



Transformación industrial para el mejoramiento del desempeño operativo: Diseño de una Nueva Distribución de planta

Aristizabal Arango Miguel 1^{a,c}, Medina Osorio María del mar 2^{a,c}, Salcedo Chamorro Daniel 3^{a,c},

Muñoz Prado Francisco ^{b,c},

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen en español

La industria cosmética, en constante expansión global, emerge como un gran pilar económico en el Valle del Cauca. En este contexto, LA EMPRESA, protagonista local, requiere un nuevo diseño de la planta operativa para aumentar su competitividad y sustentabilidad. Ante el crecimiento del 30% de sus ventas con respecto al año 2022 y las limitaciones presentadas para el cumplimiento logístico oportuno de las operaciones, tal como la descentralización de las actividades de la planta es el principal factor para mejorar la eficiencia, la comunicación interna y el aprovechamiento de recursos. La implementación de un diseño integrado eficiente es crucial para poder suplir la demanda en las proyecciones de ventas; también para mantener una posición competitiva en un entorno empresarial dinámico. Es por esta razón que el reconocimiento de las tres P (procesos, producto, programación) surge como un pilar fundamental para identificar las variables de diseño y mejorar la gestión integrada de recursos y tecnologías. La identificación de desafíos presentes EN LA EMPRESA, como la capacidad de almacenamiento restringida y los tiempos ociosos, promueven la vital importancia de una redistribución de planta óptima para garantizar la satisfacción eficiente de la demanda pronosticada. En este orden de ideas, se reconoce la urgencia de abordar limitaciones propias al sistema Make to Order multiproducto de la empresa (sistema de producción por lotes), específicamente en la capacidad de almacenamiento de materia prima y/o producto terminado. Se espera que con el rediseño de la distribución se produzca un aumento en la capacidad de producción y almacenamiento, así como una disminución en los indicadores de flujo de personal, carga distancia y distancia de manejo de materiales.

Palabras claves: Capacidad, make to order, requerimientos, eficiencia, sistema.

Tabla de contenido

I. PROJECT CHARTER	5
II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NECESIDAD	7
A. Contexto y justificación	7
B. Grupos de interés.....	9
C. Plan de recolección de datos.....	13
D. Medición del sistema actual	15
E. Análisis de causas.....	25
F. Objetivo general.....	27
G. Revisión de literatura	27
III. DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR.....	29
A. Requerimientos del cliente	29
B. Análisis funcional.....	32
C. Fijación de requerimientos de diseño	33
E. Especificación del diseño	37
F. Plan de trabajo (PdT).....	38
IV. DESARROLLO Y DISEÑO.....	40
A. Análisis Producto - Cantidad.....	40
B. Análisis multiproducto	41
C. Diagrama de recorrido.....	43
D. Matriz de relaciones	46
E. Diagrama de relación de actividades	48
F. Planos de bloques.....	49
G. Propuesta de diseño.....	72
H. Evaluación de indicadores.....	80
I. Evaluación financiera	85
V. REFERENCIAS.....	89
VI. ANEXOS.....	91

Índice de Tablas

Tabla I. Indicadores de desempeño a medir
Tabla II. Gramos Fabricados por mes / 2023
Tabla III. Resultados de indicadores de desempeño
Tabla IV. Requerimientos de Stakeholders
Tabla V. Fijación de requerimientos Stakeholders
Tabla VI. Maquinaria disponible en LA EMPRESA
Tabla VII. Análisis PQ por las líneas de producción
Tabla VIII. Análisis PQ línea N°1
Tabla IX. Tabla de valor de proximidad
Tabla X. Tabla de motivos
Tabla XI. Resumen matriz de relaciones
Tabla XII. Layout assessment scores
Tabla XIII. Evaluación diseño N°1
Tabla XIV. Evaluación diseño N°2
Tabla XV. Evaluación diseño N°3
Tabla XVI. Evaluación diseño N°4
Tabla XVII. Evaluación diseño N°5
Tabla XVIII. Requerimientos área de producción
Tabla XIX. Requerimientos área de producción de plásticos

Tabla XX. Lotes estándar pedido
Tabla XXI. Jornada laboral actual
Tabla XXII. Jornada laboral propuesta
Tabla XXIII. Capacidad de máquinas
Tabla XXIV. Pedidos actuales
Tabla XXV. Pedidos meta
Tabla XXVI. Tiempos en maquina por pedido
Tabla XXVII. Parámetros de entrada del sistema
Tabla XXVIII. Parámetros de entrada distribución triangular
Tabla XXIX. Parámetros adicionales del sistema (flexsim)
Tabla XXX. Contenido Máximo sistema actual
Tabla XXXI. Tiempo de ciclo del sistema actual
Tabla XXXII. Inactividad máquinas – tiempo actual
Tabla XXXIII. Posiciones de estibas de producción del sistema actual
Tabla XXXIV. Nivel de servicio por familia de producto
Tabla XXXV. Contenido Máximo sistema propuesto
Tabla XXXVI. Tiempo de ciclo del sistema actual
Tabla XXXVII. Nivel de servicio sistema propuesto
Tabla XXXVIII. Requerimientos área de Logística
Tabla XXXIX. Requerimientos área de Almacenamiento Producto terminado
Tabla XL. Dimensiones de pasillos áreas
Tabla XLI. Evaluación indicadores de desempeño – sistema propuesto
Tabla XLII. Indicador carga distancia diseño propuesto
Tabla XLIII. Medición indicador distancia manejo de materiales
Tabla XLIV. Medición indicador flujo de personal
Tabla XLV. Posiciones de estibas áreas de almacenamiento
Tabla XLVI. Productividad del sistema propuesto
Tabla XLVII. Evaluación económica
Tabla XLVIII. Proyección trimestral flujo de caja bruto
Tabla XLIX. Anexos

Índice de Figuras

Figura 1. Desempeño de la EMPRESA (fuente: LA EMPRESA)
Figura 2. Ventas de la EMPRESA vigencia 2023
Figura 3. Proyección de ventas vigencia 2024
Figura 4. Seis ejes estratégicos de LA EMPRESA
Figura 5. Matriz Poder vs interés
Figura 6. Diagrama SICPOC- Proceso de producción
Figura 7. Vista satelital Distribución de planta Actual
Figura 8. Diagrama de flujo actual del proceso de producción.
Figura 9. Plano Bodega 302 / Oficinas Administrativas (fuente: LA EMPRESA)
Figura 10. Plano Bodega 302 / Oficina Contable y Compras. (fuente: LA EMPRESA)
Figura 11. Plano Bodega 1801 – Piso 1° (fuente: LA EMPRESA)
Figura 12. Plano Bodega 1801 – Piso 2° (fuente: LA EMPRESA)
Figura 13. Distribución de planta de producción / Envasado /Etiquetado (fuente: LA EMPRESA)
Figura 14. Distribución de planta de producción de envases plásticos (fuente: LA EMPRESA)
Figura 15. Distribución de planta de almacenamiento y centro logístico de despacho (fuente: LA EMPRESA)
Figura 16. Líneas de producto de la marca de LA EMPRESA
Figura 17. Línea de producción productos Semilíquidos.
Figura 18. Línea de producción productos líquidos.
Figura 19. Línea de producción productos viscosos.
Figura 20. Análisis de los cinco porques
Figura 21. Diagrama Ishikawa

- Figura 22. Matriz BCG clasificada.
- Figura 23. Árbol de Objetivos.
- Figura 24. Caja transparente.
- Figura 25. Metodologías de diseño - Distribución de planta
- Figura 26. Matriz Multicriterio AHP selección de alternativas.
- Figura 27. Plan de trabajo
- Figura 28. Análisis PQ
- Figura 29. Análisis PQ línea N°1
- Figura 30. Diagrama multiproductos estándar
- Figura 31. Análisis multiproductos
- Figura 32. Diagrama de recorrido – área de logística
- Figura 33. Diagrama de recorrido – área de producción
- Figura 34. Diagrama de recorrido – área de fabricación de envases
- Figura 35. Diagrama de recorrido – área de calidad
- Figura 36. Matriz de relaciones
- Figura 37. Código de proximidades
- Figura 38. Diagrama de relación de actividades
- Figura 39. Resumen diagrama adimensional
- Figura 40. Propuesta de diseño adimensional N°1
- Figura 41. Propuesta de diseño adimensional N°2
- Figura 42. Propuesta de diseño adimensional N°3
- Figura 43. Propuesta de diseño adimensional N°4
- Figura 44. Propuesta de diseño adimensional N°5
- Figura 45. Diagrama flujo de materiales
- Figura 46. Diagrama de flujo de personas
- Figura 47. Simulación -Modelo productivo
- Figura 48. Flujo de materiales y la secuencia de procesos
- Figura 49. Estado sistema actual
- Figura 50. Simulación – modelo productivo propuesto
- Figura 51. Estado sistema propuesto
- Figura 52. Modelo de optimización para dimensiones de almacenes
- Figura 53. Parámetros Solver área logística
- Figura 54. Parámetros Solver área producto terminado
- Figura 55. Plano dimensional de bloques
- Figura 56. Zonificación planta
- Figura 57. Diseño de planta vista aérea
- Figura 58. Diseño de planta vista aérea – cotas
- Figura 59. Diseño de planta vista con perspectiva
- Figura 60. Diseño de planta vista panorámica
- Figura 61. Diseño de planta segundo piso
- Figura 62. Flujo de materiales diseño propuesto
- Figura 63. Flujo de personal diseño propuesto
- Figura 64. Proyección flujo de caja bruto trimestral

I.PROJECT CHARTER

Breve resumen del proyecto (Business case)	
<p>La industria cosmética, en constante expansión global, emerge como un gran pilar económico en el Valle del Cauca. En este contexto, LA EMPRESA, protagonista local, encara la necesidad de optimizar su estructura operativa para continuar expandiéndose, aumentar su competitividad y sustentabilidad. Ante un escenario de crecimiento de ventas y restricciones logísticas, la centralización de operaciones en una sola planta se vislumbra como una inaplazable exigencia para mejorar la eficiencia, la comunicación interna y maximizar el aprovechamiento de recursos. La implementación de un diseño integrado eficiente es crucial para poder suplir la demanda en las proyecciones de ventas, también para mantener una posición competitiva en un entorno empresarial dinámico.</p>	
Problema (Problem statement)	Impacto en los actores (Business Need—Stakeholders)
<p>El problema que se aborda en el transcurso del proyecto consiste en la falta de capacidad operativa de LA EMPRESA.</p>	<p>Se espera que el proyecto en cuestión diseñe una distribución de planta que genere un impacto positivo para LA EMPRESA y los grupos de interés cumpliendo con la fijación de requerimientos de diseño.</p>
Objetivo general (Goal statement)	
<p>Diseñar una nueva distribución de la planta de producción para LA EMPRESA, utilizando herramientas analíticas y de simulación que permitan el mejoramiento de los indicadores de desempeño.</p>	
Objetivos específicos (Project Scope)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Caracterizar el sistema productivo actual mediante técnicas de análisis de procesos para establecer las características de diseño requeridas para la nueva distribución de planta. 2. Desarrollar una distribución de planta mediante la comparación de diferentes configuraciones generadas con herramientas analíticas para satisfacer los requerimientos de diseño. 3. Validar el impacto técnico y financiero de la nueva distribución de planta, mediante modelos analíticos, financieros y de simulación de eventos discretos para proyectar el impacto en los indicadores de desempeño. 	
Equipo de trabajo (Team members)	



Daniel Salcedo Chamorro

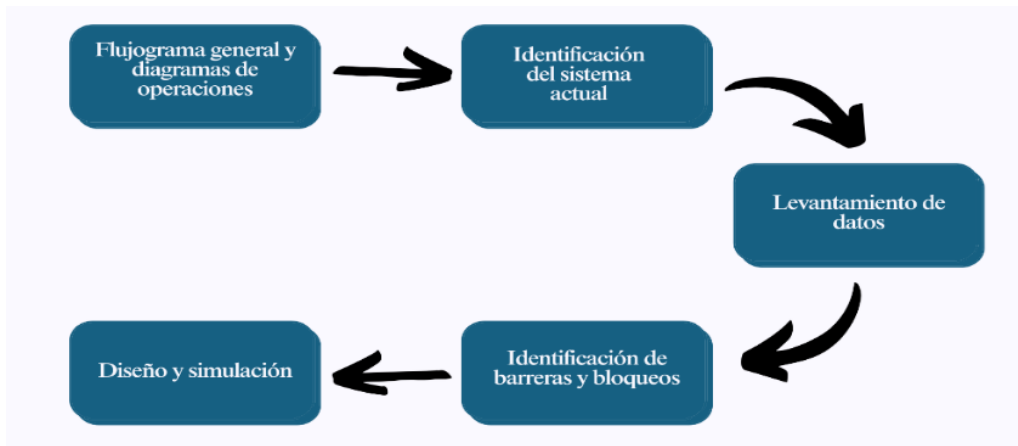


María del mar medina Osorio



Miguel Ángel Aristizábal

PLAN DE TRABAJO PROPUESTO



II.DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NECESIDAD

A. Contexto y justificación

La industria cosmética es uno de los sectores más importantes y de más rápido crecimiento en la economía global, con unos ingresos de 100.490 millones de dólares en todo el mundo [1]. Las principales categorías de productos incluidas en el mercado de la cosmética son el cuidado de la piel, el cuidado del cabello, el maquillaje, los perfumes, los artículos de tocador y desodorantes, y la cosmética bucal, siendo el cuidado de la piel la categoría líder en 2021 [2]. Las empresas líderes de cosméticos y productos de belleza son principalmente corporaciones multinacionales, como L'Oreal, que fue el principal fabricante a nivel mundial en 2021, con unos ingresos de alrededor de 35 mil millones de dólares estadounidenses [3]. El sector también se caracteriza por una gran presencia de grandes, pequeñas y medianas empresas en Colombia, las cuales han alcanzado un valor conjunto de ventas anuales superior a los 2.000 millones de dólares, manteniéndose en el quinto mayor mercado regional y se estima que los ingresos por dichos productos aumentarán aproximadamente un 28% entre 2022 y 2025[4].

El crecimiento sostenido de la industria de belleza juega un papel fundamental en el desarrollo económico de un país, especialmente en regiones como el Valle del Cauca, que representan una parte significativa del Producto Interno Bruto nacional. La EMPRESA emerge como pilar esencial en este proceso, destacándose como una fuerza motriz dentro de la economía local. Al ser parte de una región que figura como la tercera economía más grande del país, después de Bogotá y Antioquia, y contribuir considerablemente con un 8,7% [5] al PIB nacional, el impacto de esta industria en el panorama económico del Valle del Cauca es innegable, a continuación, se presenta el panorama del comportamiento económico en los últimos años:

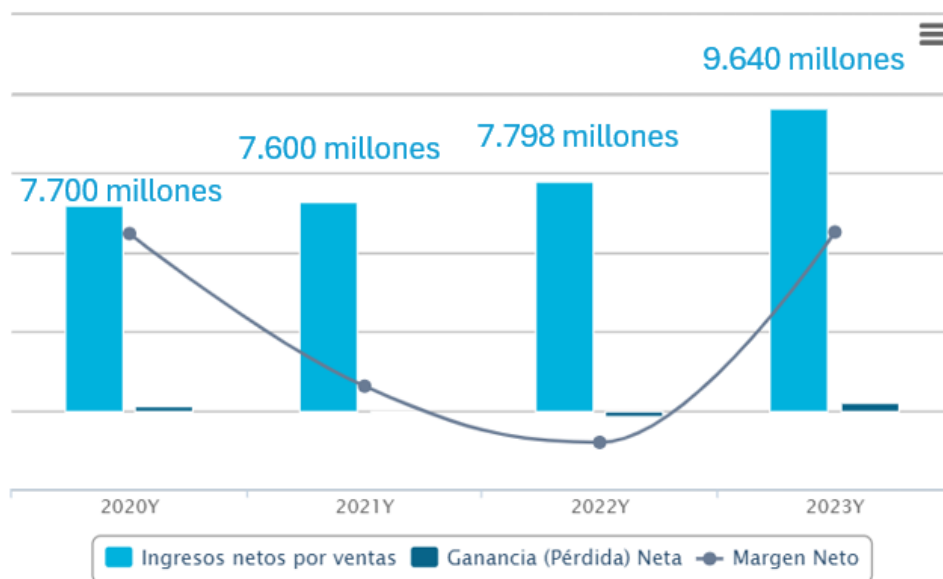


Figura 1. Desempeño de la EMPRESA (Fuente: LA EMPRESA)

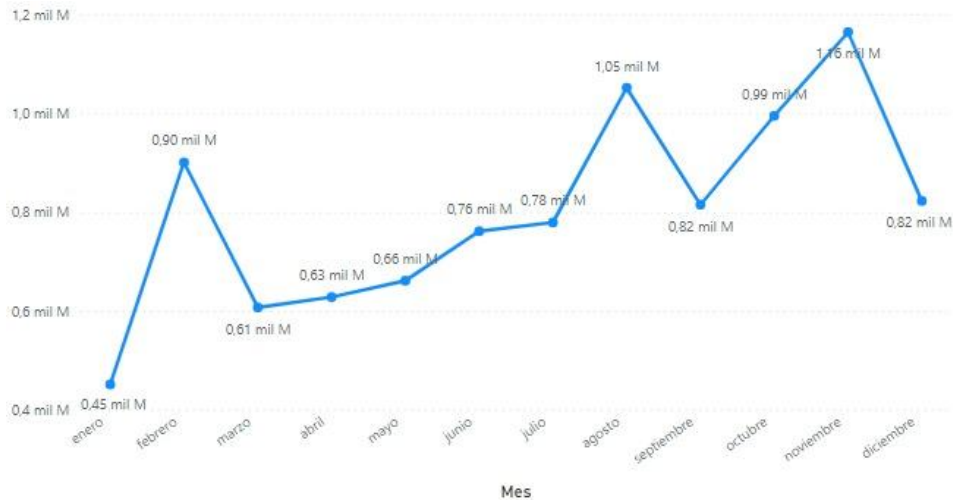


Figura 2. Ventas de la EMPRESA vigencia 2023 (Fuente: LA EMPRESA)

De acuerdo con la *Figura 1* y la *Figura 2*, se observa que el comportamiento de ventas de la empresa ha sido creciente a partir del año 2021 hasta el 2023, La EMPRESA registró ventas significativas de 9.640 millones mediante sus 5 líneas de productos para el cuidado y limpieza del cabello, lo que representa un aumento del 30 % de sus ventas en el año 2023 con respecto al año 2022 específicamente con un margen de ingresos netos por ventas 31,68% [21]. Lo que plantea un desafío inminente para optimizar su estructura operativa. Actualmente, la distribución en cinco plantas separadas conlleva complicaciones logísticas y operativas. Por lo tanto, la consolidación en una sola planta representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia operativa, facilitar la comunicación interna y optimizar el uso de recursos, lo que contribuirá a la rentabilidad y competitividad de LA EMPRESA. La urgencia de esta reorganización radica en el crecimiento en ventas, las limitaciones de capacidad y extensión de los turnos del personal, por lo que se requiere una transición controlada para evitar interrupciones operativas mientras la empresa continúa expandiéndose en el mercado. Es crucial destacar que la falta de esta reestructuración podría resultar en redundancias operativas y una gestión fragmentada menos eficiente, lo que afectaría negativamente el rendimiento y la rentabilidad de LA EMPRESA. Además de los beneficios operativos inmediatos, la consolidación en una sola planta sienta las bases para futuras expansiones y adaptaciones, permitiendo a LA EMPRESA mantener un crecimiento controlado. Esta oportunidad surge como respuesta a la necesidad de maximizar la capacidad y mantener el posicionamiento en el mercado, dando cumplimiento a las metas consolidadas para el presente año 2024.

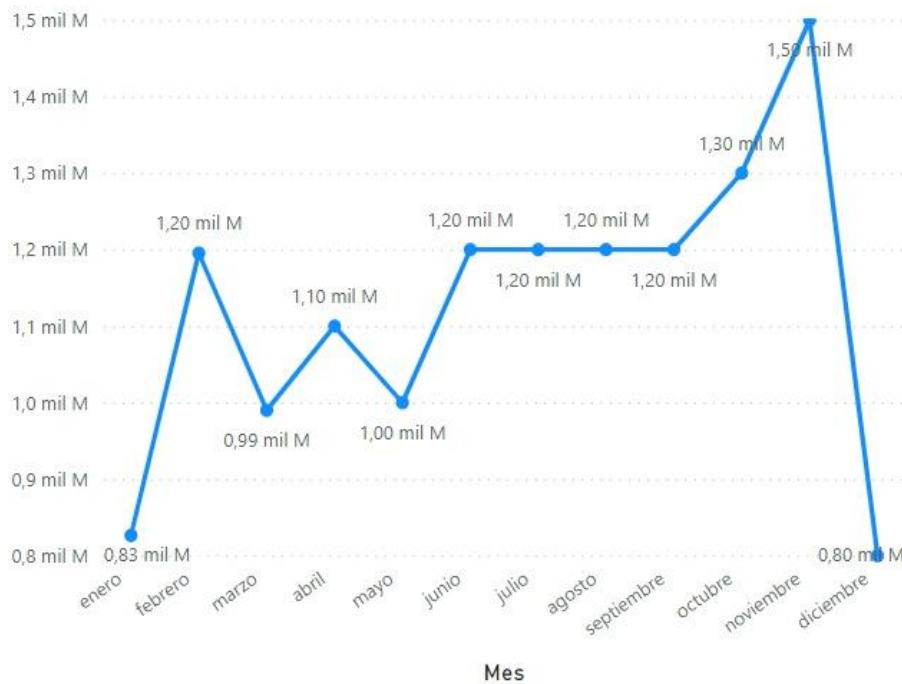


Figura 3. Proyección de ventas vigencia 2024 (Fuente: LA EMPRESA)

Con base en la *Figura 3* se muestran los datos suministrados por el grupo financiero de LA EMPRESA y representan la proyección de ventas para el presente año 2024, la implementación de un rediseño es fundamental para alcanzar las metas proyectadas de \$13.511.804.102, es por esto que el nuevo diseño la distribución de planta más que una oportunidad, es una necesidad, de esta manera se asegurará una mayor sinergia y preparación oportuna de la empresa para hacer frente con éxito a las exigencias del mercado; capaz de responder a la productividad requerida para satisfacer las demandas de los clientes. El nuevo diseño de distribución de plantas para LA EMPRESA no solo generará empleo y fomentará la innovación dentro de la industria de belleza, sino que también se convertirá en un punto de referencia en cuanto a innovación y mejora de la competitividad, contribuyendo al logro de estándares de calidad excepcionales. Su presencia fortalecerá la cadena de valor regional y su compromiso con la calidad y la eficiencia contribuirá directamente al crecimiento económico continuo del Valle del Cauca, asegurando un futuro próspero tanto para la economía regional como nacional en su conjunto.

B. Grupos de interés

Las partes interesadas y/o grupos de partes interesadas se definen como "cualquier grupo o individuo que puede afectar o verse afectado por la consecución de los objetivos de la organización" [6]. estos actores tienen un poder directo en la influencia del futuro de la organización. Por consiguiente, la identificación y clasificación del impacto de estos grupos son fundamentales para establecer relaciones legítimas con los involucrados. El análisis de los stakeholders es crucial para reconocer las relaciones directas que existen con ellos, ya que estas se basan en la dependencia de recursos específicos, la reputación y/o misión corporativa. La interrelación entre los grupos de interés y la organización se sustenta en definiciones homogéneas de reputación corporativa. El análisis del concepto de reputación corporativa ha revelado que, como resultado de la interacción entre los grupos de interés y la organización, los compromisos a largo plazo entre ambas partes pueden garantizar una actuación efectiva, incluso en tiempos de crisis [7] donde la confianza mutua es la base del éxito a largo plazo. Por tal razón LA EMPRESA al realizar un diagnóstico de

su plataforma estratégica en congruencia con los objetivos de los grupos de interés y del proyecto, clasificó 6 ejes estratégicos de la siguiente manera, asegurando que estén en línea con la visión empresarial y contribuyan al alcance de esta:



Figura 4. Seis ejes estratégicos de LA EMPRESA

Se ha demostrado que las organizaciones que se preocupan por los *stakeholders* consiguen mejores resultados económicos que aquellas que los ignoran [8], es por esto por lo que LA EMPRESA debe esforzarse por mantener relaciones directas, satisfacer las expectativas y coordinar los intereses de las partes interesadas. También debe ser capaz de satisfacer sus requisitos, ya que, si las partes interesadas perciben que no obtienen suficientes beneficios, pueden optar fácilmente por cooperar con otra organización. Al reconocer los 6 ejes estratégicos que contribuyen al fortalecimiento de la estrategia organizacional tal y como se muestra en la Figura 3. La EMPRESA y la ejecución de este proyecto se enfoca en que los grupos de interés deben además aportar al mejoramiento de la calidad, la eficacia y el mejor aprovechamiento de recursos. La calidad se ve reflejada en el planteamiento de los objetivos del proyecto y el alcance de la empresa en colaboración con los grupos de interés, mientras que la gestión eficiente y el logro de la eficacia se asocia a la disminución del desperdicio, el cumplimiento oportuno de las demandas de los clientes, el mejoramiento de los procedimientos y los tiempos de operación, lo que nos permite avanzar hacia las metas de LA EMPRESA a través de la implementación del proyecto.

En definitiva, los *stakeholders* influyen en la administración de una compañía y por tanto se debe llevar una dirección de estos, del siguiente modo:

- Comprender desde la perspectiva racional, quienes son los *stakeholders* de LA EMPRESA y que intereses se observan.
- Entender los procesos organizacionales utilizados para dirigir las relaciones da LA EMPRESA con los mismos, y si estos encajan con el mapa de *stakeholders* racional de la compañía.
- Comprender el conjunto de transacciones o negocios entre LA EMPRESA y sus stakeholders [8].

Cuando el equipo ha establecido la línea base y ha comprendido el impacto necesario de los grupos de interés para el alcance de la visión empresarial y el objetivo del proyecto, se procede a un análisis general y reconocimiento de dichos grupos. Este proceso permite categorizarlos en función de los seis intereses mencionados anteriormente y además el impacto sobre el proyecto a ejecutarse. De esta manera, se logra la identificación de nueve grupos de interés claves:

La Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo de la ANDI, es un gremio comprometido con el fortalecimiento y crecimiento de las empresas que forman parte de su sector. Consciente de los beneficios económicos para el país y para los actores de la cadena

de valor de la industria de belleza, esta cámara se erige como un aliado estratégico que contribuye a la expansión y mejora continua de LA EMPRESA. Su compromiso se refleja en acciones concretas que fomentan el desarrollo del sector a nivel nacional e internacional. Entre estas acciones se incluyen estrategias que atraen inversión y estimulan el consumo, en un marco que promueve la responsabilidad social, la innovación en infraestructura, el desarrollo tecnológico, la logística eficiente, la gestión financiera sólida y el marketing efectivo.

Inversionistas/ Socios, debido al acelerado crecimiento de la industria de belleza en el país, ha demostrado ser difícil de resistir, atrayendo a muchas empresas e inversionistas nuevos. Las marcas deben tomar decisiones diferenciadoras para tener éxito en este panorama cambiante y cada vez más competitivo. De la que quieren formar parte muchas personas, desde financieros de alto nivel hasta celebridades de categoría A, y con justa razón. Luego de una sólida recuperación desde el punto álgido de la pandemia del COVID-19 para muchas empresas de belleza y en especial para LA EMPRESA, el rápido crecimiento de marcar individuales y su necesidad de producción en masa hace que la EMPRESA a partir de su nuevo diseño de distribución de planta añada un valor aún más atractivo, ya que además de indicar una búsqueda de eficacia y productividad. Este crecimiento sugiere que su modelo de negocio está funcionando correctamente, convirtiéndola en una opción atractiva para la inversión. Para LA EMPRESA, un socio capitalista o trabajador se concibe como una alianza estratégica evaluable, a partir de su modelo financiero y viabilidad.

Invima. identidad en búsqueda del cuidado de la salud, encargado de ejecutar las políticas formuladas por el Gobierno en materia de inspección, vigilancia y control sanitario, basado en la gestión del riesgo de los productos de su competencia, para proteger y promover la salud pública a través de la articulación sectorial e intersectorial y contribuir a la mejora continua del estatus sanitario.^[9] Por consiguiente, el INVIMA, como entidad reguladora, emerge como un grupo de interés crucial para la realización exitosa de nuestro proyecto. Es imperativo que cumplamos con todas las regulaciones establecidas para garantizar que la planta de producción cumpla con los más altos estándares de protección integral, salud, seguridad y certificación de calidad.

La referenciación entre empresas cosméticas en el valle es el mejor método colectivo para el crecimiento y mejoramiento continuo de las empresas, por lo que LA EMPRESA puede convertirse en referente o asociado para la producción en masas de las distintas líneas de cosméticos, o por otro lado puede acelerar la competitividad entre las distintas compañías, lo que requiere el rediseño de su estrategia de mercado para la captación y/o fidelización de sus clientes.

La gerencia es el principal interesado en los avances, necesidades y retos de la empresa; ya que participa directamente en la toma de decisiones estratégicas, el direccionamiento de las operaciones, la administración y asignación de recursos según las necesidades.

Las MiPymes, representando más del 99% de las empresas en nuestro país, desempeñan un papel vital en la economía. Son responsables de aproximadamente el 79% del empleo y contribuyen con un 40% al Producto Interno Bruto (PIB)^[10]. Este grupo es de interés prioritario, ya que actúan como los principales distribuidores minoristas de los productos terminados. Su participación es fundamental para obtener una visión más amplia de los productos, lo que a su vez impulsa el reconocimiento de la marca y las ventas.

Proveedores, dado el crecimiento proyectado de LA EMPRESA, el aumento de la capacidad de producción es de suma importancia para sus proveedores. Esto se debe a que un aumento en la demanda de productos por parte de LA EMPRESA resultaría en mayores ventas para ellos. Además, los proveedores también deben evaluar su capacidad para responder a la nueva demanda de suministros requeridos por LA EMPRESA, por lo que los costos pueden disminuir o aumentar.

Las marcas buscan una compañía capaz de cumplir con la producción necesaria para satisfacer la demanda de los productos, debido al crecimiento en la creación de líneas de cosméticos para cuidado de la mujer. Por lo tanto, los emprendimientos en crecimiento pueden identificar a LA EMPRESA como el aliado más adecuado para la producción o creación de sus productos, ya que cuenta con el equipo industrial e interdisciplinario.

Operarios, el nuevo diseño de planta convierte a los operarios en el principal grupo de interés, ya que mejoraría significativamente el rendimiento operativo de cada uno. Lo que a su vez transforma la mano de obra mucho más eficiente, pero también se debe considerar el impacto de la reducción de la mano de obra por la automatización de los procesos a mejorar.

Después de evaluar posibles afectaciones, riesgos y beneficios de los grupos de interés, es esencial emplear herramientas de priorización. Esto se debe a que estos grupos no tienen el mismo nivel de interés, influencia, poder de decisión o urgencia respecto a los resultados del proyecto. Por lo tanto, la “Matriz poder vs. Interés” se utiliza para visualizar la importancia relativa de los grupos de interés en relación con el nuevo diseño de la distribución de plantas. Esta matriz facilita la identificación de los tipos de relaciones críticas y proporciona una base para la ejecución de las estrategias corporativas de manera efectiva. La figura 4 muestra la priorización de los nueve grupos identificados, donde el eje horizontal representa la escala de interés y el eje vertical representa el poder de influencia de los grupos de interés.

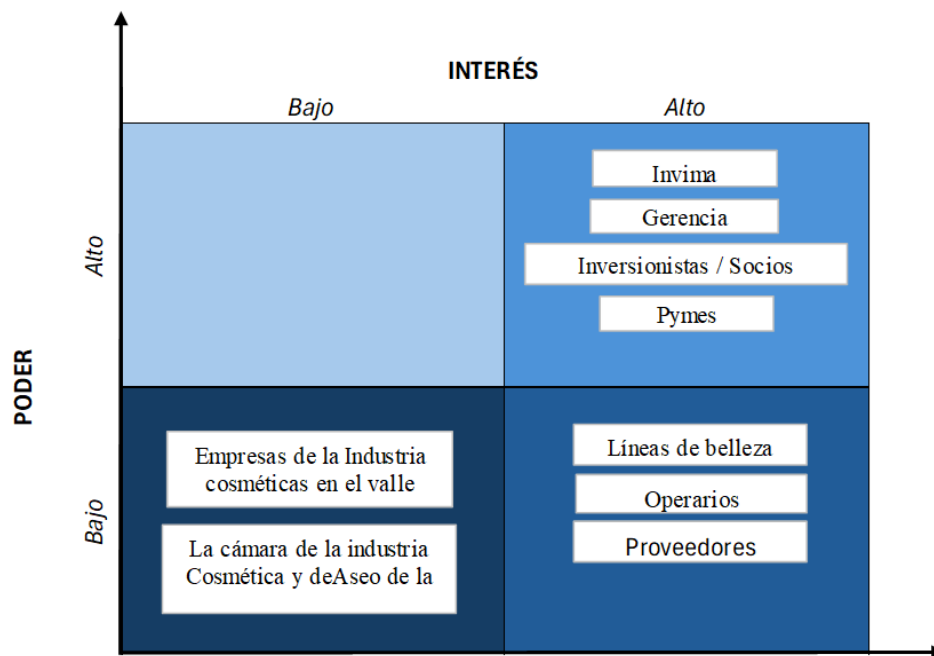


Figura 5. Matriz Poder vs interés

El principal insumo para la categorización, priorización y posterior representación gráfica tal como se muestra en el ANEXO 1. Se desarrolló a través de evaluaciones numéricas, lo que proporciona una visión más clara de la importancia de cada grupo de interés en la matriz. A partir de la Figura 4, se identifican cuatro grupos de interés que destacan en interés y en poder del 60,38% en el proyecto: INVIMA €, Pymes (F), Gerencia € e Inversionistas/socias (B), siendo actores claves. Por lo tanto, es fundamental priorizarlos para garantizar su participación y gestión cercana. Por otro lado, los grupos de líneas de belleza (G), Operarios(H) y Proveedores (I) muestran una diferencia aún mayor en cuanto al poder de influencia en el proyecto, siendo este de baja magnitud. Sin embargo, es importante mantener una comunicación directa con ellos sobre los diversos resultados del proyecto. Finalmente, se encuentran los grupos con un bajo interés y poder en la ejecución del proyecto, como la Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo (A) y las empresas de la industria cosmética del valle (D). Aunque pueden contribuir al crecimiento y valoración de la compañía, su interacción, involucramiento y comunicación directa no son necesarios para la ejecución del proyecto.

C. Plan de recolección de datos

Reconocer la importancia de la recolección de datos en una organización para la toma de decisiones es fundamental para lograr resultados positivos. La recolección y análisis de datos son aspectos críticos, ya que proporcionan información crucial sobre el estado actual del sistema a evaluar [11]. Por ende, en la planificación de una nueva distribución de planta para LA EMPRESA, que implica una expansión y una distribución efectiva de sus procesos para alcanzar las proyecciones de ventas para el año 2024 (13.511.804,102 millones) y satisfacer el crecimiento futuro del mercado, es esencial establecer un plan detallado de recolección de datos, esto permitirá obtener información precisa, concisa y relevante para el éxito del proyecto. Para implementar un proceso de recopilación de datos coherente que refleje la realidad empresarial que se pretende conocer y llevar a resultados que contribuyan a lograr los objetivos propuestos.

Los procesos de obtención de datos generalmente se dividen en cuatro niveles: epistemológico, teórico, metodológico y técnico. El proyecto actualmente se encuentra en el nivel metodológico, ya que el equipo cuenta con un diagnóstico estructurado dado que se conoce de antemano los aspectos relevantes a medir con base a los elementos que contemplan la problemática actual y la identificación de la necesidad de la información. Por tanto, establecer la metodología de recolección de información e instrumentos de medición, permitirá aplicar, preparar y/o organizar la información obtenida para facilitar su análisis y el estado actual de la distribución de la planta.[12]

El diagnóstico de la actual distribución de planta se realizará con información secundaria obtenida con contacto indirecto con el objeto de estudio, la información ya existe, la han construido y recolectado los jefes de las áreas de operación de la planta, por lo que las técnicas e instrumentos a medir ya se han diseñado, de este modo el margen de error de la recolección de datos por los integrantes del proyecto no es controlable y no puede ser medible. Se debe implementar técnicas para obtener información de fuentes primarias, ya que, a partir de la problemática identificada, es necesario la observación científica, estructurada y participativa, junto con el líder del área correspondiente, para la medición o alimentación de los indicadores claves del proyecto.

Dado que los objetivos de la investigación demandan establecer entrevistas estructuradas conforme a los temas, tales como informes financieros, requerimientos operacionales, restricciones de diseño y detalles de los puestos de trabajo [12]. Para adquirir información transversal es necesaria la metodología, así se establece la base inicial para alinear la información recolectada con los objetivos del nuevo diseño de distribución de planta, permitiendo identificar, analizar y visualizar todos los elementos influyentes en LA EMPRESA para su implementación, permitiendo un diseño eficiente, optimo, competitivo y productivo.

2. Fuentes de información primaria:

Proceso de levantamiento de información: Esté proceso se lleva a cabo por días, en donde cada integrante del equipo será asignado a cada una de las áreas de la planta. Una vez los integrantes estén en las áreas con sus respectivos formatos, se registrarán todos los datos establecidos en estos. Además, los integrantes del grupo tendrán que identificar constantemente aquellas mediciones atípicas que pueden afectar el análisis del estado actual de la planta y sus barreras. Esta fase es muy importante, ya que es esencial reconocer las dificultades potenciales en las operaciones actuales, para que el planteamiento del nuevo diseño de distribución de planta disminuya los factores que afectan el rendimiento operativo de la planta. Los datos registrados servirán para alimentar la información necesaria establecida por los indicadores clave del proyecto.

2. