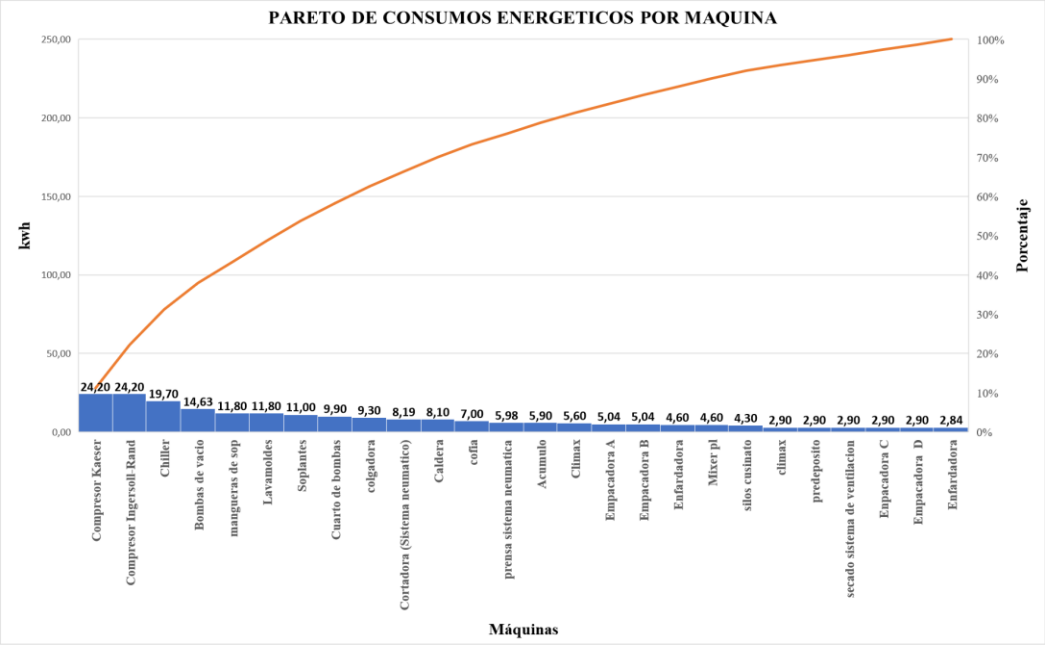
Fuente: (Sankeymatic, s.f.)

A través de Sankeymatic, se creó un diagrama de Sankey como herramienta visual para representar el flujo de recursos dentro de la empresa productora de pasta alimenticia, desde los energéticos primarios hasta la transformación de esa energía (Sankeymatic, s.f.). En este diagrama, los nodos destacan como elementos clave, representando los componentes de cada área del proceso de fabricación de pasta, y las flechas establecen conexiones visualizando el flujo de energía entre ellos. La anchura de cada flecha en este análisis es proporcional a la cantidad de recursos que fluyen a través de dicha conexión, de modo que las flechas más anchas indican flujos más significativos. Al final del ejercicio se logra evidenciar el mayor consumo de energía eléctrica dentro del *proceso productivo* se da en la línea de pasta corta con un consumo de 54,902.40 kwh al mes.

4.4.3.3. Diagrama de Pareto

Figura 16.

Diagrama de Pareto consumo energéticopor máquinas del proceso productivo



Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Figura 16, los quipos con máxima influencia en el consumo de energía eléctrica son los compresores, el chiller y las bombas de vacío. Sumando un total de 68,1 kwh.

4.4.3.4. Caracterización de la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia

Tabla 7**.**

Energía eléctrica vs producción y ecuación modelo

2022-2023 Y= mx+b

Mes	Producción (ton/mes)	Consumo (kwh/mes)	Emodelo (kwh/mes)
Enero	1.840	347.094	345.212
Febrero	1.782	330.021	335.636
Marzo	2.202	409.338	404.982
Abril	1.905	353.231	355.945
Mayo	2.017	387.053	374.437
Junio	2.182	411.712	401.680
Julio	1.891	364.897	353.633
Agosto	2.152	400.516	396.727
Septiembre	2.120	378.931	391.443
Octubre	2.111	387.998	389.957
Noviembre	1.662	313.233	315.823
Diciembre	1.718	338.513	325.069
Enero	1.947	363.510	362.879
Febrero	2.136	387.558	394.085
Marzo	2.034	363.092	377.244
Abril	1.784	323.982	335.966
Totales	**1.968**	**5.860.679**	**5.860.718**

Fuente: elaboración propia

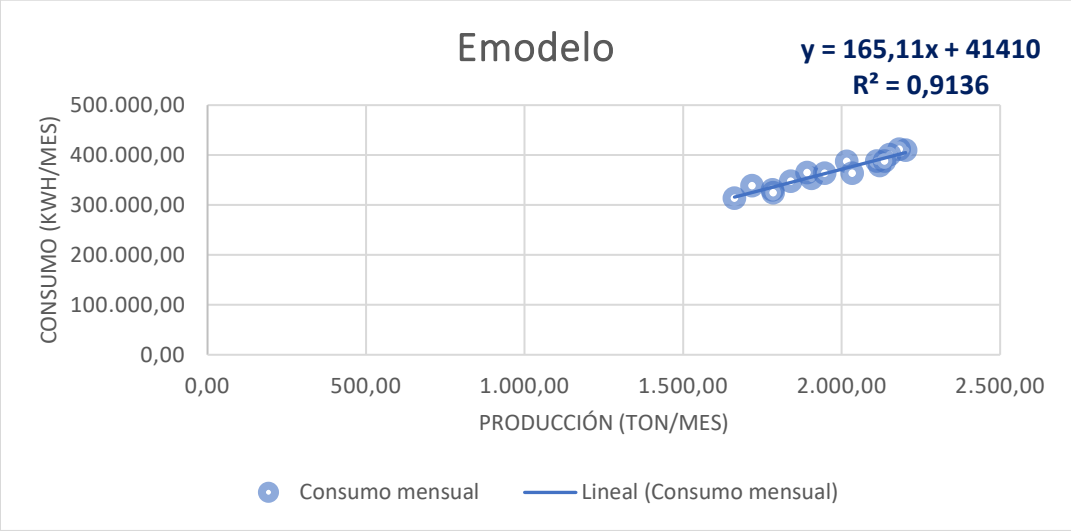
En la Tabla 7, se presenta una comparación entre la producción y el consumo energético durante los años 2022 y parte del 2023. A través de la ecuación Y=mx+b, se establece una línea base que sirve como punto de referencia para evaluar el desempeño energético.

La visualización gráfica de esta información permite determinar si existe una correlación entre el consumo energético y la producción, lo que proporciona conclusiones sobre el consumo actual del proceso. Para analizar esta relación, se aplicará el método de los mínimos cuadrados para calcular el coeficiente de correlación. La representación gráfica de este análisis se muestra a continuación en la Figura 17:

Línea base

Figura 17.

Emodelo. Línea base.



Fuente: elaboración propia

Basándonos en la anterior figura, la pendiente de la recta es de 165,11 kWh, lo cual representa el consumo energético necesario para producir una tonelada de pasta alimenticia. Por otro lado, la energía no asociada a la producción es de 41,410 kWh, siendo esta última la energía que no está directamente relacionada con el proceso productivo y/o la que está siendo perdida durante este proceso.

La ecuación de la gráfica proporciona el coeficiente de determinación (R2), el cual se expresa como un valor entre 0,0 y 1,0. Un valor de 1,0 indica que el modelo es confiable para realizar proyecciones, mientras que un valor de 0,0 indica que no es confiable modelar los datos.

En este caso, el coeficiente de determinación arrojó un resultado positivo, lo que significa que el 91,37% de la variabilidad del consumo energético (en kWh) está explicada por las toneladas producidas. Este hallazgo sugiere una relación significativa entre la producción de pasta alimenticia y el consumo de energía, lo que puede ser útil para las proyecciones y análisis de eficiencia energética en la planta en estudio.

De acuerdo con Satalogos (s.f.), la fórmula del coeficiente de determinación se representa a continuación.

$$R^2 = \frac{(covarianza)^2}{(desviación\ estandar\ de\ x)^2 * (desviación\ estandar\ de\ y)^2}$$

El coeficiente de relación indica cuanta variabilidad del proceso se puede sustentar con las variables independientes.

Una vez establecida la línea base, se elabora la línea meta utilizando como referencia aquellas producciones eficientes, lo que proporciona una representación de los objetivos a los que se aspira. En la Tabla 8 se muestra la línea meta.

Línea meta

Tabla 8**.**

Cálculos línea meta.

