

Artículo Científico

Diseño sostenible de una planta procesadora de queso mozzarella en Quevedo mediante la implementación de energías renovables***Sustainable design of a mozzarella cheese processing plant in Quevedo through the implementation of renewable energies***Alfonso Gunsha Morales¹ , Juan Carlos Pisco² , Luis David Reyes³ , Yomara Melissa Sánchez⁴ ¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, agunsham@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, jpisco@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, lreyesj@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ysanchezc3@uteq.edu.ec, Quevedo, Ecuador

Autor para correspondencia: lreyesj@uteq.edu.ec

RESUMEN

El presente estudio del sistema permite optimizar el consumo energético y reducir el impacto ambiental mediante la modalidad experimental se validan las hipótesis relacionadas con la eficiencia energética y la sostenibilidad del proceso productivo. Esta metodología adapta la modalidad bajo el diseño de normativas vigentes, incorporando fuentes de energía renovable, como paneles solares y empleando herramientas como SketchUp para la modelación 3D, lo que permite optimizar la distribución de maquinaria y equipos industriales, asegurando un flujo de trabajo eficiente desde la recepción de la materia prima hasta las etapas finales de producción. Los resultados obtenidos destacan la importancia de una organización en línea de producción para el aprovechamiento máximo energético y minimice el impacto ambiental, promoviendo una producción sostenible y eficiente en la planta procesadora de queso mozzarella en la ciudad de Quevedo.

Palabras clave: Diseño sostenible; Consumo energético; Impacto ambiental; Energías renovables.

ABSTRACT

The present study of the system allows optimizing energy consumption and reduce environmental impact through experimental modality, validating the hypotheses related to energy efficiency and the sustainability of the production process. This methodology adapts the modality under the design of current regulations, incorporating renewable energy sources, such as solar panels and using tools such as SketchUp for 3D modeling, which allows optimizing the distribution of industrial machinery and equipment, ensuring an efficient workflow from the reception of the raw material to the final stages of production. The results obtained highlight the importance of an organization in a production line for maximum energy use and minimizes environmental impact, promoting sustainable and efficient production in the mozzarella cheese processing plant in the city of Quevedo.

Keywords: Energy consumption; Environmental impact; Sustainable design; Renewable energies.

Copyright

Los originales publicados en las ediciones impresa y electrónica de esta revista son propiedad del Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, por ello, es necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total. Todos los contenidos de la revista electrónica se distribuyen bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-4.0 Internacional.

**Citas**

Gunsha Morales, A., Pisco, J., Reyes Jipa, L., & Sánchez, Y. (2025). Diseño sostenible de una planta procesadora de queso mozzarella en Quevedo mediante la implementación de energías renovables. *CONECTIVIDAD*, 6(3). <https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i3.302>

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de plantas agroindustriales genera un gran impacto en el sector productivo, que combina experiencia práctica especializada para garantizar la eficiencia operativa, cumplimiento normativo y la sostenibilidad ambiental. La incorporación de energías renovables permite optimizar el consumo energético, reduce el impacto ambiental y mejora la competitividad de la industria. Sin embargo, ¿Cómo se puede garantizar que una planta procesadora de queso mozzarella cumpla con los estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental? Cabrera y Ramírez, (2024)

La incorporación de energías renovables en el diseño de una planta procesadora de queso mozzarella en Quevedo, posee la necesidad de reducir costos operativos y mejorar la eficiencia energética, asegurando un suministro confiable de energía renovable y minimizando la huella ambiental. Fortaleciendo la sostenibilidad del sector agroindustrial y optimiza la productividad de la integración de energías renovables. Se analizaron datos para evaluar antecedentes y desarrollar un modelo de diseño por la herramienta SketchUp para la modelación 3D, su implementación enfrenta desafíos como la inversión inicial y la compatibilidad de los procesos productivos. Cabrera y Ramírez, (2024)

La implementación de este modelo responde a la necesidad de adaptar infraestructuras y fortalecer la capacitación del personal, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos renovables y reduciendo el impacto de su fluctuación en la estabilidad operativa. Esto garantiza la sostenibilidad, conformidad con las normativas vigentes y optimiza los procesos productivos mediante el uso de tecnologías innovadoras y la formación especializada. Al efectuar un monitoreo y una evaluación del desempeño energético, se espera mejorar la eficiencia operativa. FAO/OMS, (2019)

Diseño sostenible de planta procesadora de queso mozzarella

Las plantas procesadoras sostenibles de queso mozzarella están diseñadas para optimizar el uso de recursos energéticos mediante la integración de fuentes renovables, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la eficiencia operativa. Estos sistemas permiten verificar la gestión en el consumo energético, generación de calor, refrigeración, tratamiento de aguas residuales y la reducción de contaminantes, las ventajas es la disminución de costos operativos, eficiencia energética, el cumplimiento de normativas ambientales y la sostenibilidad de producción. INSHT, (2024)

Herramienta SketchUp para la modelación 3D

SketchUp es una herramienta de modelado 3D diseñada para la planificación y optimización de infraestructuras, permitiendo la visualización detallada de espacios y la integración eficiente de tecnologías. Permitiendo la distribución de equipos, evaluación del consumo energético, simulación de iluminación natural y la optimización de la ventilación industrial. Generando una planificación del diseño, reducción de desperdicios en la construcción, análisis de la distribución energética y la integración de energías renovables en la planta procesadora de queso. (Ortiz y

Zamora, 2022)

Consumo energético de la planta

El consumo energético depende de las necesidades térmicas y eléctricas de cada etapa del proceso, en plantas industriales, el consumo promedio puede alcanzar entre 0.8 y 1.2 kWh por litro de leche procesada, con una demanda en los procesos como pasteurización y refrigeración. Los estudios indican que la refrigeración representa aproximadamente 60% del consumo total, seguido por la pasteurización con un 25% y otros procesos menores con un 15%. (Martínez, 2022)

Implementación de energías renovables

La integración de energías renovables reduce la dependencia de fuentes fósiles y mejorar la eficiencia energética y la instalación de paneles fotovoltaicos con una capacidad de 100 kW puede suplir hasta un 40% del consumo eléctrico, mientras que el uso de biodigestores para procesar suero y residuos orgánicos generan hasta 500 m³ de biogás diario, equivalente a 2.500 kWh de la energía térmica y la recuperación de calor de los equipos se puede reutilizar un 70% de energía térmica. (Martínez, 2022)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adoptó una modalidad descriptiva-experimental para la recopilación y análisis de datos para identificar las variables en el diseño sostenible estructural de una planta procesadora de queso, evaluando el impacto en la eficiencia energética y en la optimización de los procesos productivos. Se emplearon herramientas de diseño SketchUp para la modelación 3D para generar una planificación de la infraestructura de la planta, el estudio investigativo posee una implementación de tablas y figuras que analizan el comportamiento de la planta procesadora de queso mozzarella.

