

Diseño técnico de una cervecería artesanal bajo normativa vigente para regiones agroturísticas emergentes

Technical Design of a Craft Brewery under Current Regulations for Emerging Agritourism Regions

Angie L. Beltrán-Lamprea¹   Derly Z. Henao¹  Merly S. Daza-Humoa¹  Michell N. Hernández-García¹  Sandra Y. Delgado-Solano² 

¹Grupo de investigación CITIA.Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.

²UNAD Florida (USA). Research Group Agroindustria y Desarrollo.

Resumen

Introducción: Este artículo presenta el diseño técnico de una cervecería artesanal ubicada en Puerto Gaitán, Meta, Colombia, enfocada en la producción de una Golden Ale enriquecida con frutas tropicales para lograr atributos sensoriales vinculados a la identidad local.

Objetivos: Desarrollar un diseño de cervecería que integre ingredientes de alta calidad—malta, cebada malteada, lúpulo, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agua, mango (*Mangifera indica*) y maracuyá (*Passiflora edulis*)—garantizando el cumplimiento de la normativa sanitaria y técnica colombiana.

Metodología: La organización de la planta se definió mediante herramientas de ingeniería industrial, incluyendo el método de factores ponderados para el análisis de localización, el Systematic Layout Planning (SLP) para la distribución interna de áreas y el método de Guarchet para la determinación de espacios. El diseño incorporó la normativa aplicable: Resolución 2674 de 2013 (BPM), Decreto 162 de 2021, Resolución 2115 de 2007 y las Normas Técnicas Colombianas NTC 3854:1996 y NTC 4158:1997. Asimismo, se propusieron planes básicos de saneamiento y de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Resultados: El diseño presenta una propuesta integral que incluye equipos especializados y un modelo operativo eficiente, alineado con los requisitos regulatorios.

Conclusiones: El modelo propuesto muestra potencial para fortalecer la agroindustria cervecera artesanal en la región mediante la promoción de la innovación, el valor agregado y el desarrollo económico local.

Palabras clave: cerveza, cerveza de calidad, seguridad alimentaria, producción artesanal, Guarchet.

Abstract

Introduction: This article presents the technical design of a craft brewery located in Puerto Gaitán, Meta, Colombia, focused on producing a Golden Ale enriched with tropical fruits to achieve sensory attributes linked to local identity.

Objectives: To develop a brewery design that integrates high-quality ingredients—malt, malted barley, hops, yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), water, mango (*Mangifera indica*), and passion fruit (*Passiflora edulis*)—while ensuring compliance with Colombian sanitary and technical regulations.

Methodology: The plant organization was defined using industrial engineering tools, including the weighted factor method for location analysis, Systematic Layout Planning (SLP) for internal distribution, and the Guarchet method for space determination. The design also incorporated applicable regulations: Resolution 2674 of 2013 (GMP), Decree 162 of 2021, Resolution 2115 of 2007, and Technical Standards NTC 3854:1996 and NTC 4158:1997. Basic sanitation and occupational health and safety plans were proposed.

Results: The design provides a comprehensive proposal including specialized equipment and an efficient operating model aligned with regulatory requirements.

Conclusions: The proposed model demonstrates potential to strengthen the regional craft brewing agroindustry by promoting innovation, added value, and local economic development.

Keywords: beer, beer quality, food safety, producción artesanal, Guarchet.

¿Cómo citar

Beltrán-Lamprea AL, Henao DZ, Daza-Humoa MS, Hernández-García MN, Delgado-Solano SY. Diseño técnico de una cervecería artesanal bajo normativa vigente para regiones agroturísticas emergentes. Ingeniería y Competitividad, 2026, 28(1) e-20615478

<https://doi.org/10.25100/iyv.v28i1.15478>

Recibido: 9/12/25

Revisado: 19/01/26

Aceptado: 21/01/26

Online: 23/01/26

Correspondencia

sdelgado@unillanos.edu.co



CrossMark



OPEN  ACCESS

¿Por qué se realizó?

El estudio se realizó para demostrar la viabilidad del diseño e implementación de una cervecería artesanal bajo la normativa vigente en regiones agroturísticas emergentes. La principal motivación fue brindar a estas regiones un modelo replicable y estructurado que combine viabilidad técnica, cumplimiento normativo y una clara visión a largo plazo para el desarrollo local, la innovación y la integración turística. La investigación responde a la falta de diseños estandarizados que a menudo limita el establecimiento de cervecerías artesanales fuera de los grandes centros urbanos.

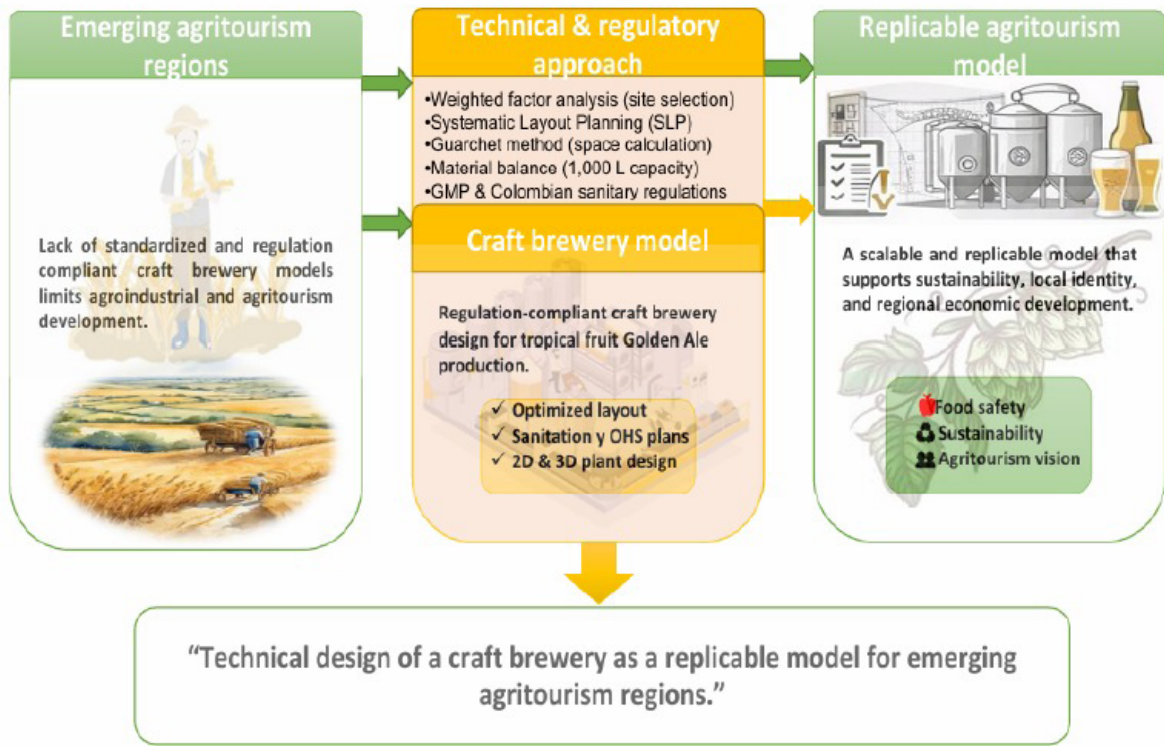
¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Los principales resultados corresponden a la formulación de un diseño técnico-industrial integral para una cervecería artesanal enfocada en la producción de cerveza Golden Ale con la adición de frutas tropicales, de acuerdo con el marco regulatorio colombiano aplicable. Se aplicaron herramientas de análisis multicriterio para la selección del sitio, junto con metodologías de diseño de planta como la Planificación Sistemática de Diseño (PSS) y el método Guarchet, lo que permitió optimizar el flujo de producción, la asignación de área y el uso del espacio. Además, se diseñaron programas de saneamiento básico, manejo integrado de plagas, gestión de residuos, suministro y distribución de agua potable, y un plan de seguridad y salud en el trabajo, garantizando el cumplimiento de la Resolución 2674 de 2013, el Decreto 162 de 2021, la Resolución 2115 de 2007 y las Normas Técnicas Colombianas pertinentes. El modelo propuesto demostró una alta eficiencia del proceso, mínimas pérdidas de material y un diseño funcional validado mediante dibujos técnicos y un prototipo digital tridimensional.