Mes	Produccion (ton/mes)	Consumo (kwh/mes)	Emodelo (kwh/mes)	Diferencia (kwh/mes)	Linea Meta (kwh/mes)
Enero	1.840	347.094	345.212		

Febrero	1.782	330.021	335.636	-5.615	330.021
Marzo	2.202	409.338	404.982		
Abril	1.905	353.231	355.945	-2.714	353.231
Mayo	2.017	387.053	374.437		
Junio	2.182	411.712	401.680		
Julio	1.891	364.897	353.633		
Agosto	2.152	400.516	396.727		
Septiembre	2.120	378.931	391.443	-12.512	378.931
Octubre	2.111	387.998	389.957	-1.959	387.998
Noviembre	1.662	313.233	315.823	-2.590	313.233
Diciembre	1.718	338.513	325.069		
Enero	1.947	363.510	362.879		
Febrero	2.136	387.558	394.085	-6.527	387.558
Marzo	2.034	363.092	377.244	-14.152	363.092
Abril	1.784	323.982	335.966	-11.984	323.982
Totales	**1.968**	**5.860.679**	**5.860.718**		

Fuente: elaboración propia

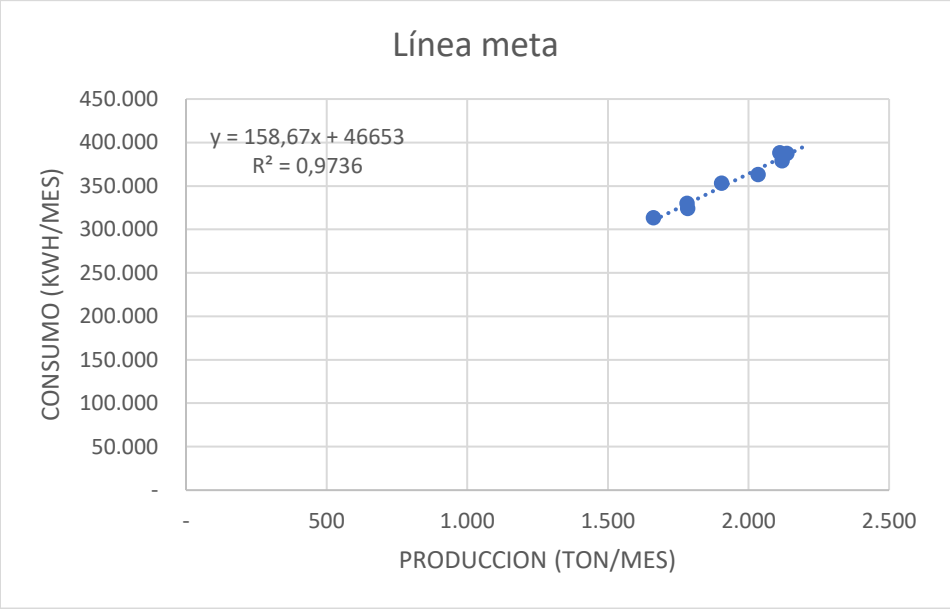
La línea meta se basa en el consumo mensual de energía, expresado en kilovatios-hora (kwh), que se ha obtenido inicialmente. Esta línea meta representa el objetivo a alcanzar en términos de eficiencia y gestión energética. Se considera como la medida clave para evaluar el rendimiento y la mejora en el uso de la energía a lo largo del tiempo.

Para graficar la línea meta, inicialmente se procedió a formular la ecuación modelo con el fin de estimar los consumos ideales de energía eléctrica en el proceso productivo durante cada mes

evaluado. Seguidamente, se obtuvo la diferencia entre el consumo real en kilovatios-hora (kWh) y el consumo previsto por la ecuación modelo. Los valores negativos obtenidos a partir de esta comparación, indican los meses que cumplen o exceden la meta preestablecida. Estos datos obtenidos, en conjunto con la variable de producción expresada en toneladas por mes, se utilizaron para elaborar el gráfico de la línea meta del proceso, que se evidencia a continuación.

Figura 18.

Línea Meta

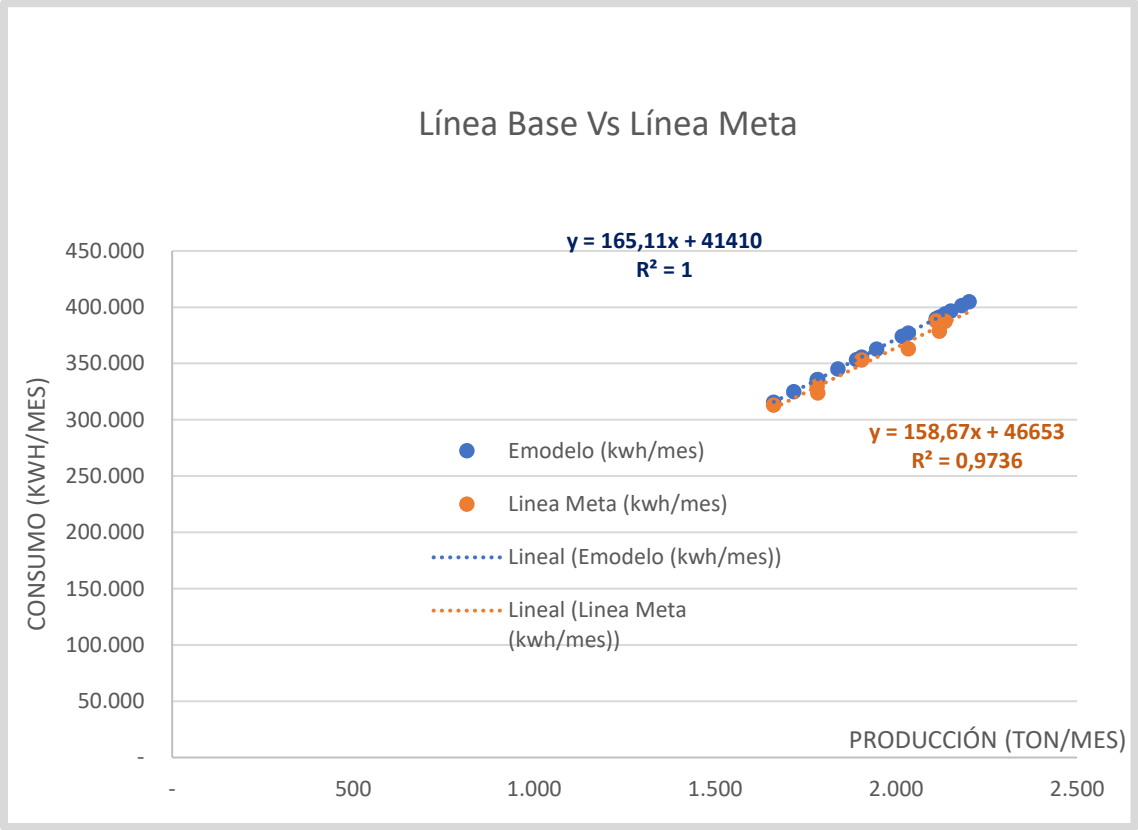


Fuente: elaboración propia

La Figura 18, proporcionó la ecuación de la línea meta y el coeficiente meta de determinación. Posteriormente, se procedió a superponer las dos gráficas generadas, tanto la línea base como la línea meta, permitiendo una comparación visual directa entre los datos observados y los ideales establecidos.

Figura 19.

Línea base vs Línea meta



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Figura 19, se evidencia que el consumo energético actual según la ecuación modelo esta 6.44 kwh por encima de la línea meta establecida.

4.4.4. Índice de consumo base

Se presentan los datos que posibilitan la determinación de la referencia inicial del índice de consumo y la inclinación del consumo con el propósito de identificar la producción crítica (ver Tabla 9).

Tabla 9**.**

Índice de consumo vs. Índice de consumo base

AÑO	MES	PRODUCCIÓN (TON/MES)	CUSUM
2022	ENE	1,840.00	-0.0122312
	FEB	1,782.00	-0.0130404
	MAR	2,202.00	-0.0085403
	ABR	1,905.00	-0.0114108
	MAY	2,017.00	-0.0101787
	JUN	2,182.00	-0.0086975
	JUL	1,891.00	-0.0115804
	AGO	2,152.00	-0.0089417
	SEP	2,120.00	-0.0092137
	OCT	2,111.00	-0.0092924
	NOV	1,662.00	-0.0149914
	DIC	1,718.00	-0.0140300
2023	ENE	1,947.00	-0.0109238
	FEB	2,136.00	-0.0090762
	MAR	2,034.00	-0.0100093
	ABR	1,784.00	-0.0130111
PROMEDIO		**1967.69**	

Fuente: elaboración propia

El índice de consumo representa el consumo energético (Kwh) sobre la producción (ton/mes) representado por la ecuación $IC = \frac{Consumo(khw)}{producción\ (\frac{Ton}{mes})}$ mientras que el índice de consumo base está representado por la ecuación $IC\ Base = \frac{Emodelo(línea\ base)}{producción\ (\frac{Ton}{mes})}$.