Materiales

Los materiales empleados para los recursos tecnológicos orientados al análisis, estructuración y representación del contenido técnico, se utilizó una computadora personal para el procesamiento de datos y elaboración de documentos, apoyada por software ofimático como Microsoft Word, Excel y PowerPoint, fundamentales para la redacción, tabulación de cálculos y elaboración de presentaciones. Además, se incorporó el software SketchUp para la elaboración del modelo tridimensional de la planta, lo cual permitió anticipar aspectos funcionales y espaciales del diseño antes de su ejecución.

Métodos

La metodología aplicada en esta investigación es cuantitativa-analítica, centrada en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con la implementación de energías renovables en la planta procesadora de queso mozzarella. Se empleó un método experimental para observar y registrar el comportamiento de variables energéticas, como el consumo de energía de sistemas fotovoltaicos, permitiendo prever los resultados y optimizar la eficiencia operativa.

A través de un método inductivo, se generaron conclusiones generales sobre el impacto de las energías renovables en la planta, a partir de la observación de datos específicos. Además, el método investigativo facilitó la recopilación de información sobre la ubicación y viabilidad de la planta en Quevedo, evaluando la disponibilidad de recursos renovables locales y su integración con los sistemas de producción para asegurar un modelo sostenible y eficiente.

Diseño de la investigación

El procedimiento para el diseño sostenible de la planta procesadora de queso mozzarella en la ciudad de Quevedo se ha dividido en cuatro fases. En la primera fase, se emplea una evaluación energética georreferencial en las distintas áreas de Quevedo. La segunda fase aborda las necesidades energéticas para las maquinarias instrumentales de la planta. La tercera fase es la arquitectura del sistema energético cumpliendo con las necesidades del producto. Finalmente, en la cuarta fase, se seleccionan los equipos y materiales más adecuados para garantizar un producto de calidad y sostenible bajo normativas nacionales e internacionales de consumo y laborales.

Fase 1: Evaluación energética en la ciudad de Quevedo

Análisis de recursos energéticos renovables

Se analizaron los recursos disponibles en la región, incluyendo la radiación solar promedio, velocidad del viento y la disponibilidad de biomasa. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador, (2024).

Tabla 1: Valores promedio de los recursos energéticos disponibles en Quevedo.

Recurso Energético	Unidad	Valor Promedio
Radiación Solar	kWh/m ² /día	4.8
Velocidad del Viento	m/s	3.5

Fuente: Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador, (2024)

Estudio climático de la zona

La temperatura en Quevedo varía entre 26°C y 32°C durante el año, condiciones que favorecen el uso de energía solar como fuente principal de generación. (Villamizar, 2020).

Tabla 2: Características meteorológicas.

Parámetros de la zona	Datos registrados
Temperatura	26 a 32°
Clima	Tropical seco (clasificación climática de koppen:Aw)
Latitud	-1.03333
Parámetros de la zona	Datos registrados
Longitud	-79.45 1°1'60" sur 79°27'0" Oeste
Altitud	40m

Fuente: Cabrera et al., (2024).

Identificación de oportunidades energéticas

La temperatura en Quevedo varía entre 26°C y 32°C durante el año, condiciones que favorecen el uso de energía solar como fuente principal de generación. Se utilizaron modelos de simulación para predecir la eficiencia de los sistemas energéticos en distintos escenarios climáticos. Además, se determinaron evaluaciones para obtener un análisis satisfactorio en las energías renovables tales como energía solar, energía eólica y energía de la biomasa agrícola.

Potencial solar en condiciones locales

La radiación solar promedio en Quevedo es de 4.8 kWh/m²/día, lo que indica un alto potencial para la generación fotovoltaica. Este valor, sustentado por datos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador, (2024), permite establecer estrategias de captación energética mediante paneles solares en techos industriales, zonas rurales y espacios agroindustriales. Se calculó la inclinación de los módulos solares con base en la latitud asegurando un rendimiento estacional.

Evaluación de la energía eólica de baja escala

El análisis del recurso eólico en Quevedo determina una velocidad promedio del viento de 3.5 m/s, inferior a los valores óptimos para turbinas convencionales. Por lo tanto, se identificaron oportunidades de implementación de microturbinas eólicas de eje vertical, diseñadas para operar en entornos urbanos y rurales con vientos de baja velocidad. Este tipo de tecnología, combinada con sistemas solares en configuración híbrida, puede aportar estabilidad energética y reducir la dependencia de fuentes fósiles en aplicaciones descentralizadas.

Aprovechamiento energético de la biomasa agrícola

La actividad agroindustrial en Quevedo genera grandes cantidades de residuos orgánicos, como cáscaras de cacao, bagazo de caña de azúcar, residuos de palma africana y representando una fuente sostenible de biomasa que al ser utilizada en digestores anaerobios o calderas de combustión produce electricidad o calor. La disponibilidad de estos residuos permite considerar la biomasa como un recurso energético con aplicación directa en plantas agroprocesadoras, secadoras y centros de acopio.

Simulación de escenarios energéticos híbridos

Se desarrollaron modelos computacionales para evaluar escenarios energéticos híbridos mediante simulaciones con configuraciones mixtas de energía solar, eólica y biomasa, considerando distintos perfiles de consumo y estacionalidad climática. Un modelo determinó que un sistema fotovoltaico combinado con calderas de biomasa podría suplir hasta el 70 % de la demanda energética de una planta procesadora de alimentos, logrando una reducción superior al 60 % en las emisiones de CO₂.

Georreferenciación de zonas estratégicas

Las herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), se identificaron y clasificaron áreas óptimas para el desarrollo de proyectos renovables. Se priorizaron aquellas con alta

radiación solar, disponibilidad de biomasa, cercanía a vías de acceso y demanda energética para optimizar la inversión y la logística en la instalación de infraestructura energética en zonas rurales, centros agrícolas, etc.