¿Qué aportan?

Este estudio contribuye a la literatura científica al proporcionar un modelo metodológico replicable y basado en la normativa para el diseño de cervecerías artesanales a pequeña escala. Fortalece la conexión entre las herramientas de ingeniería industrial y los requisitos regulatorios en el sector de alimentos y bebidas, ofreciendo un enfoque estructurado y adaptable a contextos territoriales similares. Además, los hallazgos mejoran la comprensión de cómo el diseño de plantas, la planificación logística y los sistemas de inocuidad alimentaria influyen en la eficiencia operativa, la sostenibilidad y la viabilidad de los emprendimientos agroindustriales en regiones no tradicionales. La incorporación de materias primas locales, como frutas tropicales, refuerza la identidad territorial y la creación de valor, posicionando el modelo como referente técnico para proyectos productivos orientados al agroturismo y al desarrollo económico local.

Graphical Abstract



Introducción

El sector de la cerveza artesanal ha experimentado un crecimiento global en las últimas décadas, impulsado por consumidores que buscan productos diferenciados, de alta calidad y con identidad cultural. Esta tendencia ha fomentado la innovación en formulaciones, incluyendo el uso de frutas tropicales como el mango y la maracuyá para potenciar las características organolépticas, lo que ha demostrado influir positivamente en la aceptación sensorial.

En Colombia, la cerveza artesanal se ha convertido en un producto gastronómico y cultural vinculado al agroturismo; sin embargo, en regiones emergentes como Puerto Gaitán, el desarrollo está limitado por la falta de diseños estandarizados, infraestructura adecuada y modelos replicables. La ausencia de criterios técnicos y sanitarios claros, especialmente los relacionados con la Resolución 2674 de 2013, ha obstaculizado proyectos que garantizan la seguridad alimentaria, la calidad y las experiencias turísticas, perdiendo así el potencial económico y cultural del territorio.

Puerto Gaitán, donde se propone este diseño, ofrece condiciones ambientales y logísticas favorables para una cervecería artesanal: sus suelos de lima arenosa, disponibilidad de agua y calidad del aire favorecen el cultivo de insumos como la cebada y las frutas tropicales. La proximidad al aeropuerto y a las carreteras principales fortalece la producción y la comercialización. Este proyecto puede impulsar la economía local, el turismo y la identidad territorial, y se alinea con los ODS 9 y 12 promoviendo infraestructuras sostenibles, innovación y producción responsable.

En este contexto, la integración de ubicación, diseño y logística es importante para la competitividad de las cervecerías artesanales porque reduce costes y optimiza la cadena de valor (1). El embalaje y la distribución coordinada afectan a la huella ambiental (2), y la optimización de la producción es esencial para las pequeñas y medianas empresas del sector alimentario (3). El big data mejora la toma de decisiones y la sostenibilidad (4), y la gestión integrada de la logística es fundamental para el rendimiento del sector (5)(6). Por último, abordar la variabilidad, las pérdidas y los costes mediante la investigación operativa fortalece la cadena de suministro agroindustrial (7).

Además, los estudios muestran que los modelos de optimización reducen los costes operativos y mejoran la eficiencia de la cadena de suministro alimentaria, al tiempo que refuerzan la sostenibilidad y la competitividad en un mercado cada vez más exigente (7).

Por lo tanto, implementar un modelo de este tipo no solo pretende superar las limitaciones actuales del sector, sino también contribuir a la creación de empleo, la generación de valor a partir de recursos locales y la proyección de productos culturalmente arraigados en los mercados nacionales e internacionales.

Por ello, el propósito de este artículo es demostrar que diseñar una cervecería artesanal en Puerto Gaitán bajo la normativa vigente puede convertirse en una iniciativa sostenible que integre las dimensiones económicas, sociales y medioambientales, sirviendo como referente para nuevas experiencias de agroturismo y para la diversificación productiva del país.

Metodología

La metodología utilizada para diseñar la cervecería artesanal se organizó en una serie de fases técnico-industriales que garantizan la viabilidad, la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo. Cada fase combina herramientas de ingeniería industrial, criterios de salud y seguridad ocupacional, y elementos que apoyan un enfoque agroturístico. El procedimiento se resume a continuación:

Selección del lugar: La ubicación se propone mediante un análisis multicriterio utilizando el método de factores ponderados.

Planificación Sistemática de Distribución (SLP): El proceso está estandarizado y el balance de masas se define estableciendo el producto y el volumen de producción. La metodología SLP se aplica desarrollando la matriz de relaciones (importancia de proximidad) y el diagrama de área-relación para optimizar un flujo lineal de materiales y personal.

Cálculo espacial: Se aplica el método Guarchet para definir la superficie estática, la superficie gravitatoria y la superficie de evolución.

Planes básicos de saneamiento: Se realizó una revisión de los requisitos regulatorios para la industria del alcohol en Colombia y se propusieron planes relacionados con el programa básico de saneamiento de la planta. Los planes propuestos se desarrollaron en AutoCAD 2025 a escala 1:1, lo que permitió la visualización de la distribución y diseño de la planta.

Planos técnicos: Los planos técnicos se desarrollaron en AutoCAD (2D) y SketchUp (3D) según las normativas sanitarias colombianas y las directrices de Salud y Seguridad Laboral (OHS).

Resultados y discusión

Selección de emplazamientos

El análisis de la ubicación de la planta consideró dos parcelas en la aldea de Las Villas, Puerto Gaitán, situado a 1 km del centro urbano y con acceso directo a la carretera principal y a la pista de aterrizaje, mejorando la logística. La selección se basó en variables técnicas como la disponibilidad de materias primas, el transporte, la distribución y la proximidad al mercado, destacando la calidad de las carreteras y el acceso a factores laborales que reducen costes y facilitan la comercialización regional.

Trama 1



Figura 1. Ubicación del Gráfico 1 (Google Earth, 2025)

La Figura 1, situada en la aldea de Las Villas en la carretera del aeropuerto, tiene una posición estratégica a solo 1.017 metros del área urbana de Puerto Gaitán. Cuenta con excelentes caminos de acceso y proximidad a puntos clave como un lago (101,78 m), el río Manacacías (1.900 m), el cementerio (1.950 m) y la WWTP (3.160 m). Esta ubicación apoya el suministro, la conectividad y la comercialización eficiente de la cerveza.