Cusum

El *cusum* puede almacenar el resultado estadístico para poder tener una sucesión a futuro y mostrar las desviaciones de las variables (A.Dubey, s.f.) Se encuentra representado por la formula $Cusum = Eo/P^2$, donde Eo, es igual a la energía no asociada a la producción (41.410Kwh) y P, la producción (Ton/mes).

E línea meta

Se encuentra representada por la siguiente ecuación $Elínea\ meta = mm * Producción + Eom$, En esta fórmula, "mm" representa la pendiente de la línea meta, "producción" denota la cantidad mensual de producción en toneladas, y "Eom" corresponde a la energía no asociada a la producción de la línea meta. En este caso, se espera que el proceso productivo consuma 158.67 kWh al mes según la meta establecida, lo que sugiere un excedente de aproximadamente 6.44 kWh/mes en el consumo actual.

Ei2

Este ítem corresponde a la potencia cuadrada de la variable de consumo (Kwh/mes), Este procedimiento se realiza con el fin de facilitar el análisis estadístico posterior, ya que ayuda a mitigar la influencia de valores atípicos y mejora la capacidad para identificar tendencias significativas en los datos.

Ei*Pi

Este concepto se representa con la siguiente ecuación $Ei * Pi = Producción\ \left(\frac{Ton}{mes}\right) * Consumo\ energético\ (\frac{khw}{mes})$

Desviación estándar

Tabla 10**.**

Desviación estándar

Desviacion estandar		
A	Suma Ei2	2.160.575.499.975,00
B	Eo * Suma Ei	242.690.717.390,00
C	m* Suma(Ei*Pi)	1.916.702.023.533,99
	n-2	14,00
	(A-B-C)/(n-2)	84.482.789,36
Desv		9.191,45

Fuente: elaboración propia

La ecuación que determina el valor de la desviación es $Desv = \sqrt{\frac{(SumeEi - Eo * SumaEi2 - m * Suma(Ei * Pi)}{n-2}}$.

La desviación estándar indica la dispersión de los datos con respecto a la media del conjunto de valores. En este caso, el conjunto de valores evaluados corresponde a la suma de las potencias cuadradas del consumo mensual, al consumo energético según la línea base multiplicado por la suma de las producciones mensuales, y a la pendiente de la recta multiplicada por la suma de los EI*PI. Estos datos se dividen por 16 (la cantidad de meses estudiados) menos 2. Posteriormente, a esta media obtenida se le saca la raíz cuadrada para hallar la desviación del proceso.

Todos los cálculos anteriores facilitarán el cálculo de los posibles ahorros para la planta productora de pasta alimenticia, tanto en términos de ahorros potenciales por operación y mantenimiento, como por planificación y producción.

Potencial de ahorro de operación y mantenimiento

Este término se encuentra representado por la ecuación: $P - ahorro = P * (m - mm) + (Eo - Eom)$. Donde:

P, representa la producción (en Ton/mes).

m es la pendiente que representa el consumo energético para obtener una (01) tonelada de pasta alimenticia.

mm es la pendiente de la línea meta, es decir, el costo meta estimado para producir una tonelada de pasta alimenticia.

Eo, es la energía base no asociada a la producción.

Eom, es la energía meta no asociada a la producción.

El porcentaje de potencial de ahorro por operación y mantenimiento se calcula utilizando la fórmula previamente mencionada *(P-ahorro = P*(m-mm) + (Eo-Eom)).* Posteriormente, se obtiene el porcentaje de potencial de ahorro dividiendo la suma de los consumos mensuales entre la suma de los potenciales de ahorro hallados por mes.

Tabla 11**.**

Potencial de Ahorro operación y mantenimiento

P. ahorro por Operación y mantenimiento	
P.Ahorro	P*(m-mm)+(Eo - Eom)
Consumo Suma	5.860.679,00
P-ahorro suma	118.862,52
P-Ahorro	2%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 11, se presenta el resultado del porcentaje de potencial de ahorro del 2%. Este cálculo se basa en el costo promedio de un kilovatio-hora (kWh) para la planta productora de pasta alimenticia, establecido en $500 según el contrato con ISAGEN. La suma del potencial de ahorro, que totaliza 118,862.52, se multiplicó por este costo, dando como resultado un total de $59.431.260 COP.

En otras palabras, el ahorro potencial de operación y mantenimiento asciende a $59.431.260 COP al año.

Potencial de ahorro de planificación y producción

Este término se encuentra representado por la ecuación: $P - ahorro = (Icm - Iccri) * P$. Donde:

Icm, es el promedio de índice de consumos mensuales (Kwh/mes)

Iccri, que representa el valor mayor inicial de los índices de consumo (Kwh)

P, representa la producción (en Ton/mes).

Tabla 12**.**

Potencial de Ahorro planificación y producción

P. ahorro planificacion de la produccion	
P.ahorro = (Icm - Iccri)*P	178830,00
Icm	186,3197667
Iccri	192,00000000
Sumatoria consumo KW/h	5.860.679
Porcentaje del P. ahorro	3%

Fuente: elaboración propia

Según la Tabla 12, el porcentaje de potencial de ahorro por planificación y producción se calcula dividiendo la fórmula previamente mencionada $(P - ahorro = (Icm - Iccri) * P)$ entre el resultado de la suma de los consumos (kwh). Para calcular el costo del ahorro, se multiplicó el potencial de ahorro por el costo estipulado en el contrato con ISAGEN ($500 COP), dando como resultado un ahorro de $89.415.000 COP al año.

Tabla 13**.**

Producción crítica

Producción crítica	
Icpromedio	186
Iccritica	192
Producción critica	1.947,00

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 13, el ICM (promedio de índice de consumos mensuales en kWh/mes) se obtiene calculando la media de las sumas de las divisiones entre las variables consumo y producción por mes.

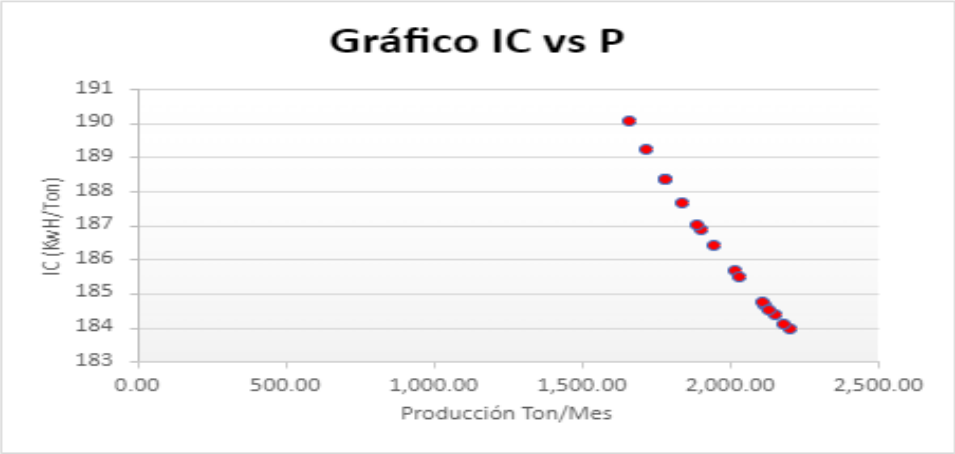
El ICCRI (Índice de consumo crítico) representa el valor mayor inicial de los índices de consumo (Kwh), es decir, el punto crítico de la producción (que se sitúa en enero de 2023), este punto se visualiza en la gráfica como el punto de inflexión donde la tendencia comienza a adoptar una forma horizontal, indicando que la producción será más eficiente alrededor de este umbral. Este punto se ubica por debajo de la línea meta de la tendencia del índice de consumo. Esto implica que, aunque la empresa realice producciones por encima de este punto, no logrará hacerlo con un menor consumo energético. Por otro lado, si la empresa produce por debajo de este, estaría desaprovechando la capacidad instalada de la planta, lo que resultaría en una operación ineficiente.

4.4.5. Indicador de desempeño energético (base 100, Cusum)

El indicador de rendimiento energético Cusum permite visualizar la dirección del consumo (eficiente o ineficiente) durante diferentes períodos operativos. Continuando con la evaluación de este indicador de rendimiento energético, se puede observar que, durante los primeros doce meses de operación, es decir, de enero a diciembre de 2022 la operación muestra eficiencia, así como en el intervalo de enero a abril de 2023, es decir que a medida que la producción aumenta así mismo el consumo de energía, tal como se refleja en la siguiente Figura 20.

Figura 20.

Pendiente Cusum punto crítico de producción.



Fuente: elaboración propia

4.4.5.1. Personal y procesos que afectan el consumo de la energía

A continuación, se registra el personal y los procesos que utilizan significativamente la energía en la planta.

Tabla 14**.**

Personal de uso significativo de energía en la planta

Uso significativo de energía	% de consumo de consumo de energía sobre el total	Personal responsable	Responsabilidades que pueden influenciar los usos significativos de energía
Calderas	46%	Operador de caldera	Puesta en marcha y parada de la caldera, la presión de funcionamiento, tratamiento del agua, puesta a punto de la combustión, tiempo de purga.
Chiller, tratamiento de aire, torre de enfriamiento	12%	Técnicos de mantemiento	Temperatura del agua refrigerada y condensada, presión de succión y de descarga, carga de refrigerante, nivel de la torre de enfriamiento y limpieza del serpentín del evaporador, calidad y tratamiento del agua fría y del condensado.
Compresor	10%	Personal de producción y técnicos de mantenimiento.	El funcionamiento de los compresores de aire, presión de trabajo, el filtro y los cambios de aceite, mantenimiento y puesta a punto de control, la eficacia y la eficiencia secadora, programación de la purga de condensado
Motores de proceso: Intercambiador de calor, homogenizador,mezcladores, empacadores	4%	Personal de producción	Programación del funcionamiento del motor: encendido y apagado, planificación de la operación para garantizar un alto factor de carga, mantenimiento del flujo de aire de refrigeración del motor.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 14, se encuentran los equipos que representan usos significativos de la energía en la planta productora de pasta alimenticia, junto con sus porcentajes respectivos y las responsabilidades o acciones que estos generan. Se observa que, las calderas representan un 46% del uso energético, el chiller, tratamiento de aire y torre de enfriamiento un 12%, el compresor un 10% y los motores del proceso solo un 4%.

5. Propuestas de mejora

5.1. Diseño del plan de gestión basado en la norma ISO 50001:2018

Tabla 15**.**

Propuesta de plan de gestión basado en la norma ISO 50001:2018

Elemento del Plan de Gestión ISO 50001	**Descripción y Justificación**
1. Contexto de la Organización	Identificación de factores internos y externos que afectan al sistema de gestión de energía (SGE). Establecimiento de la relación entre el SGE y los objetivos estratégicos de la planta de pasta.
2. Liderazgo y Participación del Personal	Designación de un representante de la dirección para liderar el SGE. Involucramiento activo de la alta dirección en la promoción de la eficiencia energética. Sensibilización y capacitación del personal en temas de ahorro energético.
3. Política Energética	Desarrollo de una política energética que refleje el compromiso de la organización con la mejora continua de la eficiencia energética. Alineación con los requisitos de la norma ISO 50001:2018 y comunicación a todas las partes interesadas.
4. Planificación Energética	Establecimiento de objetivos energéticos y metas medibles, considerando el contexto organizacional y los requisitos legales. Desarrollo de un plan de acción para lograr dichos objetivos. Evaluación de riesgos y oportunidades relacionados con la gestión de la energía.
5. Implementación y Operación	Creación de procedimientos y controles para la gestión eficaz de la energía. Asignación de responsabilidades y recursos para implementar acciones específicas. Establecimiento de un sistema de medición y seguimiento del desempeño energético.
6. Evaluación del Desempeño	Monitoreo regular del desempeño energético mediante indicadores clave de rendimiento (KPI). Realización de auditorías internas para evaluar la conformidad con los requisitos del SGE y la identificación de áreas de mejora.

7. Revisión por la Dirección	Evaluación periódica del sistema de gestión de energía por parte de la alta dirección. Revisión de los resultados de auditorías, cumplimiento de objetivos y eficacia del SGE. Toma de decisiones para mejorar la eficiencia energética.
8.Mejora Continua	Implementación de acciones correctivas y preventivas basadas en los resultados de las revisiones y auditorías. Promoción de la mejora continua en todos los niveles de la organización. Actualización constante del plan de gestión de energía en respuesta a cambios internos o externos.

Fuente: elaboración propia

5.2. Socialización del plan

La socialización del plan basado en la norma ISO 50001:2018 implica una comunicación eficaz a todos los niveles de la organización, garantizando una comprensión clara y un compromiso activo con los objetivos de eficiencia energética. Inicialmente, se presenta en detalle el contexto de la organización, destacando los factores internos y externos que afectan al Sistema de Gestión de la Energía (SGE). Esto proporciona a los empleados un marco contextual para comprender cómo contribuyen sus funciones a la consecución de los objetivos energéticos y, por tanto, a la sostenibilidad general de la empresa.

Tanto el liderazgo como la implicación del personal son aspectos cruciales que se comunican en esta fase. Se destaca el nombramiento de un representante de la dirección para dirigir el SGA, lo que indica un compromiso de liderazgo activo en la promoción de la eficiencia energética. Además, se subraya la importancia de implicar a todo el personal en la aplicación de prácticas que contribuyan al ahorro energético, haciendo hincapié en la formación y la sensibilización como elementos clave para el éxito del plan.

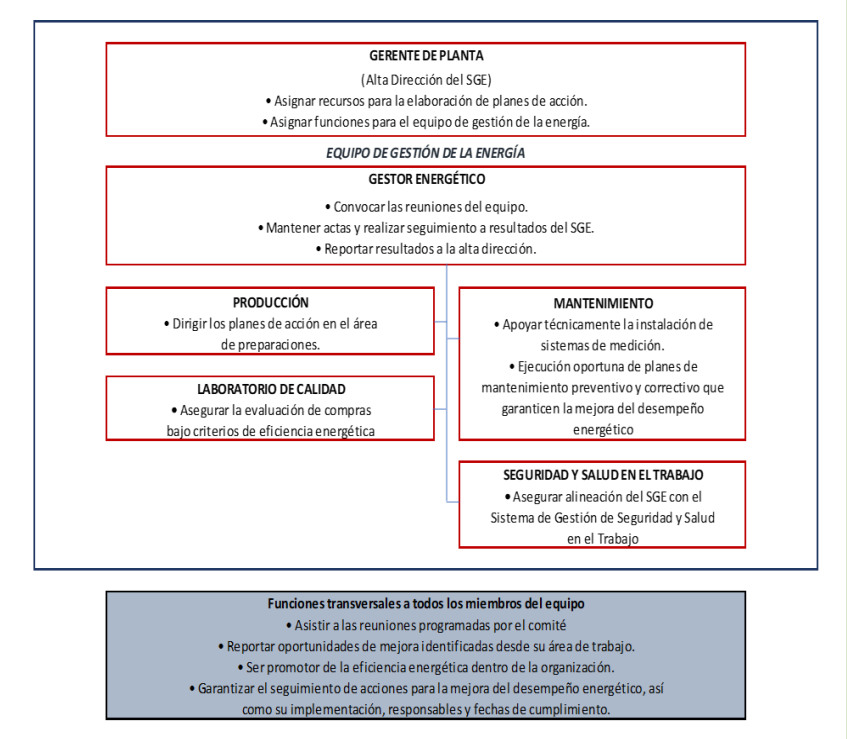
La política energética de la empresa se presenta como un compromiso claro y tangible con la mejora continua de la eficiencia energética, y se comunica su alineación con los objetivos estratégicos de la empresa para demostrar la integración del SGE en la visión global de la empresa.

5.3. Delegación de funciones

Se hace necesario que las funciones para la implementación del sistema de gestión cuenten con responsables directos, es por esto por lo que se propone la generación de un comité energético, con el personal de la planta productora de pasta alimenticia.

Figura 21.

Responsables de la gestión energética



Fuente: elaboración propia

De conformidad con la Figura 21, el representante de la alta dirección será el encargado de

la conformación del comité de la energía. El equipo del comité es el responsable de ejecutar el Sistema de Gestión de la Energía de la planta productora de pasta alimenticia para la sede de Villa Rica. El representante de la alta dirección podrá incluir tantas personas como así lo vea necesario. Se incluirán personas que estén en diferentes posiciones dentro de la planta, tales como, mantenimiento, líder de planta y operadores, quienes darán un enfoque diferente, el momento de toma de decisiones en pro de una mejora en la eficiencia energética.

A continuación, se establecen algunas funciones y responsabilidades del comité de eficiencia energética, quien será responsable de dirigir, coordinar y mantener el sistema de gestión de la energía como también realizar la caracterización de los usos significativos, analizar los resultados y de esta manera identificar oportunidades de mejora y ahorro energético. Finalmente deberá garantizar el seguimiento de las acciones en curso a partir de los indicadores apropiados, realizando un seguimiento de cada proceso.

5.4. Asignación de responsables

Tabla 16**.**

Equipo responsable de la ejecución del SGEn

CARGO	FUNCIÓN
Director de operaciones	Planeación y gestión del proceso productivo y el uso eficiente de la energía en el mismo
Coordinadora de producció	Ejecutar el programa de producción según la planeación, con el fin de consolidar y generar indicadores.
Técnico control de proceso	Asegurar que los parámetros de producción se den conforme a la planeación y el uso eficiente de los recursos productivos.
Coordinador de innovación	Incluir en los equipos y procesos el contemplar el URE. Además, desarrollar equiposeficientes energéticamente.
Director de compras y logística	Gestión de los recursos para adquirir equipos necesarios en la fase de implementación del SGEn, además de evaluar el consumo energético en los mismos.
Coordinador de mantenimiento	Planificar y coordinar la ejecución de los programas de mantenimiento de equipos y componentes eléctricas
Jefe de mantenimiento	Asegurar la implementación, mantenimiento,mejora continua y promoción del SGEn.

Fuente: elaboración propia

Según la Tabla 16, el comité será inicialmente compuesto por el director de operaciones, coordinadora de producción, técnico de control de proceso, coordinador de innovación, director de compras y logística, coordinador de mantenimiento y jefe de mantenimiento.

6. Resultados

6.1. Resultados de objetivo 1. Realizar un diagnóstico energético de la planta productora de pasta alimenticia, según la norma ISO 50001.

Con el propósito de alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo visitas a la planta, durante las cuales se recopilaron datos históricos de facturación proporcionados por la planta productora de pasta alimenticia. Además, se registró información general relacionada con la eficiencia energética, detallada en el Anexo A, bajo el formato de visita inicial.

Tabla 17**.**

Producción y consumo (2022 y 2023)

2022	X	Y
Mes	Producción Ton/mes	Consumo (KWh/mes
Enero	1.840	347.094
Febrero	1.782	330.021
Marzo	2.202	409.338
Abril	1.905	353.231
Mayo	2.017	387.053
Junio	2.182	411.712
Julio	1.891	364.897
Agosto	2.152	400.516
Septiembre	2.120	378.931
Octubre	2.111	387.998
Noviembre	1.662	313.233
Diciembre	1.718	338.513
TOTAL AL AÑO	23.582	4.422.537

2023	X	Y
Mes	Producción Ton/mes	Consumo (KWh/mes
Enero	1.947	363.510
Febrero	2.136	387.558
Marzo	2.034	363.092
Abril	1.784	323.982

Fuente: elaboración propia

Con la información anterior de la Tabla 17, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Producción al año 2022= 23.582 Ton

Consumo año 2022= 4.422.537 Kwh

Producción parcial al año 2023= 7.901 Ton (Hasta el mes de abril)

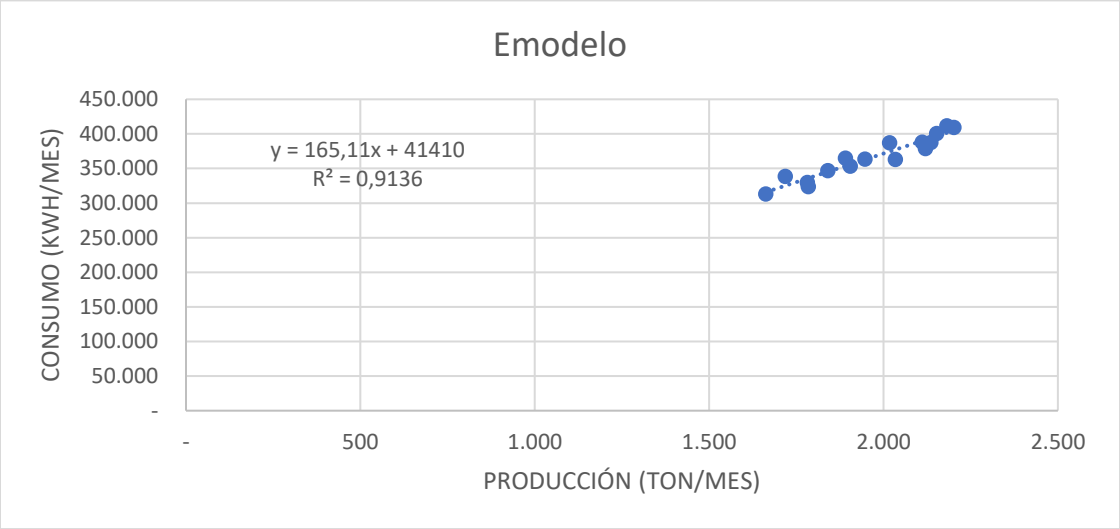
Consumo parcial al año 2023=1.438.141 Kwh

6.2. Resultados de objetivo 2. Identificar los patrones de consumo en la empresa productora de pasta alimenticia y las tendencias más destacadas en el uso de la energía eléctrica, con base en la norma ISO 50001.

Se generó la línea de base energética, la cual implicó la recopilación y análisis de datos históricos sobre el consumo de energía, las prácticas operativas y otros factores relevantes que influyen en la eficiencia energética (ver Figura 22).

Figura 22.

Línea base (Emodelo)



Fuente: elaboración propia

6.3. Resultados de objetivo 3. Definir planes de acción y control para la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia, según la ISO 50001.

Tabla 18**.**

Propuestas según análisis de consumo por áreas

ÁREA	CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL (KWH)	POTENCIAL DE MEJORA	ACCIONES PROPUESTAS
Recepción de Materias Primas	250	Implementación de tecnologías de recepción eficientes	Investigar tecnologías de recepción de materias primas más eficientes energéticamente. Actualización de equipos.
Proceso de Producción	1.500.000	Mejora en la eficiencia de la maquinaria	Evaluar la posibilidad de actualizar maquinaria a modelos más eficientes energéticamente. Realizar mantenimiento preventivo regular.
Almacenamiento y Distribución	120	Optimización de la gestión de inventarios	Revisar y ajustar las políticas de inventario para reducir tiempos de almacenamiento y minimizar pérdidas energéticas asociadas.
Iluminación	30	Transición a iluminación LED	Sustituir sistemas de iluminación actuales por tecnología LED para reducir el consumo energético.

Fuente: elaboración propia

La siguiente Tabla 19, contiene una evaluación detallada de la eficiencia energética de los equipos y tecnologías principales utilizadas en la planta. La Eficiencia energética actual proporciona una base, mientras que potencial de mejora destaca las áreas con mayor potencial de optimización. Las acciones propuestas proponen métodos específicos para mejorar la eficiencia operativa, como modernizar la maquinaria e implementar programas de mantenimiento preventivo.

Tabla 19**.**

Evaluación de Equipos y Tecnologías

Equipo/Tecnología	Eficiencia Energética Actual	Potencial de Mejora	Acciones Propuestas
Maquinaria de Producción	75%	Actualización tecnológica	Evaluar la viabilidad de actualizar la maquinaria a modelos más eficientes energéticamente. Implementar programas de mantenimiento preventivo, dentro de este, hacer uso de la lista de chequeo propuesta de los equipos críticos para detección de anomalías. ***(Ver Anexo B) Macro proceso gestión de infraestructura***
Sistema de Climatización	60%	Mejoras en aislamiento	Realizar inspecciones para detectar y corregir posibles pérdidas de energía debido a un aislamiento deficiente. Considerar la instalación de sistemas de climatización más eficientes.
Sistemas de Iluminación	50%	Transición a iluminación LED	Reemplazar las luminarias actuales con tecnología LED para mejorar la eficiencia energética del sistema de iluminación.

Fuente: elaboración propia

La siguiente Tabla 20, tiene como objetivo encontrar oportunidades para mejorar los procesos productivos en términos de eficiencia energética. Cada proceso se examina en función de su consumo de energía actual y de cómo podría mejorarse. Las Acciones Propuestas incluyen métodos para reducir el consumo de energía, como la optimización de tiempos de operación, la recuperación de calor residual y la mejora de los procesos de empaque.

Tabla 20**.**

Evaluación de Consumo y Oportunidades de Mejora

Descripción	Costo del Consumo Mes	Potencial de Mejora	Acciones Propuestas
Oficinas Administrativas	$ 9,040,644	Implementación de sistemas de gestión de energía para reducir el consumo eléctrico.	Evaluar y actualizar la infraestructura de iluminación. Implementar políticas de apagado automático de equipos no esenciales fuera del horario laboral.

Línea de Pasta Larga	$ 68,139,669	Actualización de maquinaria a modelos más eficientes energéticamente y optimización de procesos de producción.	Realizar un análisis de la eficiencia de la maquinaria actual. Implementar tecnologías de control avanzadas para minimizar tiempos de inactividad.
Empaque Pasta Larga	$ 7,902,193	Mejora en la eficiencia de los sistemas de empaque y uso de materiales más eficientes.	Revisar y optimizar los procesos de empaque. Evaluar opciones de materiales de empaque más sostenibles.
Línea Pasta Corta	$ 32,111,028	Actualización de maquinaria y optimización de la gestión de inventarios para reducir los tiempos de producción.	Evaluar la viabilidad de la actualización de maquinaria. Implementar prácticas de gestión de inventarios eficientes.
Empaque Pasta Corta	$ 7,584,096	Mejora en la eficiencia del empaque y reducción de pérdidas durante el proceso.	Optimizar los procedimientos de empaque para minimizar tiempos y reducir desperdicios.
Remolida	$ 5,508,096	Implementación de tecnologías de reciclaje más eficientes y recuperación de calor residual.	Evaluar y actualizar los equipos de reciclaje. Investigar la posibilidad de recuperar y reutilizar el calor residual en otros procesos.
Servicios Generales	$38,188,350	Optimización de la gestión de edificios y uso eficiente de sistemas de climatización.	Implementar sistemas de monitoreo y control automático para optimizar la gestión de edificios. Realizar auditorías energéticas regulares para identificar áreas de mejora en la climatización.

Fuente: elaboración propia

- **Proponer planes de acción y control para la eficiencia energética en la planta productora de pasta alimenticia, según la ISO 50001.**

La eficiencia energética es crucial para la planta productora de pasta alimenticia porque reduce los costos operativos, cumple con los estándares ambientales y fortalece la sostenibilidad empresarial. La norma ISO 50001 ofrece un marco sólido para la creación, implementación y mejora de un Sistema de Gestión de Energía (SGE). Para garantizar un enfoque sistemático y

sostenible en línea con los requisitos de la norma, se proponen planes de acción y control para optimizar la eficiencia energética de la planta (ver Tabla 21).

Tabla 21**.**

Plan de Acción para Eficiencia Energética - Implementación de SGE

Área	Objetivo	Acciones Clave	Responsable	Indicadores de Éxito
Oficinas Administrativas	Reducción del 15% en el consumo de energía eléctrica.	-Implementar iluminación LED. - Establecer políticas de gestión de energía.	Responsable de SGE	Reducción del consumo eléctrico del 15% en un trimestre.
Línea de Pasta Larga	Aumento del rendimiento en un 20%.	-Actualizar maquinaria a modelos eficientes energéticamente. -Implementar prácticas de mantenimiento preventivo.	Responsable de Producción	Aumento del rendimiento del 20% en un semestre.
Empaque Pasta Larga	Reducción del 10% en las pérdidas durante el proceso de empaque.	- Optimizar procesos de empaque. -Implementar materiales de empaque más eficientes.	Responsable de SGE	Reducción del 10% en pérdidas de empaque en un trimestre.
Línea Pasta Corta	Reducción del 15% en el consumo de energía y tiempo de producción.	-Actualizar maquinaria a modelos eficientes energéticamente. - Optimizar la gestión de inventarios.	Responsable de Producción	Reducción del 15% en consumo de energía en un trimestre.
Empaque Pasta Corta	Mejora del 10% en la eficiencia del proceso de empaque.	-Optimizar procedimientos de empaque. - Implementar tecnologías de empaque eficientes.	Responsable de SGE	Aumento del 10% en eficiencia de empaque en un trimestre.
Remolida	Reducción del 5% en el consumo de energía y mejora del proceso de reciclaje.	- Evaluar y actualizar equipos de reciclaje. -Investigar la recuperación de calor residual.	Responsable de SGE	Reducción del 5% en consumo de energía en un trimestre.
Servicios Generales	Reducción del 20% en el consumo de energía.	-Implementar sistemas de gestión de edificios eficientes.	Responsable de SGE	Reducción del consumo eléctrico del 20% en un semestre.

		- Realizar auditorías energéticas regulares.		

Fuente: elaboración propia

El "Plan de Control para Eficiencia Energética" de la planta productora de pasta alimenticia se centra en la monitorización y medición de parámetros importantes, como se muestra en la Tabla 22. Este plan asegura un monitoreo riguroso y sistemático para evaluar el desempeño energético en áreas críticas, asegurando la conformidad con los objetivos establecidos y permitiendo una respuesta proactiva a cualquier desviación. Para mantener un sistema de gestión de energía que cumpla con los principios de la norma ISO 50001, es necesario implementar este plan.

Tabla 22**.**

Plan de Control para Eficiencia Energética - Monitoreo y Medición

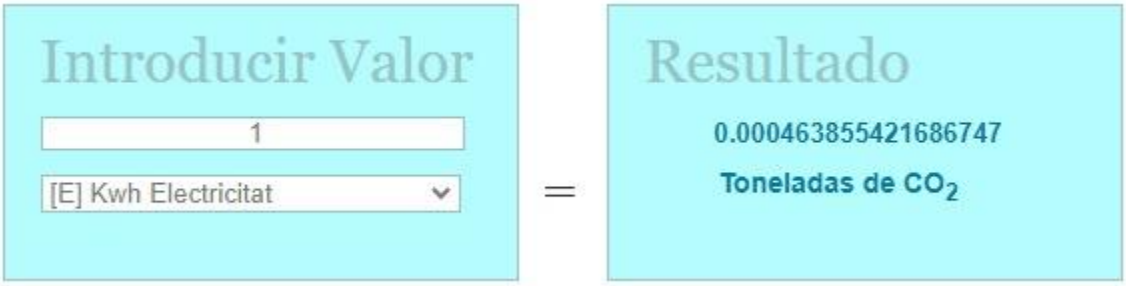
Parámetro Para Monitorear	**Método de Medición**	**Frecuencia de Monitoreo**	**Criterios de Control**	**Acciones Correctivas**
Consumo Energético Total	Contadores de Energía	Mensual	Desviación del 5% respecto al plan.	Adopción de sistemas actuales (Tecnológicamente hablando)
Eficiencia de Maquinaria	Análisis de Rendimiento	Trimestral	Reducción del rendimiento del 10%.	Incluir la implementación, evaluación y monitoreo constante de los indicadores de mantenimiento
Pérdidas en Proceso de Empaque	Registro de Pérdidas de Material	Mensual	Aumento del 5% en pérdidas.	Optimizar procedimientos y evaluar materiales alternativos.

Fuente: elaboración propia

Emisiones de CO2

Tabla 23**.**

Conversión Kwh a Toneladas de Co2



Fuente: https://www.ada-c.com/es/conversor-co2.html

Tomando en cuenta la equivalencia de 1 kilovatio-hora (Kwh) que corresponde a 0.000463855421686747 toneladas de CO2 y considerando el potencial de ahorro derivado de operaciones y mantenimiento, que asciende a 118,862.52 Kwh, se puede inferir que se lograría una reducción significativa en las emisiones de dióxido de carbono (CO2) (ver Tabla 23). En concreto, este ahorro se traduce en la mitigación de aproximadamente 55.13 toneladas métricas de CO2.

6.4. Resultados de objetivo 4. Evaluar económicamente los beneficios asociados a los costos de la implementación de la propuesta del sistema de gestión de la energía

La implementación de un Sistema de Gestión Energética (SGE) conlleva unos costes iniciales, pero éstos deben evaluarse en relación con los beneficios económicos a largo plazo. En este apartado se realizará una evaluación económica para conocer la rentabilidad del SGE propuesto en la planta de producción de pasta. Para ello, definiremos valores para los costes de

implantación y analizaremos así los beneficios en términos de ahorro de costes y eficiencia operativa.

Tabla 24**.**

Costos de Implementación del SGE

Concepto de Costo	**Descripción**	**Monto ($)**
Consultoría para Implementación	Contratación de expertos para guiar la implementación del SGE.	$ 20.000.000
Actualización de Maquinaria	Adquisición y actualización de maquinaria más eficiente energéticamente.	$15.000.000
Tecnologías de Iluminación LED	Sustitución de sistemas de iluminación por tecnología LED.	$3.000.000,00
Capacitación del Personal	Entrenamiento del personal en prácticas energéticas eficientes.	$7.500.000,00
Software de Gestión de Energía	Implementación de software para monitorear y gestionar el consumo de energía.	$1.500.000,00
Auditorías Energéticas Periódicas	Contratación de servicios para auditorías regulares de eficiencia energética.	$ 2.880.000
Otros Costos Diversos	Gastos adicionales y contingencias durante la implementación.	$ 5.000.000
Costo Total de Implementación		$ 54.880.000

Fuente: elaboración propia

La inversión inicial se reparte entre consultoría, actualización de maquinaria, tecnologías de iluminación, formación y software. Se incorporan auditorías energéticas periódicas y otros gastos diversos para garantizar la eficacia continuada del SGA (ver Tabla 24).

Tabla 25**.**

Beneficios Esperados para operación y mantenimiento

P. ahorro por Operación y mantenimiento	
P.Ahorro	P*(m-mm)+(Eo - Eom)
Consumo Suma (KWh)	5.860.679,00
P-ahorro suma	118.862,52
P-Ahorro	2%
Valor de ahorro por año	$ 59.431.260,00

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 25, el ahorro porcentual esperado en operación y mantenimiento es del 2%, lo que se traduce en un ahorro anual de $59.431.260, considerando un costo de $500 COP por kilovatio-hora (kWh).

Tabla 26**.**

Beneficios Esperados por planificación de la producción

P. ahorro planificación de la producción	
P.ahorro = (Icm - Iccri)*P	178830,00
Icm (KWh)	186,3197667
Iccri (KWh)	192,00000000
Sumatoria consumo (KWh)	5.860.679
Porcentaje del P. ahorro	3%
Valor de ahorro por año	$ 89.415.000,00

Fuente: elaboración propia

Según la Tabla 26, el ahorro porcentual derivado de la planificación de la producción alcanza el 3%, equivalente a un ahorro anual de $89.415.000, tomando en cuenta un costo de $500 COP por kilovatio-hora (kWh).

Conclusiones

Se llevó a cabo el diagnóstico energético de la planta de producción de pasta alimenticia, mediante el cual se derivó la ecuación modelo del comportamiento energético. Los resultados revelaron la siguiente relación: y=165,11x + 41410. Esta ecuación indica que la razón de cambio del consumo de energía eléctrica respecto a la producción asociada es de 165,11 kWh, mientras que la energía no asociada a la producción, que abarca tanto la energía desperdiciada como la utilizada para mantener las instalaciones operativas en períodos de inactividad productiva, asciende a 41,410 kWh. En otras palabras, esta última representa la energía no directamente involucrada en el proceso productivo.

La ecuación también permitió conocer el R2, o índice de correlación del proceso productivo, el cual es de 0,9136. Considerando que este valor debe ser mayor o igual a 1,0 podemos concluir fue un buen índice para realizar las proyecciones del proceso

Luego de identificar la línea base, la cual representa el comportamiento energético actual del proceso, con el que se calcularán los posibles potenciales de ahorro, se graficó la línea meta la cual representó el objetivo a alcanzar en términos de eficiencia energética.

Las tendencias evidenciaron que, los potenciales de ahorro por operación y mantenimiento suman un total de $148.846.260 COP y 5.860.679 kwh equivalente al 2% de ahorro, para un total de $59.431.260 COP de ahorro al año, considerando que el costo por kwh es de $500 COP. Además, que el potencial de ahorro de planificación de es de 3% y representa $89.415.00 al año considerando el mismo costo anteriormente mencionado por kwh.

En cuanto a condiciones ambientales y tomando en cuenta la equivalencia de 1 kilovatio-hora (Kwh) que corresponde aproximadamente a 0,00046386 toneladas métricas y considerando el potencial de ahorro derivado de operaciones y mantenimiento, que asciende a 118.862,52 Kwh,

se puede inferir que se lograría una reducción significativa en las emisiones de dióxido de carbono (CO2). En concreto, este ahorro se traduce en la mitigación de aproximadamente 55.13 toneladas métricas de CO2. Este análisis destaca la relevancia de implementar estrategias eficientes de gestión energética y de mantenimiento para contribuir no solo a la optimización de los recursos, sino también a la reducción de la huella de carbono. El entendimiento y aprovechamiento de estas conversiones energéticas no solo resultan en beneficios económicos, sino que también fortalecen el compromiso ambiental y la sostenibilidad en las operaciones.

Considerando que la norma ISO 50001 se basa en el Ciclo Deming o PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), la planificación se llevó a cabo mediante la identificación de la situación actual. En la etapa de "Hacer", se identificaron propuestas de mejora o planes de acción sugeridos, como el establecimiento de políticas de gestión energética, la actualización o adecuación de maquinaria, la optimización del proceso de empaque, la inclusión de la implementación, evaluación y monitoreo de los indicadores de mantenimiento, y la revisión de la posibilidad de aprovechamiento de energía solar.

En la etapa de "Verificar", se definen los controles o seguimientos que se realizarán a las acciones propuestas, que incluyen auditorías y un mayor involucramiento de la alta dirección. Por último, la etapa de "Actuar" implica comparar el estado energético de la planta productora de pasta alimenticia antes y después de la implementación. Sin embargo, dado que en este caso se trata de una propuesta, esta etapa no se evidenciará, pero servirá como guía en caso de que la empresa implemente la caracterización propuesta.

Se estima un potencial de ahorro del 3% mediante la planificación, equivalente a $89,415.00 COP anuales. Asimismo, se identifica un potencial de ahorro del 2% a través de operaciones y mantenimiento, lo que representa un ahorro anual de $59.431.260 COP. Además de

los beneficios relacionados con los costos, se han identificado beneficios asociados al medio ambiente, incluyendo la mitigación de aproximadamente 55.13 toneladas métricas de CO2 al año.

Recomendaciones

A partir de la evaluación de la eficiencia energética en la planta de producción de pasta y de las propuestas detalladas para la implantación de un Sistema de Gestión Energética (SGE), se formulan varias recomendaciones clave.

La planta se convertirá en un modelo de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en el sector alimenticio si se implementan con éxito estas recomendaciones. Además, generará beneficios económicos significativos (ver Tabla 27).

Tabla 27**.**

Oportunidad de mejora

N°	**Oportunidad de mejora**
1	En primer lugar, se sugiere dar prioridad a la actualización de la maquinaria y las tecnologías, especialmente en las áreas de mayor consumo energético, como las líneas de pasta larga y corta. Invertir en equipos más eficientes no sólo contribuirá a ahorrar costes a largo plazo, sino que también mejorará la competitividad y sostenibilidad de la planta.
2	Realizar capacitaciones periódicas a los operarios en el manejo y parametrización de las máquinas se da una oportunidad de ahorro con el recurso humano
3	Implementar la metodología LILA (lubricación, inspección, limpieza, ajuste) para el mantenimiento esto permitirá que los equipos estén siempre disponibles.
4	Establecer programas de formación continua para el personal, que garanticen una sólida comprensión de las prácticas de eficiencia energética y su importancia.
5	Establecer mecanismos sólidos de monitoreo y medición. Esto permitirá una supervisión constante del desempeño energético, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y garantizará que el SGE se adapte a los cambios en operaciones y tecnologías.

Fuente: elaboración propia

Referencias

(2023). Obtenido de La República: https://www.larepublica.co/empresas/cada-uno-de-los-colombianos-solo-consume-tres-kilogramos-de-pasta-cada-ano-2843327

A. Rezi and M. Allam,. (1995). Techniques in array processing by means of transformations . En *Control and Dynamic Systems Vol. 69* (págs. 133-180). San Diego: Academic Press.

A.Dubey. (s.f.). *Enciclopedia*. Obtenido de https://enciclopedia.net/grafico-cusum/

American Psychological Association. (s.f.). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de Apastyle: https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines

Becerra, J. J. (2011). Obtenido de https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/e476f566-cf7d-4143-ac0d-400b5bf0fce5/content

Caicedo, O. F., Avella, J. C., Rodríguez, D. B., & Salas, A. P. (s.f.). Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf

Caicedo, O. F., Avella, J. C., Rodríguez, D. B., & Salas, A. P. (2019). Obtenido de UPME: https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/EEIColombia/Guia_estructura_ISO50001.pdf

CALIDAD Y GESTIÓN - CONSULTORÍA PARA EMPRESAS. (s.f.). Obtenido de https://calidadgestion.wordpress.com/tag/linea-de-base/

Campos, P. D. (s.f.). *GUIA ISO 50001*. Obtenido de https://guiaiso50001.cl/guia/wp-content/uploads/2017/05/linea-base-indicadores-de-desempeno-P-3-AP-1.pdf

Castrillon, R. d., González, A., Ciro, E., Urhán, M., & Fandiño, D. (2014). *Universidad Autónoma de Occidente.* Obtenido de https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a361089-1261-4b17-b556-882a623d205f/content

Colombia productiva; Colombia UK Pact; Bancoldex; CAEM; Cámara de comercio de Bogotá; Carbon trust; Consejo Cololmbiano de eficiencia energética. (s.f.). Obtenido de https://www.caem.org.co/wp-content/uploads/2020/01/Taller-Caracterizaci%C3%B3n-Energ%C3%A9tica-230120.pdf

Comisión Federal de Electricidad CFE. (s.f.). Obtenido de https://www.cfe.mx/paese/ahorroenergia/pages/default.aspx

CRAI USTA Bucaramanga. (2020). *Informe de recursos y servicios bibliográficos.* Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.

Crespo, C. (s.f.). Recuperado el enero de 2024, de https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/carmencrespo3.pdf

DNV. (s.f.). Obtenido de https://www.dnv.es/services/iso-50001-gestion-de-la-energia-3370

DQS. (s.f.). Obtenido de https://www.dqsglobal.com/es-co/aprenda/blog/uso-significativo-de-la-energia-seu-palanca-importante-para-una-gestion-energetica-exitosa

Equipos y laboratorio de Colombia . (s.f.). Obtenido de https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-la-humedad

Euroinnova. (s.f.). Obtenido de https://www.euroinnova.co/blog/que-es-la-eficiencia-energetica-y-para-que-sirve#que-es-la-eficiencia-energetica

Gencat. (s.f.). Obtenido de https://icaen.gencat.cat/es/energia/auditories-energetiques/index.html

Genio Pro. (s.f.). Obtenido de http://genio.pro/empresas-certificadas/

genio.pro. (s.f.). Obtenido de http://genio.pro/empresas-certificadas/

https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4a25d395-327c-49ac-9ca6-294013c6088e/content. (s.f.).

https://www.corresponsables.com/entrevistas/moderna-alimentos-vision-empresa-alimentos-innovadora-ecuador. (s.f.).

https://www.larepublica.co/empresas/cada-uno-de-los-colombianos-solo-consume-tres-kilogramos-de-pasta-cada-ano-2843327. (s.f.).

ICONTEC. (s.f.). Obtenido de https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-iso-50001/

La República. (s.f.). Obtenido de https://www.larepublica.co/consumo/doria-y-la-muneca-las-marcas-de-pastas-mas-conocidas-por-los-consumidores-2564346

La República. (s.f.). Obtenido de https://www.larepublica.co/consumo/doria-y-la-muneca-las-marcas-de-pastas-mas-conocidas-por-los-consumidores-2564346

Ladetec. (s.f.). Obtenido de https://meteoradares.wordpress.com/2019/10/11/unidades-de-energia-y-potencia/

Lagreze, M. (2023). *El impacto del ahorro energético en la sostenibilidad industrial.* https://www.fracttal.com/es/blog/ahorro-energetico-sostenibilidad-industrial. Obtenido de https://www.fracttal.com/es/blog/ahorro-energetico-sostenibilidad-industrial

Lagreze, M. (31 de 03 de 2023). *Fracttal*. (M. Lagreze, Productor) Obtenido de Fracttal: https://www.fracttal.com/es/blog/ahorro-energetico-sostenibilidad-industrial

Meinsa. (s.f.). Obtenido de https://meinsa.com/2020/03/que-es-un-sistema-de-gestion-energetica-sgen/

Miao, L. L. (November 8-12). A specification based approach to testing polymorphic attributes. *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004.* Seattle, WA, USA,.

MINCOMERCIO. (s.f.). Obtenido de https://www.caem.org.co/wp-content/uploads/2020/01/Taller-Caracterizaci%C3%B3n-Energ%C3%A9tica-230120.pdf

Ministerio de comercio, industria y turismo . (s.f.). Obtenido de https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/red-de-aprendizaje-sistemas-de-gestion-energetica

NQA Organismo de certificación global. (s.f.). Obtenido de https://www.nqa.com/es-co/certification/standards/iso-50001#:~:text=La%20certificaci%C3%B3n%20ISO%2050001%20demuestra,requisitos%20legislativos%20y%20reglamentarios%20correspondientes.

Nutriausiro . (s.f.). Obtenido de https://ausirodietistanutricionista.com/blog/propiedades-de-la-pasta-alimenticia

Peña, A. C., & Sánchez, J. M. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. En A. C. Peña, & J. M. Sánchez, *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora* (pág. 28). Aenor Ediciones.

Rubio, P. A. (2023). *La República.* Obtenido de https://www.larepublica.co/empresas/cada-uno-de-los-colombianos-solo-consume-tres-kilogramos-de-pasta-cada-ano-2843327

Sánchez, A. C. (2012). Gestión de la eficiencia energética:. En A. C. Sánchez, *Gestión de la eficiencia energética:* (pág. 28). Aenor ediciones.

Sankeymatic. (s.f.). Obtenido de https://sankeymatic.com/

Sole, A. C. (2006). *Instrumentación Industrial.* Mexico: Alfaomega.

UTEL UNIVERSIDAD . (s.f.). Obtenido de https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24819w/O1AO301/PF_O1AO301_S5.pdf

Valverde, J. L., López, J. E., Salcedo, J. R., & Caicedo, O. P. (s.f.). Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/496/49655603023/html/#:~:text=Los%20indicadores%20de%20desempe%C3%B1o%20energ%C3%A9tico%2C%20son%20las%20expresiones%20y%20valores,de%20gesti%C3%B3n%2C%20establecer%20planes%20estrat%C3%A9gicos

Wigner, E. P. (2005). Theory of traveling wave optical laser . *Phys. Rev., 134*, A635-A646.

Wikipedia. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Villa_Rica_(Cauca)

Anexos

Anexo A. Formato de visita inicial

FORMATO DE VISITA INICIAL	
INFORMACIÓN GENERAL	
NOMBRE DE LA EMPRESA	CONFIDENCIAL
UBICACIÓN DE LA EMPRESA	(Seleccionar)
CIUDAD	
ZONA INDUSTRIAL	X
OTRO (ESPECIFICAR)	
SECTOR DE PRODUCCIÓN	ALIMENTICIO
CONSUMO ENERGÉTICO	
PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA	ELECTRICIDAD
PROMEDIO DE CONSUMO MENSUAL	(Seleccionar)
MENOS DE 10.000 kWh	
10.000 - 50.000 kWh	
50.000 - 100.000 kWh	
MÁS DE 100.000 kWh	X
HORARIO DE OPERACIÓN	OPERACIÓN CONTINUA (24/7)
CUENTA CON PLANOS ENERGÉTICOS UNIFILARES?	NO
CUENTA CON CONTROL ENERGÉTICO	(Seleccionar los que apliquen)
INDICADORES ENERGÉTICOS	
MEDIDORES DE CONSUMO	
FILOSOFÍA DE AHORRO ENERGÉTICO Y MEDIDAS DE AHORRO	X
REALIZA AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	(Seleccionar)
UNA VEZ A LA SEMANA	
UNA VEZ AL MES	X
ANUALMENTE	
NUNCA	
EQUIPOS Y TECNOLOGÍA	
EQUIPOS PRINCIPALES	MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN
EDAD APROXIMADA DE LOS EQUIPOS	MÁS DE 10 AÑOS
MEDIO AMBIENTE	
LA EMPRESA TIENE POLÍTICAS PARA GESTIÓN ADECUADA DE RESIDUOS?	SI
LA EMPRESA CUENTA CON POLÍTICAS PARA FOMENTAR TRANSPORTE MÁS SOSTENIBLE PARA EMPLEADOS Y MERCANCIAS?	NO
COMENTARIOS ADICIONALES	
Según lo observado, la planta se encuentra ubicada en un sector que cuenta con buena exposición a luz solar, sin embargo este recurso no es aprovechado hasta el momento.	

Anexo B. Macro proceso gestión de infraestructura

MACROPROCESO GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA														
PROCESO EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO														
LISTA DE CHEQUEO ESTADO DE EQUIPOS CRITICOS														
								FECHA						
LUGAR		PLANTA HV - VILLA RICA						DD		MM		AAAA		
ZONA	EQUIPOS	PARAMETROS												
		Funcionamiento del equipo (automatico)		Ruidos extraños		Goteo de Fluidos		Tableros de contactadores		Estado General		Condiciones de aseo		
		B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	
SERVICIOS COMUNES	Compresores													
	Chiller													
	Bombas de vacio													
	Lavamoldes													
	Soplantes													
	Cuarto de bombas													
	Caldera													
PROCESO ELABORACION	pasta corta													
	pasta larga													
PROCESO EMPAQUE	pasta corta empacadora A Y B													
	pasta larga empacadoras C Y D													
PLANTA	SILOS													
	REMOLIDA													
Abreviaturas: B= Bueno,M= Malo														
Nota: Si el equipo no cuenta con alguno de los parametros escriba en el aspecto a evaluar N.A. (No aplica)														

Anexo C. Evaluación de conocimientos

EVALUCIÓN DE CONOCIMIENTO SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

INFORMACIÓN DEL EMPLEADO			
NOMBRE DEL EMPLEADO		ÁREA O DPTO	
ID DEL EMPLEADO		CARGO	
FECHA		CALIFICACIÓN	

PREGUNTAS

1. ¿Sabes qué es la eficiencia energética? (Selecciona una opción)

A) Sí, tengo un conocimiento sólido sobre la eficiencia energética.
B) He escuchado el término, pero no estoy seguro de su significado.
C) No, no tengo idea de qué se trata la eficiencia energética.

2. Desde tu puesto de trabajo, ¿cómo crees que puedes contribuir al ahorro energético? (Escribe tu respuesta)

3. ¿Estás familiarizado/a con la norma ISO 50001? (Selecciona una opción)

A) Sí, conozco la norma ISO 50001 y su propósito
B) He oído hablar de ella, pero no sé en detalle qué implica
C) No, no tengo conocimiento sobre la norma ISO 50001.

4. Define en tus propias palabras qué son las fuentes de energía renovable. (Escribe tu respuesta)

5. ¿Puedes mencionar algunas estrategias de ahorro energético que se apliquen actualmente en tu planta o lugar de trabajo? (Escribe al menos dos estrategias)

Puntuación:

Cada respuesta correcta o adecuada, equivale a un (01) punto.
Esta evaluación tiene un carácter puramente diagnóstico y no tiene implicaciones laborales.
La respuesta en la pregunta 2 será evaluada en función de su pertinencia y adecuación.
En la pregunta 5, se evaluará la inclusión de al menos dos estrategias de ahorro energético.