Fase 2: Determinación de necesidades energéticas

Estimación del consumo energético

Se calcularon los requerimientos energéticos de la planta considerando los procesos de pasteurización, fermentación y refrigeración. La siguiente tabla resume la demanda energética:

Tabla 3: Demanda energética de la planta procesadora de queso mozzarella.

Proceso	Energía (kWh/día)
Pasteurización	150
Fermentación	80
Refrigeración	200
Iluminación	50
Equipos Auxiliares	70
Total	550

Fuente: Manual de Energía para la Industria Alimentaria (2023)

Perfil de carga

Se identificó que el mayor consumo de energía ocurre en los procesos térmicos y de refrigeración, lo que justifica la necesidad de fuentes de energía estables y continuas, se realizó un análisis detallado del perfil de consumo horario para optimizar la distribución de la energía generada.

Análisis energético paneles solares

Se evaluaron diferentes combinaciones de energías renovables, concluyendo que la integración de paneles solares es la opción más eficiente y sostenible, se analizaron diferentes configuraciones para maximizar la eficiencia energética y minimizar los costos operativos en el diseño de la planta.

Fase 3: Arquitectura del sistema energético

Diseño del sistema de energía renovable

El sistema de generación energética se diseñó utilizando la herramienta SketchUp para la representación tridimensional de la infraestructura, garantizando la óptima distribución de los equipos, permitiendo realizar simulaciones de la disposición de los paneles solares para optimizar su rendimiento en la calidad de la producción del queso mozzarella. (Muñoz, 2019)

Determinación del perfil de carga

La planta contará con un sistema híbrido de generación de energía por paneles solares fotovoltaicos, En la siguiente tabla se presentan las características de los equipos seleccionados:

Tabla 4: Características de los equipos seleccionados para el sistema energético.

Tecnología	Capacidad	Rendimiento	Costo (USD)
Paneles Solares	50 kWp	18%	35,000
Baterías	200 kWh	85%	25,000

Fuente: Paneles solares y baterías de litio, (2024)

Fase 4: Normativas y regulaciones de producción del queso mozzarella

Normativas para el personal y maquinarias

En el diseño y operación de la planta procesadora de queso mozzarella en Quevedo, se deben seguir estrictas normativas de seguridad para proteger tanto a los trabajadores como los equipos de la planta. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) establece directrices fundamentales para la seguridad en las plantas industriales. (Norma NTE INEN 82:2011, 2021)

La Norma UNE-EN ISO 12100, en particular, regula los principios generales para el diseño de la instrumentación de las máquinas industriales de la planta, asegurando la identificación y evaluación de riesgos, así como la implementación de medidas para reducir los peligros y accidentes asociados al funcionamiento de las maquinarias industriales de la planta procesadora de queso mozzarella en la ciudad de Quevedo. (Otzen y Manterola, 2021)

Normativas de Calidad y Medio Ambiente

El proceso de fabricación del queso mozzarella debe cumplir con las normativas de calidad y medio ambiente para asegurar un producto final conforme a los estándares nacionales e internacionales, la calidad del producto, la Norma NTE INEN 1528:2012 establece las características del queso mozzarella, como su forma ovoidal (pera), su pasta blanda y elástica, y su corteza semidura y lisa.

Valor nutricional de queso mozzarella

El queso mozzarella es un producto de alto valor nutricional, destacado por su equilibrio entre proteínas, grasas y minerales, aportando 223 kcal por cada 100 g. La composición se determina en 19.5 g de proteínas, 17 g de ácidos grasos saturados y 11 g de ácidos grasos poliinsaturados, contribuyendo al mantenimiento muscular y a la salud cardiovascular. Además, contiene 180 mg de calcio por porción de 40 g, cubriendo el 20% del requerimiento diario, junto con fósforo, zinc y vitaminas del grupo B, fundamentales para el metabolismo celular. (Méndez, 2019)

Requisitos microbiológicos

Al realizar microbiológico correspondiente, el queso mozzarella debe dar ausencia de los microorganismos patógenos de sus metabolitos y toxinas. (Norma UNE-EN ISO 12100, 2023)

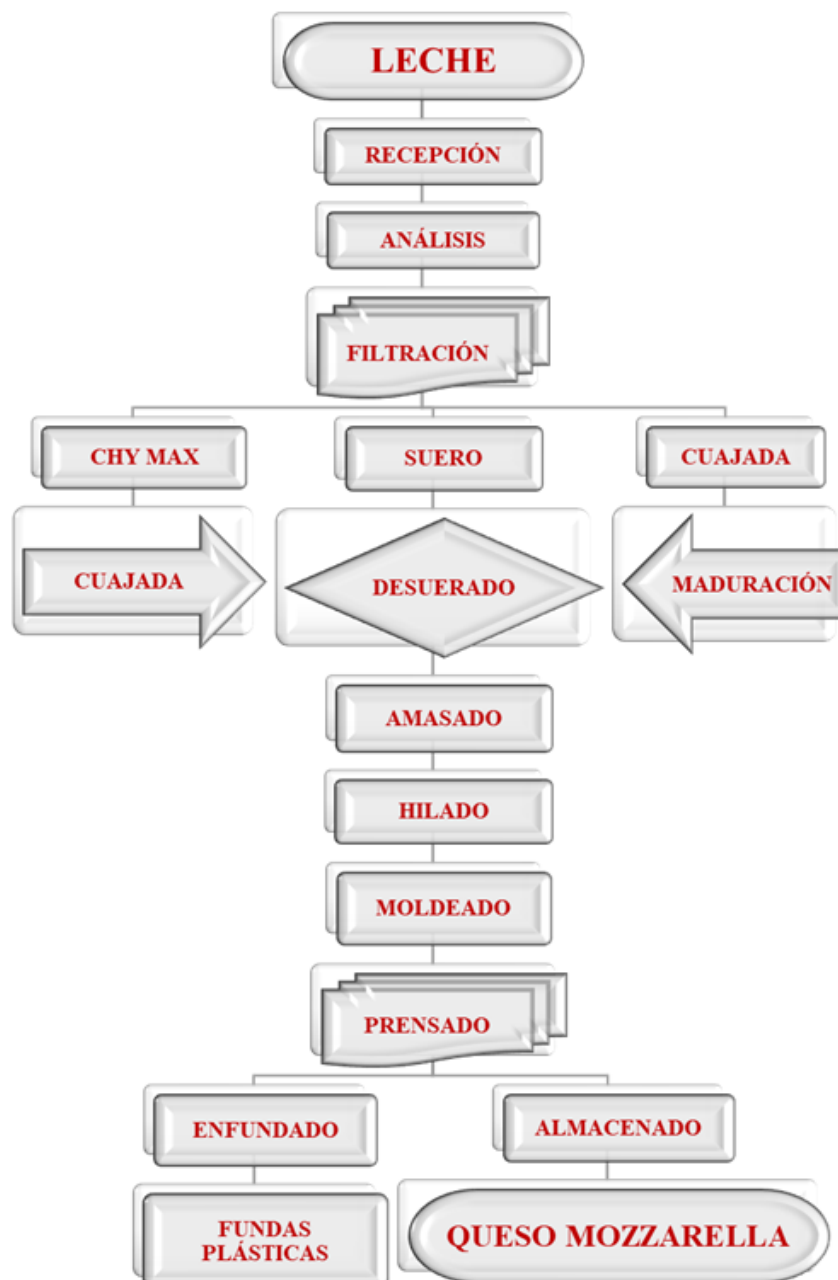
Tabla 5: Requisitos microbiológico.

Requisitos	n	m	M	C	Métodos de ensayo
Enterobacteriáceas, UFC/g	5	2×10^2	10^3	1	NTE INEN 1529-13
Escherichia coli, UFC/g	5	<10	10	1	NTE INEM1529-8

Requisitos	n	m	M	C	Métodos de ensayo
Staphylococcus aureus UFC/g	5	10	10 ²	1	NTE INEM 1529-14
Listerian Monocytogenesis /25g	5	Ausencia	-	0	ISO 11290-1
Salmonella en 25 g	5	Ausencia	Ausencia	0	NTE- INEM 1529-15

Fuente: Paneles solares y baterías de litio, (2024)

Diagrama de flujo del proceso de producción del queso mozzarella



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño estructural y distribución de la planta procesadora de queso mozzarella

El diseño de la planta procesadora de queso mozzarella se ha desarrollado de manera sostenible, optimizando la distribución del espacio y la integración de energías renovables. Para ello, se

empleó la herramienta SketchUp, permitiendo la modelación tridimensional del diseño y la simulación de flujos de trabajo, la estructura de la planta ha sido dividida en zonas específicas para cada etapa del proceso, asegurando un flujo de producción eficiente. (Ortiz y Zamora, 2022)

Tabla 6: Distribución de la planta procesadora de queso.

Zona	Funcionalidad
Recepción de materia prima	Descarga y almacenamiento temporal de la leche
Procesamiento	Pasteurización, tinas queseras, prensas hidráulicas y sistemas de hilado
Maduración y almacenamiento	Control de temperatura y humedad
Envasado y distribución	Empacadora al vacío para garantizar la inocuidad del producto
Energías renovables	Instalación de paneles solares y biodigestores

Fuente: Martínez, (2022)

Optimización de la distribución interna

Mediante la modelación tridimensional con SketchUp, se estableció una distribución interna ergonómica, funcional y conforme a normativas sanitarias nacionales e internacionales y se implementaron áreas de recepción, almacenamiento, procesamiento, empaque y despacho, garantizando flujos de trabajo lineales y sin interferencias. Además, se delimitaron las zonas de circulación del personal y de maquinaria, lo que facilita la movilidad, mejora la eficiencia operativa y minimiza los riesgos laborales asociados a espacios reducidos o mal organizados.

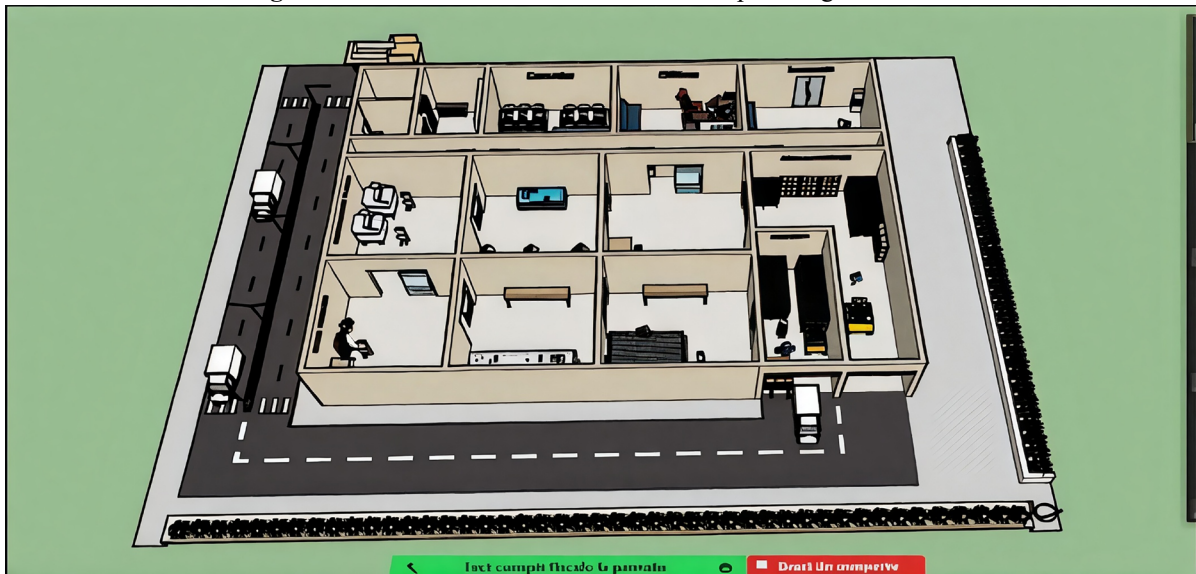
Mejora logística y seguridad

La implementación de herramientas digitales permitió realizar simulaciones operativas y detectar puntos críticos en la cadena productiva antes de la construcción física de la planta. Esta planificación permite accesos estratégicos para mantenimiento preventivo, así como establecer rutas seguras y eficientes para el traslado de insumos, productos intermedios y mercancía final. Además, fortalece la seguridad industrial al disminuir la probabilidad de accidentes en la planta procesadora de queso.

Diseño estructural del exterior de la planta agroindustrial en Sketch Up

Modelado tridimensional de la estructura externa de la planta procesadora, considerando materiales, accesos, ventilación y disposición de áreas operativas bajo normativas de construcción.

Figura 1: Modelado estructural externo de la planta agroindustrial

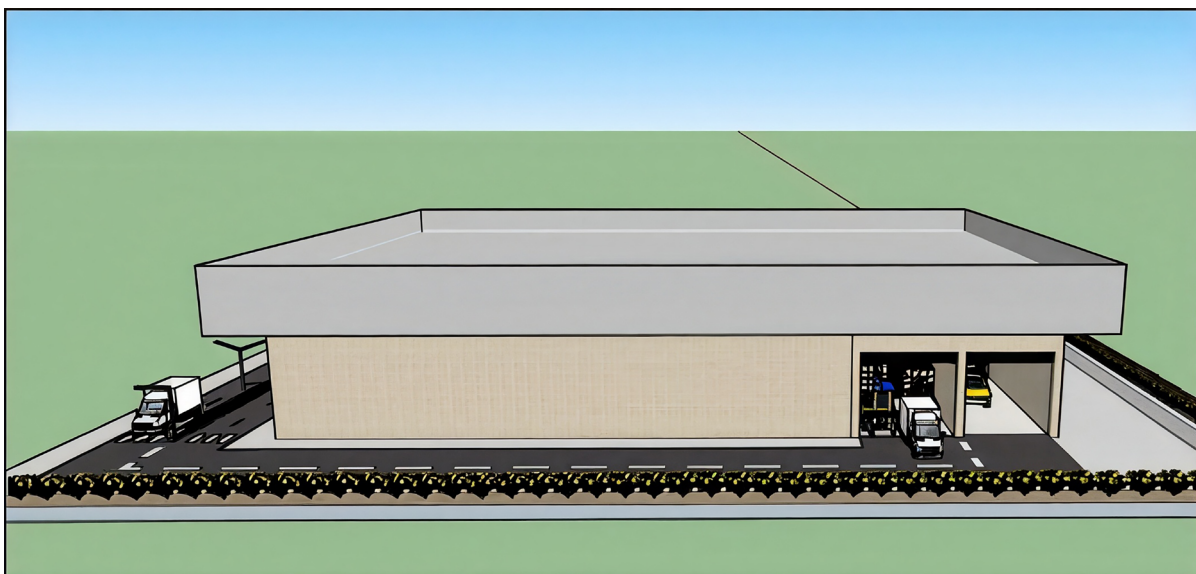


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural del interior de la planta agroindustrial en Sketch Up

Modelado tridimensional de la distribución interna, considerando las áreas de producción, almacenamiento, circulación, ergonomía del personal y con estándares sanitarios e industriales.

Figura 2: Modelado estructural interno de la planta agroindustrial

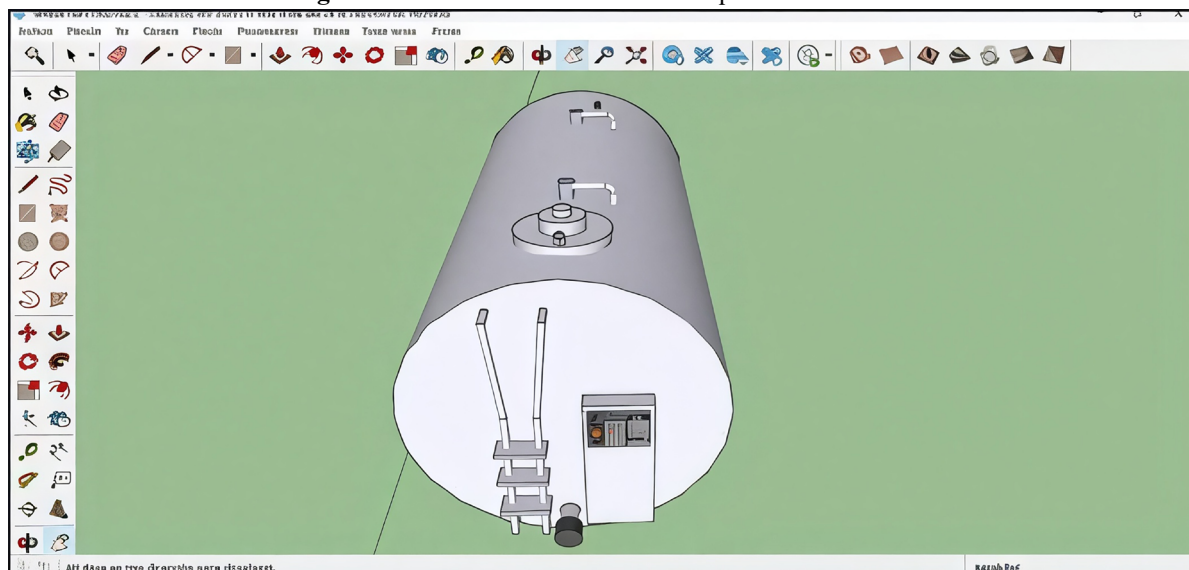


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural del tanque de enfriamiento en Sketch Up

Modelado tridimensional de la estructural del tanque de enfriamiento, especificando dimensiones, materiales de construcción y sistemas de aislamiento térmico para la conservación del producto.

Figura 3: Modelado estructural del tanque de enfriamiento

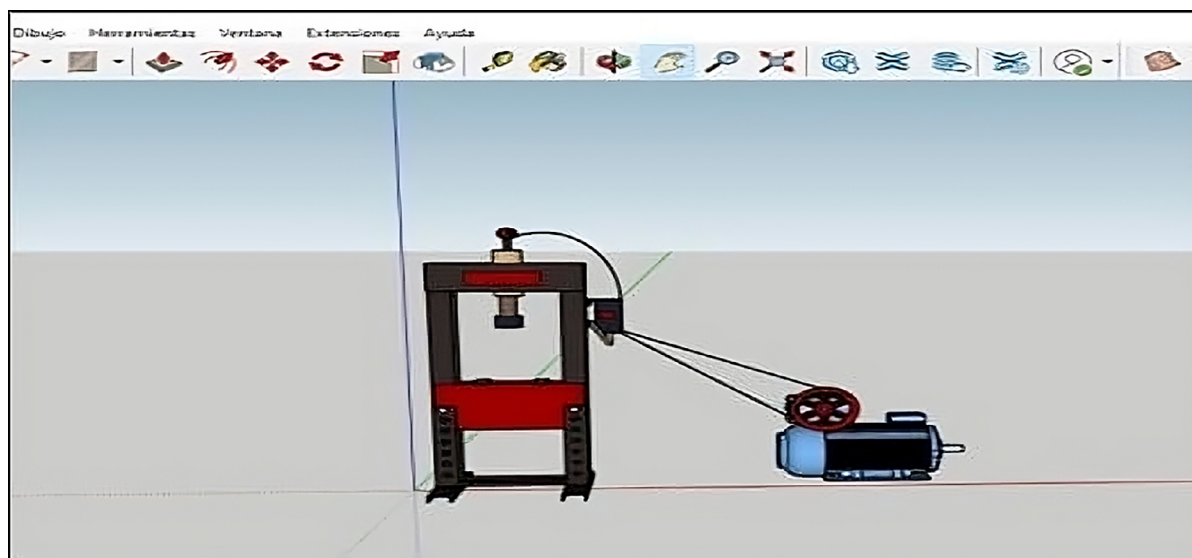


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural de la prensa hidráulica en Sketch Up

Modelado tridimensional de la estructura de la prensa hidráulica utilizada en el proceso de producción, detallando su configuración mecánica, puntos de apoyo y distribución de cargas.

Figura 4: Modelado estructural de la prensa hidráulica

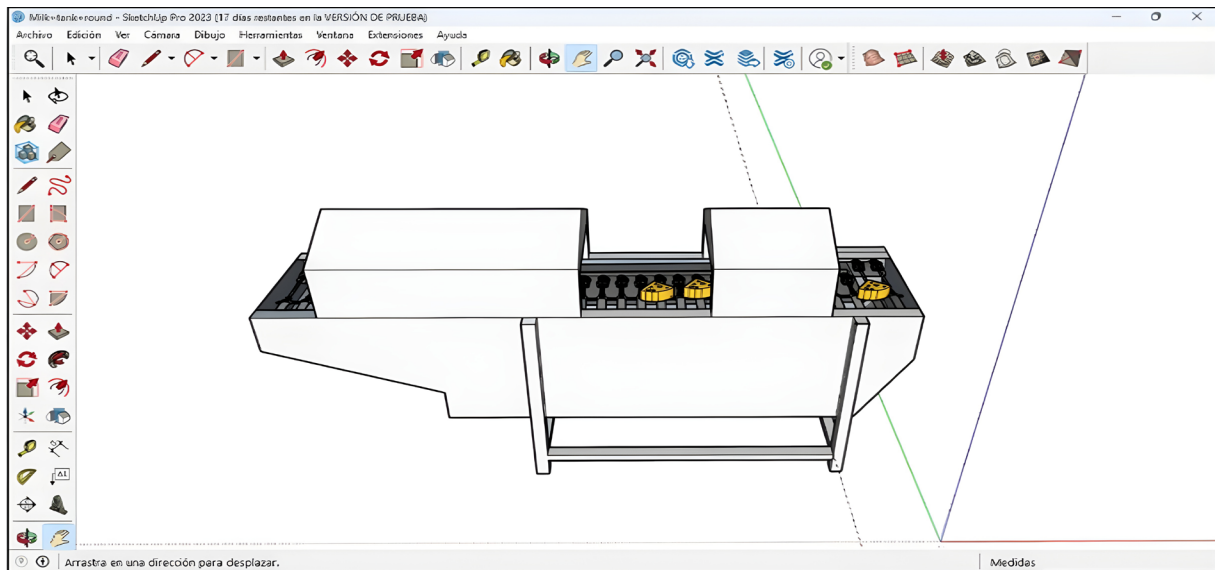


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural lavadora de queso en Sketch Up

Modelado estructural de la lavadora de queso, considerando su capacidad operativa, disposición de componentes y sistema de circulación de agua para garantizar una limpieza eficiente del producto.

Figura 5: Modelado estructural de lavadora de queso.

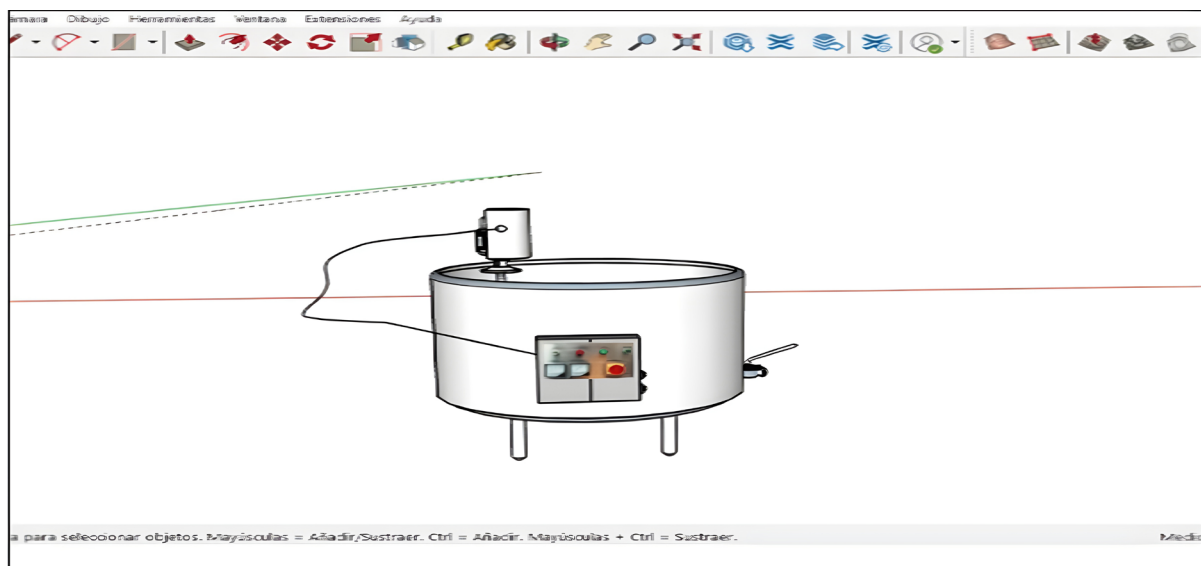


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural cuba quesera en Sketch Up

Generación del modelo tridimensional de la cuba quesera, especificando materiales, sistema de calentamiento y dimensiones para asegurar una adecuada coagulación y procesamiento de la leche.

Figura 6: Modelado estructural cuba queso.

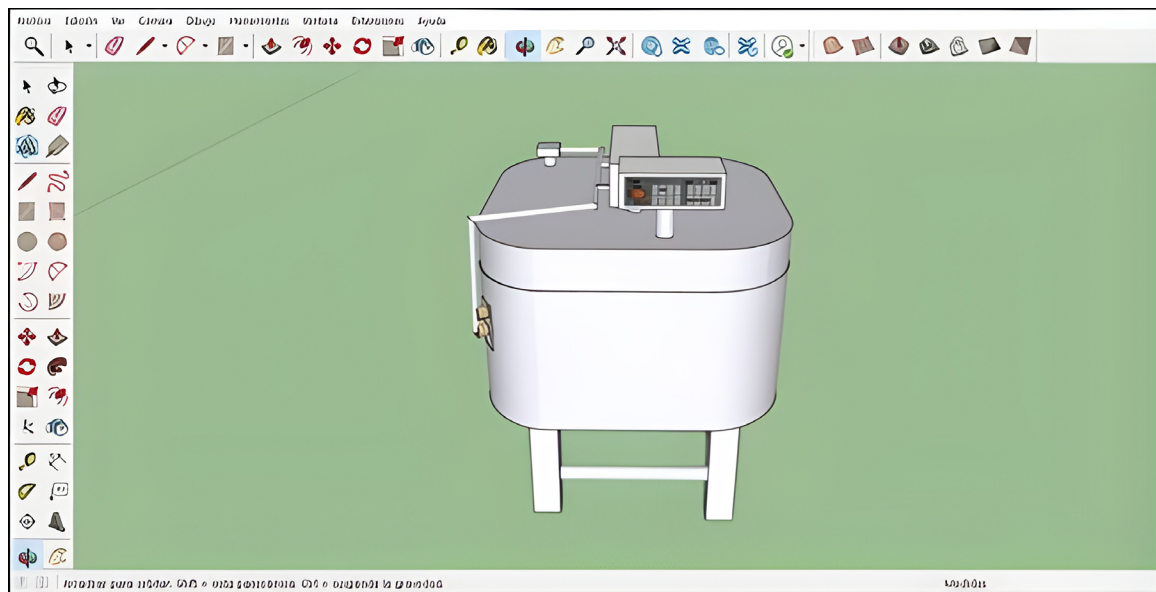


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural pasteurizador de leche en Sketch Up

Diseño detallado del pasteurizador, incluyendo el sistema de intercambiadores de calor, tuberías y aislamiento térmico, garantizando el cumplimiento de los parámetros sanitarios y de calidad.

Figura 7: Modelado estructural pasteurizador de leche.

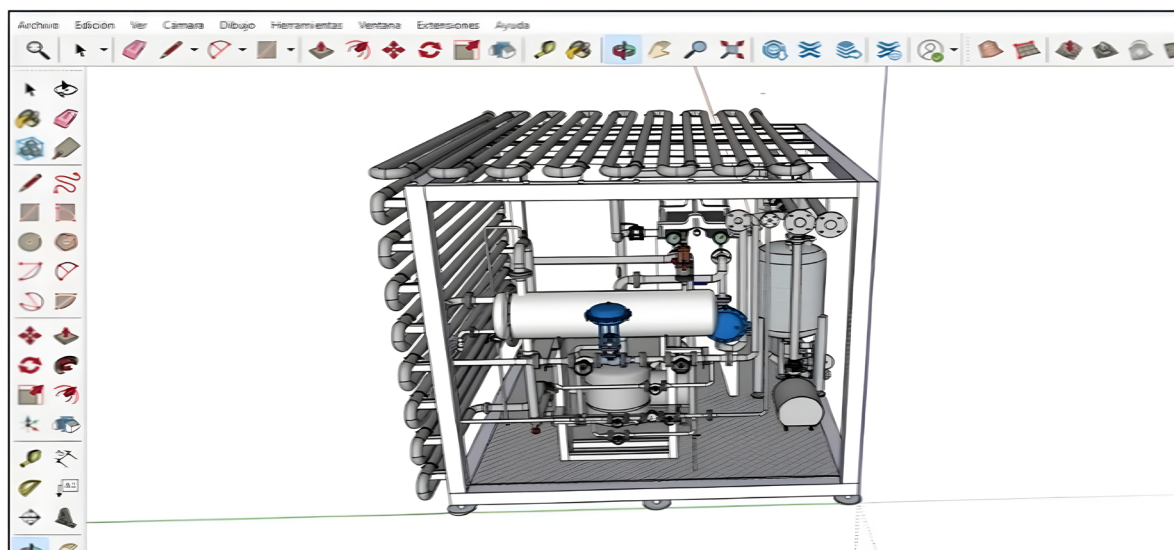


Fuente: Cabrera et al., (2024).

Diseño estructural empacadora en Sketch Up

Modelado estructural de la empacadora, integrando sus mecanismos de sellado, manipulación y disposición del producto final, asegurando eficiencia en el proceso de envasado y almacenamiento.

Figura 8: Modelado estructural empacadora.



Fuente: Cabrera et al., (2024).

Implementación de tecnologías limpias en la planta en Sketch Up

El diseño de la planta incorpora tecnologías que minimizan el impacto ambiental y optimizan la eficiencia energética. Entre las estrategias implementadas se destacan:

Tabla 7: Implementación de energías renovables.

Tecnología	Capacidad	Impacto
Paneles solares	50 kWp	Reducción del 40% del consumo eléctrico
Recuperación de calor	70% eficiencia	Reutilización de energía térmica residual

Fuente: Cabrera et al., (2024).

Dimensionamiento de SFV para una planta procesadora de queso mozzarella

Datos del sistema fotovoltaico (SFV)

- Consumo diario de la planta: 550 kWh/día
- Porcentaje de consumo a cubrir con SFV: 40%
- Energía a generar: $E_{SFV} = 550 \times 0.40 = 220$ kWh/día
- Irradiación solar promedio en Quevedo: 4.8 kWh/m²/día
- Eficiencia del sistema fotovoltaico: 18% (0.18 en decimal)

Datos del panel solar y del inversor:

- Potencia nominal del panel: 400 Wp = 0.4 kWp
- Voltaje nominal del panel (V_{panel}): 40 V
- Corriente nominal del panel (I_{panel}): 10 A
- Voltaje nominal del inversor ($V_{inversor}$): 400 V

Cálculo de la Potencia Total Requerida

Para determinar la potencia total del sistema fotovoltaico necesaria (P_{SFV}), usamos la ecuación:

- $E_{SFV} = 220$ kWh/día (energía deseada)
- $H = 4.8$ kWh/m²/día (irradiación solar)
- $\eta = 0.18$ (eficiencia del sistema)

$$P_{SFV} = E_{SFV} / (H * \eta)$$

$$P_{SFV} = 220 / (4.8 * 0.18) = 255.0 \text{ kWp}$$

Cálculo del Número Total de Paneles

El número total de paneles para la planta procesadora de queso mozzarella se calcula dividiendo la Potencia total del sistema entre la Potencia por panel $P_{panel} = 0.4$ kWp

$$N_{total} = P_{SFV} / (P_{panel})$$

$$N_{total} = 255 / 0.4 = 638 \text{ paneles}$$

Cálculo del Número de Paneles en Serie

Los paneles en serie se organizan para alcanzar la tensión del inversor:

$$N_s = V_{inversor} / (V_{panel})$$

$$N_s = 400 / (40) = 10 \text{ paneles}$$

Cálculo del Número de Cadenas en Paralelo

Para determinar el número de cadenas en paralelo:

$$N_p = N_{total} / (N_s)$$

$$N_p = (638 \text{ paneles}) / (10 \text{ paneles}) = 63.8 \text{ paneles} \rightarrow 64 \text{ paneles}$$

- N_{total} = Número total de paneles
- N_s = Número de paneles en serie.

Inversión económica en energías renovables.

Se evidencia una mejora en la eficiencia energética mediante la integración de tecnologías renovables, se considera que la inclusión de un análisis económico que complemente la evaluación técnica. La estimación del retorno de inversión (ROI), reducción proyectada de los costos operativos anuales, así como la vida útil esperada de los sistemas fotovoltaicos y biodigestores.

Análisis económico y retorno de inversión (ROI)

La evaluación técnica se complementó con un análisis económico que permite estimar el retorno de inversión (ROI) a partir de los costos iniciales de implementación, la reducción proyectada de los costos operativos y la vida útil de los sistemas energéticos. Los sistemas fotovoltaicos cuentan con una vida útil estimada de 25 años, mientras que los biodigestores tienen una duración aproximada de 20 años, siempre que se les dé un mantenimiento preventivo en sus instalaciones.

Tabla 8: Comparación de costos.

Tecnología	Costo Inicial (USD)	Vida Útil (años)	Ahorro Anual (USD)	Tiempo de Recuperación (años)	ROI Estimado (%)
Sistema Fotovoltaico	\$35,000	25	\$4,200	8.3	212%
Biodigestor	\$18,000	20	\$2,800	6.4	256%
Total Inversión	\$53,000	—	\$7,000	—	—

Fuente: Cabrera et al., (2024).

Reducción de huella de carbono

La utilización de energía renovable contribuye a la reducción directa de emisiones de gases de efecto invernadero. Se estima que el sistema fotovoltaico evita la emisión de aproximadamente 12 toneladas de CO₂ anuales, mientras que el biodigestor permite la gestión ecológica de residuos orgánicos, evitando la emisión de metano y mejorando el saneamiento industrial al cumplir con la responsabilidad social y producción sostenible en la planta procesadora de queso mozzarella.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de una planta procesadora de queso mozzarella en la ciudad de Quevedo, siguiendo normativas internacionales como la NTE INEN 82:2011, CODEX STAN 1-1985, CODEX STAN 283-1978 y CODEX STAN 206-1999, garantiza la calidad y seguridad del producto. Estas normativas proporcionan estándares de calidad aceptación en mercados internacionales y ampliando las oportunidades comerciales, en cuanto al diseño de la planta, se utilizó el programa SketchUp, una herramienta que permite crear representaciones

detalladas en 3D, facilitando la visualización del diseño de la planta antes de su construcción. Mediante sus adaptaciones se integra sistemas de energías renovables, como paneles solares, lo cual optimiza el uso de la energía dentro de la planta, la elección adecuada de maquinaria, como pasteurizadores, homogeneizadores y sistemas de automatización, permite asegurar la eficiencia operativa y la calidad del queso mozzarella. Además, la integración de tecnologías renovables, tales como paneles solares y biodigestores, representa un avance hacia la sostenibilidad energética. No obstante, se recomienda incorporar en futuras investigaciones un análisis económico más profundo, incluyendo métricas como el retorno de inversión (ROI). Finalmente, la selección de equipos de alta eficiencia, como pasteurizadores, homogeneizadores y sistemas de automatización, permite garantizar la continuidad operativa y la calidad del producto final. Por lo tanto, es recomendable profundizar en la caracterización técnica de los sistemas de automatización empleados y su impacto en la reducción de errores humanos, tiempos de ciclo y consumo energético, para mejorar el rendimiento industrial de la planta procesadora de queso.

REFERENCIAS

- Cabrera, J., Torres, L., & Ramírez, M. (2024). Análisis de eficiencia energética en plantas agroindustriales. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador.
- FAO/OMS. (2019). Norma general para el queso (CODEX STAN 283-1978, revisión 2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2024). Normativas de seguridad en plantas industriales. Ministerio de Trabajo y Economía Social de España.
- Martínez, P. (2022). Optimización del diseño de plantas agroindustriales mediante modelado 3D. Editorial Técnica Agroindustrial.
- Méndez, R. (2019). Energías renovables y su impacto en la sostenibilidad industrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador. (2024). Estudio sobre recursos energéticos renovables en Ecuador.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2023). Buenas Prácticas de Manufactura en la industria alimentaria.
- Muñoz, L. (2019). Valor nutricional del queso mozzarella y su impacto en la salud. *Revista de Nutrición y Salud*, 12(3), 45-60.
- Norma NTE INEN 82:2011. (2021). Requisitos para la producción de queso mozzarella en Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Norma UNE-EN ISO 12100. (2023). Seguridad en el diseño de maquinaria industrial. Organización Internacional de Normalización.
- Ortiz, C., & Zamora, F. (2022). Eficiencia energética en la industria láctea: un estudio de caso. *Revista de Ingeniería Alimentaria*, 18(2), 89-104.
- Paneles solares y baterías de litio. (2024). Evaluación de tecnologías fotovoltaicas para la industria agroalimentaria. Editorial Energías Renovables.
- Villamizar, J. (2020). Diseño sostenible en la agroindustria: retos y oportunidades. Universidad Nacional de Colombia.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2021). Investigación en energías renovables aplicadas a la

agroindustria. *Revista Científica de Ingeniería Ambiental*, 25(4), 112-129.

Gamarra, M., Uceda, F., & Gianella, R. (2023). Innovaciones en modelado 3D para plantas industriales. *Journal of Industrial Engineering*, 30(1), 55-72.