Trama 2



Figura 2. Ubicación del Gráfico 2 (Google Earth, 2025)

La Figura 2, también situada en la aldea de Las Villas con acceso directo a la carretera del aeropuerto, está a 910 metros del área urbana. Está cerca de un lago (140 m), el río Manacacías (1.600 m), el cementerio (1.750 m) y la WWTP (2.900 m). Esta ubicación favorece la comercialización y garantiza un acceso rápido y cómodo para trabajadores y visitantes.

En consonancia con lo anterior, este estudio se centra en la fase inicial de un proyecto orientado a seleccionar el mejor lugar para una cervecería artesanal. Se consideran factores clave que afectan la eficiencia de la producción y la viabilidad de un modelo de negocio agroturístico (8). Una ubicación estratégica es crucial para reducir los costes operativos asociados a la cadena de suministro y la distribución, y para facilitar el acceso a mercados y recursos esenciales (9).

Del mismo modo, seleccionar el emplazamiento adecuado requiere un análisis más allá de la simple proximidad geográfica; Debe tener en cuenta la disponibilidad de materias primas, la infraestructura de transporte, el acceso a mano de obra cualificada y la proximidad al mercado objetivo. Estos elementos están interconectados con los costes operativos y la estrategia comercial (10). Una planificación eficiente de la disposición de la planta es vital para optimizar las operaciones, ya que reduce el movimiento innecesario de materiales y mejora el flujo de trabajo, resultando en una mayor productividad y rentabilidad (11).

Este enfoque integrado en la selección de emplazamientos y el diseño de plantas es esencial para garantizar la sostenibilidad y competitividad a largo plazo (11). Además, una planificación adecuada de la distribución también puede convertirse en un factor diferenciador que fortalezca el enoturismo o el agroturismo, como se observa en los diseños de bodegas que combinan estética y eficiencia productiva (12).

Optimizar la disposición en plantas agroindustriales con enfoque turístico mejora el flujo de producción, reduce el tiempo de inactividad y aumenta la eficiencia operativa (11)(13). La distribución interna y la ubicación del sitio son decisivas para la eficiencia logística y el éxito de la producción (14). Además, la ubicación geográfica es clave en proyectos de agroturismo como las cervecerías artesanales (15), ya que afecta a la rentabilidad y a la relación con el entorno local (16). El uso de SIG y análisis multicriterio apoya la selección de sitios que maximicen los beneficios minimizando costes e impactos (17).

En consecuencia, un diseño optimizado previene flujos ineficientes y reduce los costes operativos, especialmente en procesos especializados (18)(19).

Factores ponderados

La Tabla 1 presenta los resultados de factores ponderados para dos posibles ubicaciones de plantas en Puerto Gaitán, Meta, mostrando las valoraciones y puntuaciones ponderadas de cada sitio para determinar la opción más adecuada.

Tabla 1. Tabla de factores ponderados

Factor relevante	Peso (%)	Parcela 1 (Las Villas, carretera del aeropuerto) Clasificación	Gráfico 1 Ponderado	Parcela 2 (Las Villas, carretera del aeropuerto) Clasificación	Gráfico 2 Ponderado
Visibilidad	10	9	0.90	6	0.60
Accesibilidad	20	8	1.60	6	1.20
Servicios públicos	10	7	0.70	7	0.70
Proximidad a los consumidores	15	9	1.35	6	0.90
Proximidad a las materias primas	15	8	1.20	8	1.20
Seguridad	10	8	0.80	6	0.60
Viabilidad sectorial	20	9	1.80	7	1.40
Total	100		8.35		6.60

Fuente: Autores (2025)

La Trama 1 obtuvo 8,35 y la Trama 2 6,60. El Parcelado 1 es la mejor opción porque recibió mejores valoraciones en visibilidad, accesibilidad, proximidad a los consumidores, seguridad y viabilidad

sectorial. La metodología de factores ponderados, propuesta por Koontz y Weihrich (20), se utiliza para evaluar alternativas de ubicación considerando criterios clave como accesibilidad, visibilidad, disponibilidad de servicios públicos y proximidad a materias primas. Esta herramienta asigna pesos a cada factor relevante y valora cada opción, facilitando la selección del lugar más adecuado para instalar la cervecería artesanal en Puerto Gaitán.

En cuanto al cálculo, el análisis multicriterio es un enfoque sistemático que ayuda a reducir los sesgos que pueden surgir cuando las decisiones se basan únicamente en la experiencia, aunque la ponderación de factores puede requerir juicio experto (21). Aun así, combinar factores ponderados con una evaluación detallada de cada criterio reduce la subjetividad y fortalece la decisión final, apoyando una comprensión basada en la evidencia de por qué una alternativa es superior utilizando información cuantificable (22). La importancia de la accesibilidad y la proximidad a los consumidores, que favorecieron la Parcela 1, coincide con investigaciones previas sobre la selección de emplazamientos para almacenes logísticos y otras instalaciones, donde estos factores influyen fuertemente en la eficiencia operativa.

Estandarización de procesos

Se proponen materias primas de alta calidad para producir una cerveza artesanal Golden Ale con frutas tropicales añadidas, incluyendo malta, cebada, cebada malteada, lúpulo, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), agua, mango (*Mangifera indica*) y maracuyá (*Passiflora edulis*). El proceso de producción cumplirá con la Resolución 2115 de 2007, que establece normas para el agua potable, y con NTC 3854:1996 y NTC 4158:1997, que garantizan la seguridad y calidad alimentaria en la producción de cerveza artesanal.

La planta incluirá equipos como un molino de malta, sistema de maceración y ebullición, fermentadores de acero inoxidable, enfriador de mosto, tanques de maduración y almacenamiento, sistema de filtración, línea de relleno y embotellado, máquina de etiquetado y estación de envasado, asegurando un proceso eficiente alineado con la normativa vigente.

Una estrategia bien definida de ubicación de instalaciones puede reducir significativamente los costes y emisiones de transporte, y ayudar a mitigar el impacto ambiental (23). La importancia de planificar sistemáticamente la disposición de las plantas, integrar relaciones de actividad y diagramas específicos ha sido confirmada por mejoras observadas en instalaciones alimentarias pequeñas y medianas (24). Esta planificación no solo reduce las distancias de manipulación de materiales y los costes relacionados, sino que también optimiza la cadena de valor y apoya la calidad y seguridad del producto (24).

Diagrama de balance de materiales

Dado que la cerveza es una bebida alcohólica fermentada, la producción está regulada por la Norma Técnica Colombiana NTC 3854 (1996), que establece requisitos mínimos para cervezas destinadas al consumo humano, incluyendo aspectos relacionados con el procesamiento, composición, etiquetado y almacenamiento. El diagrama describe el proceso para producir una cerveza artesanal basada en frutas, desde la recepción y preparación de la materia prima hasta la molienda, macerado, herviendo, enfriando, adición de pulpa, fermentación, carbonatación,

envasado y almacenamiento. También se presenta un balance de materiales para una planta de 1.000 L para calcular insumos y pérdidas en cada etapa.

La Figura 3 muestra el balance de materiales para una planta cervecera de 1.000 L, detallando insumos como 225 kg de malta, 1.750 g de lúpulo, 5 sobres de levadura, 5.200 g de fruta y 800 g de dextrosa. Se reportan pérdidas mínimas debidas a la evaporación y sedimentos, que producen 992 L de cerveza, equivalente a 3.006 botellas de 330 mL. El diagrama de flujo y el balance másico ayudan a optimizar el proceso, controlar pérdidas y garantizar una eficiencia de producción cercana al 99,2%, conforme a los estándares de bebidas y principios de producción más limpios. Esta alta tasa de conversión pone de manifiesto una planificación y ejecución cuidadosa de procesos para minimizar el desperdicio y maximizar el rendimiento final del producto (25). Esta eficiencia en la conversión está alineada con las mejores prácticas de la industria cervecera, donde la reducción de pérdidas es un indicador clave de sostenibilidad y rentabilidad.

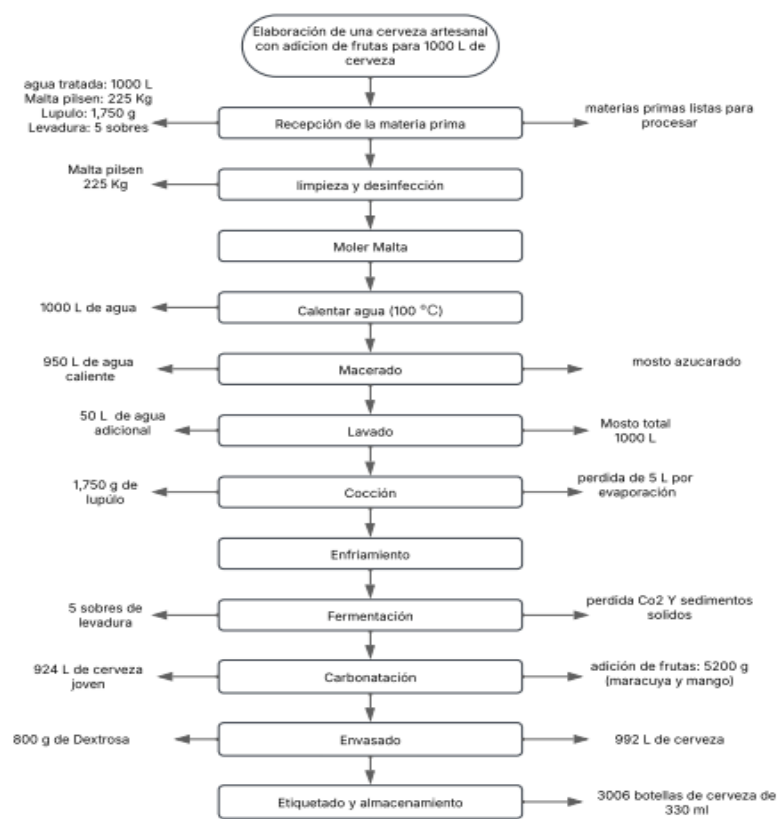


Figura 3. Diagrama de balance de materiales
Fuente: Autores (2025)

Matriz de relaciones

En la gestión de la calidad, la matriz de relaciones es una herramienta clave dentro del Despliegue de Funciones de Calidad (QFD). Este método se desarrolló en Japón en la década de 1960.

La Figura 4 presenta el diagrama de matrices de relaciones, donde la importancia de la proximidad entre áreas se indica mediante un sistema de colores: rojo para relaciones absolutamente necesarias, amarillo para especialmente importantes, verde para importante, azul para ordinario, marrón para indeseable y blanco para ninguna importancia. El análisis muestra que una distribución adecuada de las áreas en la cervecería optimiza el flujo de procesos, reduce el tiempo improductivo y garantiza estándares de calidad. La matriz de relaciones apoya una organización lógica, higiénica y segura, logrando un diseño funcional y eficiente.

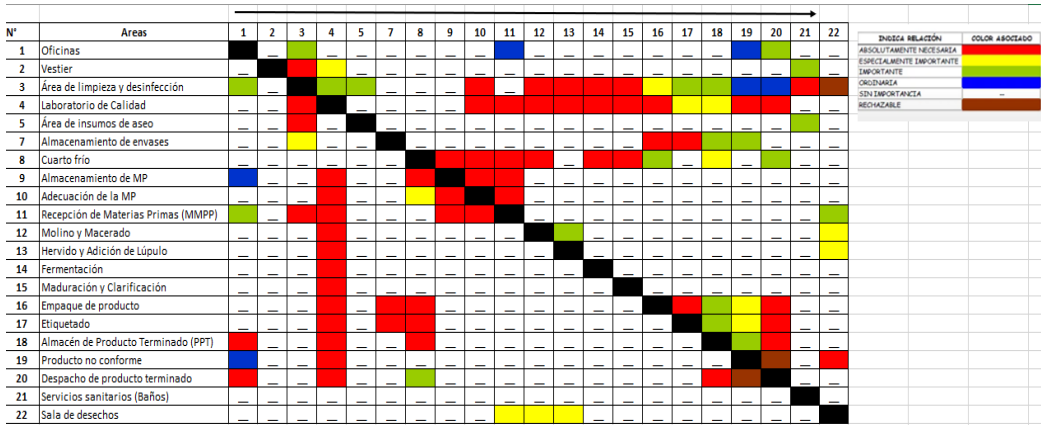


Figura 4. Diagrama de matrices de relaciones
Fuente: Autores (2025)

En consonancia con esto, optimizar el diseño de la planta es esencial porque áreas como la recepción de materias primas, las unidades de procesamiento y las zonas de embotellado influyen directamente en la capacidad de producción y la escalabilidad (26). Métodos como CRAFT pueden ayudar a resolver problemas de distribución, cumplir con los requisitos de los estudios de caso y permitir la mejora continua a pesar de las limitaciones (27). Asimismo, un estudio técnico completo que cubra tanto el diseño como la logística es indispensable para reducir el desperdicio y satisfacer las necesidades del cliente (14). Por último, elegir una ubicación estratégica es clave para optimizar la logística y lograr una ventaja competitiva sostenible (28). De este modo, implementar esta metodología es fundamental para garantizar un flujo optimizado de materiales y procesos, minimizando los tiempos de inactividad y maximizando la productividad crítica para la eficiencia operativa en la industria alimentaria y de bebidas (5)(29).

Diagrama de relación de área (áreas de trabajo de planta)

El siguiente diagrama, basado en la Planificación Sistemática de Distribución (SLP) de Richard Muther, muestra las relaciones entre las áreas de trabajo que conforman la planta. Este esquema facilita la identificación de la proximidad funcional necesaria entre zonas para optimizar el flujo de materiales, garantizar la seguridad operativa y cumplir con las normas sanitarias.

La Figura 5 muestra una distribución lógica y eficiente de las áreas vegetales bajo la metodología SLP, asegurando un flujo lineal desde la recepción y almacenamiento de materias primas hasta la molienda, fermentación, maduración, envasado y envío. Los vestuarios, las zonas de limpieza

y de calidad están estratégicamente situados para garantizar la seguridad alimentaria, mientras que la zona de productos no conformes permite una rápida segregación. Las áreas de apoyo no interfieren con el proceso principal, promoviendo la eficiencia operativa y el cumplimiento sanitario.

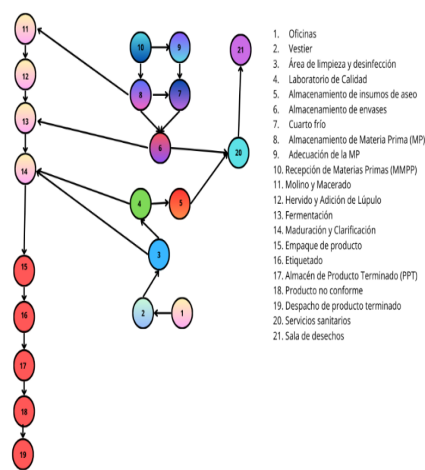


Figura 5. Diagrama de relaciones de área (Autores, 2025)

Además, adoptar una distribución optimizada de la planta permite la integración de tecnologías digitales emergentes como el IoT y la inteligencia artificial, mejorando la trazabilidad y la transparencia a lo largo de toda la cadena de suministro (30). Implementar SLP también puede mejorar los tiempos de recogida y reducir errores, afectando directamente a la eficiencia en el procesamiento de pedidos y al nivel de atención al cliente (31). Esta integración estratégica es crucial para satisfacer las demandas del mercado, adaptarse rápidamente a los cambios y mantener una ventaja competitiva (24).

Cálculo de espacio y área

El cálculo y distribución de áreas en una planta de producción son fundamentales para el diseño y prototipado, ya que garantizan un uso eficiente del espacio, seguridad operativa y cumplimiento de las normativas sanitarias. Se aplicó el método Guarchet. Según la metodología SLP de Muther, la organización espacial debe considerar no solo el tamaño del equipo y los requisitos operativos, sino también los flujos de materiales, la accesibilidad, la seguridad laboral, las autorizaciones necesarias para el movimiento y futuras expansiones.

La Tabla 2 detalla los requisitos de área para cada proceso dentro de la planta de cerveza artesanal, subrayando la importancia de un diseño que optimice el flujo de trabajo y minimice los riesgos operativos.

Tabla 2. Cálculo de espacio y área (método de Guarchet)

Tipo de superficie y total	Equipamiento principal	Anchura (m)	Longitud (m)	Altura (m)	Caras operativas	Superficie estática (m²)	Superficie gravitatoria (m²)	Superficie de evolución (m²)	Superficie base (m²)	Asignación (%)	Área final con asignación
Recepción y almacenamiento de materias primas (13,65 m²)	Estanterías, básculas	8	3	2.5	2	6	4	0.5	10.5	30	13.7
Superficie de producción (55,32 m²)	Molino de malta	1	1.5	1.2	1	1.5	1	0.2	2.7	20	3.24
	Macerado y hervir la tetera	3	4	3	3	12	8	1.5	21.5	30	28
	Tanques de fermentación	2.5	2.5	3.5	3	6.25	4	0.8	11.1	25	13.8
	Tanques de maduración	2	2.5	3.5	2	5	3	0.6	8.6	20	10.3
Superficie de embalaje (19,18 m²)	Relleno, tapa, etiquetado	2.5	3.5	2.5	2	8.75	5	1.0	14.8	30	19.2
Almacenamiento de productos terminados (26,5 m²)	Estanterías, habitaciones frías	3	4	3	2	12	8	1.2	21.2	25	26.5
Control de calidad y laboratorio (10,32 m²)	Tablas de análisis	2	2.5	2.5	2	5	3	0.6	8.6	20	10.3
Oficinas y administración (11,4 m²)	Escritorios, archivos	2	3	2.5	1	6	3	0.5	9.5	20	11.4
Servicios (aseos y vestuarios) (11,14 m²)	Inodoros, lavabos	2	3	2.5	1	6	3	0.5	9.5	20	11.4

Fuente: Autores (2025)

La parcela 1, seleccionada en la aldea de Las Villas, Puerto Gaitán, tiene una superficie total de 6.624,06 m². El análisis indica que las actividades productivas según el diseño conceptual, incluyendo producción, almacenamiento, distribución, etapas administrativas y de servicio, requieren aproximadamente 148 m². Esta diferencia significativa entre el área disponible y la superficie requerida indica un gran excedente de tierra; Por lo tanto, la falta de un método bien estructurado para planificar la distribución puede limitar la flexibilidad y la competitividad en las pequeñas y medianas empresas (24). En la práctica, implementar un Modelo de Servicio Lean que incluya SLP puede reducir cancelaciones de pedidos y entradas caducadas, al tiempo que mejora la satisfacción del cliente en el sector alimentario (32).

Además, el enfoque sistemático de Muther se diferencia de los métodos tradicionales al ofrecer una perspectiva científica y basada en datos, centrada en optimizar la eficiencia y la adaptabilidad en las



instalaciones de fabricación (33). Este método integra todas las áreas requeridas según un flujo de proceso que cumple con las normativas sanitarias y reduce los riesgos operativos (33).

Programa básico de saneamiento

El plan inicial identifica 26 áreas de interés, incluyendo oficinas administrativas, vestuarios y taquillas, pasillo de entrada, filtro sanitario, área de productos no conformes, laboratorio, almacenamiento de envases, envío de materias primas a procesamiento, cámara fría, almacenamiento y preparación de materias primas, área de procesamiento, envasado y etiquetado, almacenamiento de productos terminados, despacho, zona social, baños, área de residuos, depósito elevado con acceso a escaleras, y una planta de tratamiento de aguas residuales, entre otras.

La disposición mostrada en la Figura 6 se basa en un diseño que optimiza un flujo de proceso lineal, asegurando la trazabilidad del producto desde la recepción de la materia prima hasta el envío final. La colocación estratégica de espacios de apoyo y control como el filtro sanitario, el área de productos no conformes y el laboratorio de calidad crea barreras de seguridad que reducen el riesgo de contaminación y garantizan la seguridad alimentaria. Las infraestructuras sostenibles, como el depósito elevado y la planta de tratamiento de aguas residuales, demuestran una gestión responsable de los recursos hídricos y el tratamiento de efluentes, consolidando un diseño moderno, seguro y ambientalmente sostenible.

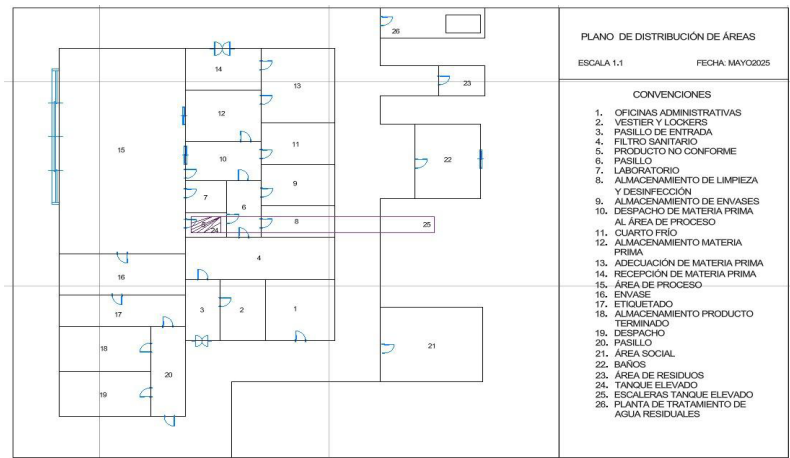


Figura 6. Plan inicial—áreas de interés según la normativa sanitaria
Fuente: Autores (2025)

También es esencial integrar las normativas de higiene y seguridad en el diseño de la maqueta para garantizar el cumplimiento y prevenir riesgos operativos, lo que optimiza la eficiencia de los procesos y reduce las interrupciones en la producción. Este enfoque proactivo ayuda a minimizar los riesgos físicos, químicos y biológicos, garantizando la seguridad del producto final y protegiendo al personal (34).

Planificación de barreras físicas para el control de plagas

El control de plagas es un requisito fundamental en el diseño de plantas de producción, ya que garantiza la seguridad alimentaria, la protección y el cumplimiento de las normativas sanitarias

vigentes, establecidas por la Resolución 2674 de 2013 en Colombia. Por lo tanto, el plan de barreras físicas representa la colocación estratégica de elementos preventivos para minimizar el riesgo de entrada y proliferación de insectos y roedores dentro de las instalaciones.

La Figura 7 muestra la distribución estratégica de las barreras físicas para el control de plagas, en cumplimiento con la Resolución 2674 de 2013. Las medidas incluyen rejillas de drenaje y trampas para cucarachas, malla duradera en ventanas y aberturas para evitar la entrada de insectos y roedores, y trampas de luz UV ubicadas en zonas críticas para capturar insectos voladores. Se instalan cortinas de tiras de PVC en los puntos principales de acceso para crear una barrera sin afectar al flujo de personal, y las juntas de sellado aíslan las interfaces suelo–pared–techo para eliminar el refugio de plagas. Se colocan trampas para roedores alrededor del perímetro exterior para reforzar la protección antes de que las plagas entren en la instalación. Este conjunto integrado de barreras garantiza un entorno higiénico y seguro, minimizando los riesgos de contaminación y garantizando la seguridad alimentaria en todas las áreas de la planta.

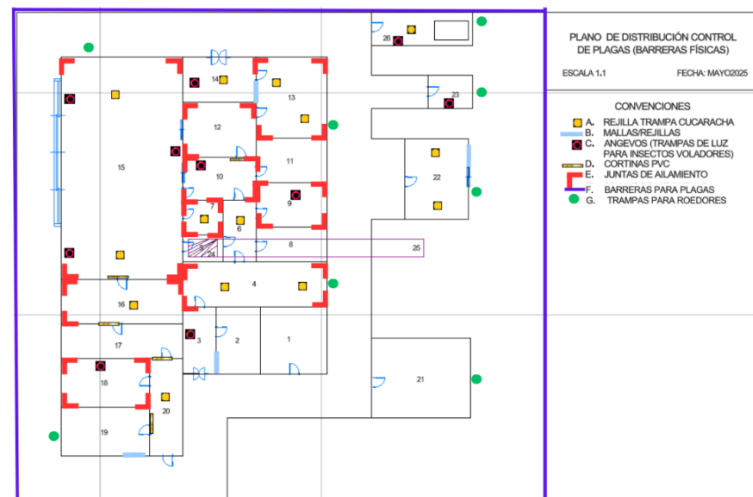


Figura 7. Plan de distribución del control de plagas (barreras físicas)

Fuente: Autores (2025)

El diseño de la planta se alinea con los principios de seguridad alimentaria, eficiencia operativa y cumplimiento normativo establecidos por la Resolución 2115 de 2007 y la Resolución 2674 de 2013. La infraestructura incluye un depósito elevado como fuente principal de agua potable, distribuida a través de tuberías azules a áreas críticas como el laboratorio, vestuarios, aseos y procesos de procesamiento. La red hidráulica se diferencia claramente: el verde transporta el agua del mosto, el rojo la cerveza terminada, el gris recoge las aguas residuales (baños y procesamiento) hacia el PMA, y el amarillo gestiona el drenaje pluvial. Esta segregación previene la contaminación cruzada y mejora la trazabilidad del flujo.

El consumo diario de agua potable se estima en aproximadamente 4.150 litros al día, distribuidos entre uso sanitario (450 L), limpieza y desinfección de áreas (1.200 L) y producción (2.500 L por 500 litros de cerveza), demostrando la necesidad de un sistema de agua robusto y de tamaño adecuado para garantizar la continuidad operativa y la calidad sanitaria del producto final.

Plan de distribución de áreas de gestión de residuos

La Figura 8 muestra el plan de distribución de residuos para la cervecería artesanal y representa el diseño de las rutas de evacuación de residuos, establecidas bajo criterios de higiene, eficiencia y cumplimiento normativo. Este sistema garantiza la segregación en la fuente, previene la contaminación cruzada y optimiza el transporte de residuos desde los puntos de generación hasta la disposición final, alineado con las normativas GMP y sanitarias vigentes de Colombia.

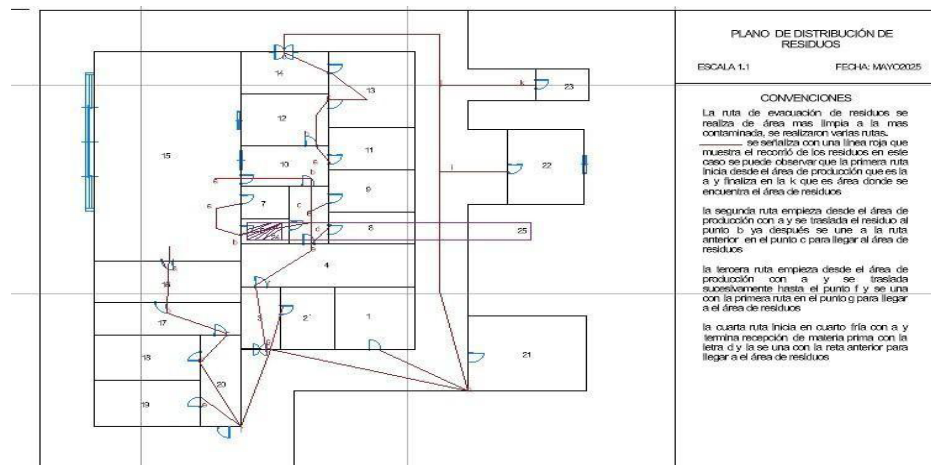


Figura 8. Plan de distribución de áreas de gestión de residuos **Fuente:** Autores (2025)

El sistema de evacuación de residuos converge desde seis puntos de origen en las áreas de producción ('a', 'b', 'c', 'd', 'x', 'y') en un único punto final de recogida ('k'). Todas las rutas, indicadas mediante variaciones de una línea roja, garantizan un flujo controlado y unidireccional, esencial para una gestión higiénica y segura de los residuos. Este diseño sigue el principio de que los residuos deben desplazarse siempre desde zonas más limpias (o menos contaminadas) hacia zonas más sucias (o más contaminadas), evitando la contaminación cruzada, de acuerdo con las normas de BPF y bioseguridad.

En la misma línea, la implementación requiere un estricto cumplimiento de la Resolución 2184 de 2019 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible), que establece el código nacional de colores para la separación de fuentes (blanco para reciclables, verde para orgánicos compostables y negro para no reciclables), de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015. La Resolución 2674 de 2013 establece que los contenedores y rutas deben ser a prueba de fugas, fáciles de limpiar y claramente identificables, mientras que el Decreto 1072 de 2015 exige que el personal utilice el equipo de protección individual (EPI) adecuado. Para los residuos peligrosos, el Decreto 4741 de 2005 regula el envasado, el etiquetado y la disposición final a través de gestores autorizados. En general, la eficiencia de esta red de rutas convergentes es una piedra angular para garantizar la seguridad de los productos y la protección ambiental en la cervecería.

Plan de Salud y Seguridad Laboral (OHS)

Implementar un sistema de Salud y Seguridad Ocupacional (OHS) en el diseño de la planta es esencial para proteger la integridad de los trabajadores y garantizar la continuidad operativa durante emergencias. El plan de distribución de la OHS establece gráficamente la ubicación estratégica de extintores ABC y CO₂ y las rutas de evacuación, elementos clave para controlar y mitigar riesgos de incendio y otras emergencias.

La Figura 9 muestra un sistema de señalización con rutas de evacuación marcadas en verde, conectando áreas como almacenamiento, procesamiento, oficinas y vestuarios con salidas de emergencia. Estas rutas cumplen con la Resolución 2400 de 1979, que exige señalización direccional visible. Todas las puertas se abren en dirección a la evacuación, asegurando un movimiento seguro y las mejores prácticas.



Figura 9. Plan de distribución del sistema OHS (Autores, 2025)

El plan también indica la ubicación de extintores ABC y CO₂ en áreas de alto riesgo como laboratorios, procesamiento, almacenamiento y despacho, siguiendo criterios de cobertura y acceso rápido. La señalización roja con letras blancas cumple con la Resolución 2400 de 1979. Una correcta implementación requiere inspecciones periódicas y formación del personal en el uso de extintores, primeros auxilios y evacuación, reforzando la gestión preventiva y la cultura de seguridad.

Una buena coordinación entre la SLP y la normativa sanitaria apoya flujos de trabajo que previenen la contaminación cruzada y facilitan los procedimientos de limpieza y desinfección esenciales en la industria alimentaria (35). Optimizar el diseño de plantas a través del SLP no solo mejora la logística y las relaciones entre procesos no logísticos, sino que también permite la inclusión gradual de factores de seguridad y sostenibilidad en la planificación (36). Esta metodología estratégica se centra en optimizar el espacio, reducir movimientos innecesarios y mejorar el flujo de materiales y personal críticos para la eficiencia operativa y la seguridad en entornos de producción complejos (37).

En consecuencia, el diseño del plan incorporó planos alineados con el programa básico de saneamiento requerido por las normativas sanitarias, incluyendo planes de barreras físicas para

control de plagas, distribución hidráulica y de saneamiento, plan de evacuación de residuos y plan de SST. Esto garantiza la trazabilidad, la seguridad alimentaria, la eficiencia hídrica y el cumplimiento de las normativas mencionadas anteriormente.

Prototipo digital 3D

Se desarrolló un prototipo digital 3D de la planta de producción de la cervecería artesanal de Majaguillal cumpliendo plenamente con la normativa sanitaria aplicable. El prototipo fue creado en SketchUp 3D, permitiendo una representación visual detallada de la infraestructura, la distribución de la zona y los flujos internos, asegurando que el diseño proyectado cumpla con los criterios de higiene, seguridad y eficiencia en la producción. Figura 10.



Figura 10. Modelo 3D (SketchUp)—entrada principal y vista de área completa

Fuente: Autores (2025)

La Figura 11 presenta el modelo 3D desarrollado en SketchUp, donde las áreas se distribuyen de forma compacta y eficiente, siguiendo los criterios de flujo de producción y el GMP. Al incorporar un enfoque agroturístico, el diseño debe cumplir con los estándares sanitarios y de seguridad, al tiempo que ofrece espacios atractivos para los visitantes. Esto requiere separar adecuadamente las zonas de producción de las áreas públicas mediante barreras y protocolos de bioseguridad, garantizando la higiene y una experiencia turística positiva sin interferir con las operaciones (38).



Figura 11. Modelo 3D (SketchUp)—vistas desde múltiples ángulos

Fuente: Autores (2025)

Conclusiones

El diagnóstico de requisitos técnicos, sanitarios y de sostenibilidad establecidos en la normativa colombiana permitió definir directrices esenciales para la instalación de la cervecería artesanal en Puerto Gaitán. El análisis destacó la importancia de cumplir con la Resolución 2674 de 2013, el Decreto 162 de 2021, la Resolución 2115 de 2007 y las normas NTC aplicables para garantizar la seguridad, protección y calidad alimentaria. El cumplimiento normativo es la base para consolidar el proyecto, minimizar el riesgo regulatorio y fortalecer la confianza del consumidor.

El diseño y prototipado de plantas, apoyados por una planificación sistemática de la maqueta, dibujos técnicos, matrices de relaciones y prototipos digitales, permitió estructurar un modelo operativo eficiente, higiénico y adaptable, adaptado a las necesidades regionales, demostrando viabilidad técnica y productiva.

El modelo replicable propuesto muestra que este esquema puede implementarse en otras regiones emergentes de agroturismo con características similares, ofreciendo un punto de referencia para nuevas iniciativas. Más allá de la viabilidad productiva, la propuesta apoya la diversificación económica y fortalece el agroturismo integrando productos con identidad territorial, como la cerveza artesanal enriquecida con frutas tropicales.

Declaración de contribución de autoría de CreditT

Conceptualización - Ideas: Angie Beltrán, Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández, Sandra Delgado. Curación de datos: Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández. Análisis formal: Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández. Investigación: Angie Beltrán, Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández. Metodología: Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández, Sandra Delgado. Dirección de Proyecto: Sandra Delgado. Recursos: Sandra Delgado. Software: Michell Hernández, Derly Henao. Supervisión: Sandra Delgado. Validación: Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández. Redacción - borrador original - Elaboración: Angie Beltrán, Derly Henao, Merly Daza, Michell Hernández. Redacción - revisión y edición -Elaboración: Sandra Delgado, Derly Henao, Merly Daza.

Financiación: no declarada. Conflicto de intereses: no declarado. Consideraciones éticas: no declaradas.

Referencias

1. Ramjaun TI, Pullman M, Kumar M & Rodrigues VS. Strength in unity: collaborative purchasing and competitiveness of craft breweries. *International Journal of Operations & Production Management* (2023), 44(3), 643. <https://doi.org/10.1108/ijopm-08-2022-0503>
2. Morgan DR, Styles D, & Lane ET. Packaging choice and coordinated distribution logistics to reduce the environmental footprint of small-scale brewery value chains. *Journal of Environmental Management*, (2022), 307, 114591. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114591>
3. Tirkeş G, Çelebi N, & Güray C. Development of a multi-stage production scheduling and planning model for a small food and beverage enterprise. *European Journal of Automation Systems*, (2021), 54(2), 273. <https://doi.org/10.18280/jesa.540209>

4. Jahani H, Jain R, & IvanovD. Data science and big data analytics: a systematic review of methodologies used in supply chain and logistics research. *Annals of Operations Research*. Springer Science+Business Media. (2023) <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05390-7>
5. Geminarqi ER, & Purnomo H. Improving operational management efficiency in the food and beverage industry: a systematic literature review. *Open Access Indonesian Journal of Social Sciences*, (2023), 6(5), 1143. <https://doi.org/10.37275/oaijs.v6i5.184>
6. Ramingwong S, Sopadang A, Tipayawong KY & Jintana J. Improving factory logistics: case study analysis of companies in Northern Thailand, 2022–2024. *Logistics*, (2024), 8(3), 88. <https://doi.org/10.3390/logistics8030088>
7. Mendoza JXC, Ríos CMM, Bravo MJM, Zambrano GMT & Barberán JRM. Supply chain optimization in food-service agroindustry. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, (2024) 5(2). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.282>
8. Verdú MG. Industrial process design for beer production (2016). <https://riunet.upv.es/handle/10251/73275>
9. Mello JAVB, Silva JLN. Product requirements for a craft beer project. *Innovar*, (2020), 30(77), 39. <https://doi.org/10.15446/innovar.v30n77.87428>
10. Cardona LF, Rivera L. Including operating costs in warehouse location problems: a case study in the USA. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. (2023) <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20231132>
11. Balasundram K, Dani MS, Kannan RR. Optimizing plant layout for greater operational efficiency. *International Journal of Science and Research Archive*, (2025),15(1), 1584. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.15.1.1241>
12. Gómez J, Tascón A, Ayuga F. Systematic layout planning for wineries: the case of La Rioja (Spain). *Journal of Agricultural Engineering*, (2018), 49(1), 34. <https://doi.org/10.4081/jae.2018.778>
13. Cerna-Arribasplata JA, Rivas-Atauchi AM, Tupia-De-La-Cruz EL. Lean-TPM production model to improve efficiency and quality in the brewing industry: insights from a Peruvian case study. *International Journal of Recent Engineering Sciences*, (2025), 12(1), 23. <https://doi.org/10.14445/23497157/ijres-v12i1p104>
14. Rodríguez EC, Ayala Ó, Gutiérrez, JPR. Production design for the horticultural agroindustry of frozen pulps, dehydrated products, and/or milling in the Caribbean region. *Revista EIA*, (2019), 16(32), 113. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i32.1284>
15. Duhamel PN, Pathak S, Yii JLC, Thammachote P. Exploring critical success factors in agritourism: a mixed-methods approach. *Journal of Human Earth and Future*, (2024), 5(3), 421. <https://doi.org/10.28991/hef-2024-05-03-08>
16. Sharma P, Ghatorda KS, Kang AS, Čepová L, Kumar A, Phanden RK. Strategic perspectives in manufacturing plant selection: a multi-method approach using factor rating, AHP, and best–worst method. *Frontiers in Mechanical Engineering*, (2024) 10. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1392543>
17. Nørstebø V, Krøgli SO, Debella-Gilo M, Pérez-Valdés GA, Uggen KT, Dramstad WE. Identifying suitable sites for bioeconomy clusters: combining GIS-MCDM and operations research methods. *Environmental Modeling & Assessment*, (2020), 25(5), 689. <https://doi.org/10.1007/s10666-020-09694-x>
18. Nugraha NA, Widjajati EP. Layout analysis of a bottle warehouse using the SLP method with CRAFT software at PT.XYZ. *Advanced Sustainable Science, Engineering and Technology*, (2024), 6(3), 240309. <https://doi.org/10.26877/asset.v6i3.628>

19. Ramírez-Peña, M., Batista, M. G., Cerezo-Narváez, A., Otero-Mateo, M., & Fernández, A. P. (2023). Fixed-position plant layout study by project type using simulation. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (p. 413). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20325-1_32
20. Koontz H, Weihrich H. *Management: A global perspective* (10th ed.). McGraw-Hill: (1990)
21. Ahmed M, Dogru A, Zhang C, Meng C. Learning-based multi-criteria decision model for site selection problems, (2025), arXiv preprint arXiv:2504.04055. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2504.04055>
22. Cetinkaya B, Ozkaya B, Yildirim F. Strategic factors for infrastructure location: public perception and asset protection. *Journal of Infrastructure Systems*, (2021), 27(4), 04021035. <https://doi.org/10.1108/14630011011074795>
23. Mejía G, Granados-Rivera D, Jarrín J, Castellanos A, Mayorquín N, Molano E. Strategic supply chain planning for food hubs in central Colombia: an approach for sustainable food supply and distribution. *Applied Sciences*, (2021), 11(4), 1792. <https://doi.org/10.3390/app11041792>
24. Febriani F, Wurjaningrum F. Systematic layout planning to improve facility layout in small and medium food enterprises. *Southeast Asian Business Review*, (2024), 2(2), 111. <https://doi.org/10.20473/sabr.v2i2.60850>
25. Huyen TT. Material flow analysis for production lines and wastewater treatment in the brewing industry, and recommendations for cleaner production solutions. *Vietnam Journal of Science and Technology / Science and Technology*, (2020), 58, 125. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/58/5a/15222>
26. Torreggiani D, Benni S, García AI, Ayuga F, Tassinari P. Layout design of an agricultural winery: analysis of base spatial unit size in an Italian case study area. *Transactions of the ASABE*, (2014), 625. <https://doi.org/10.13031/trans.57.10267>
27. Mopán YEA, Dorado JAS, Paz-Orozco H. Plant layout optimization with QAP formulation and discrete-event simulation. *Informador Técnico*, (2022), 87(1), 13. <https://doi.org/10.23850/22565035.4814>
28. Santos DR, dos Santos CGR, dos Santos JS, dos Filho AMDS, Saba H. The importance of facility location techniques to support company decision-making for installing a logistics center. *Open Journal of Business and Management*, (2023), 12(1), 79. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2024.121006>
29. Ugrinov S, Čočkaló D, Terek E, Stanisavljev S, Bakator M, Gluvakov V. Improving efficiency in food and beverage supply chains. (2024), 2. <https://doi.org/10.3390/engproc2024079002>
30. Liu X. Digital transformation in the food and beverage industry: best practices for supply chain optimization. *Strategic Management Perspectives*, (2024), 1(8), 41. <https://doi.org/10.70088/238x5936>
31. Palomino-Paucar GP, Vidal-Ugarte AE, Meza-Ortiz RN. Optimizing warehouse management and order picking in spare-parts distribution: an empirical study in Peru on continuous improvement strategies. *International Journal of Economics and Management Studies*, (2025), 12(2), 11. <https://doi.org/10.14445/23939125/ijems-v12i2p102>
32. Delgado-Garces FA, Jalire-Machicado JW. Implementation of a Lean service model in fast-food restaurants: a case study on reducing order cancellations and improving inventory management. (2024) <https://doi.org/10.46254/in04.20240015>

33. Jasrotia MS, Sengottaiyan K. Systematic Layout Planning (SLP) for greater efficiency in plant layout design. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, (2024), 13(6), 820. <https://doi.org/10.21275/sr24610212609>
34. Delgado Solano SY. Competencies in agroindustrial processes among students of the Agroindustrial Engineering Program at Universidad de los Llanos. Colombia. (2024) <https://doi.org/10.31948/ru.v43i1.4316>
35. Salins SS, Zaidi SAR, Deepak D, Sachidananda HK. Designing an improved layout for a steel processing plant using SLP and lean manufacturing techniques. *International Journal of Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, (2024), 18(6), 3827. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01828-9>
36. Chen S. Workshop layout optimization based on an improved SLP method and intelligent algorithms: literature review and innovative directions. *International Journal of Global Economy and Management*, (2025), 6(3), 160. <https://doi.org/10.62051/ijgem.v6n3.21>
37. Lista AP, Tortorella GL, Bouzon M, Mostafa S, Romero D. Lean layout design: a practical case applied to the textile industry. *Production*, (2021), 31. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210090>
38. Nurudeen AH, Ugheoke IB. Optimal plant design using a generalized nonlinear structured component analysis approach. *Research Square*. (2025). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5936643/v1>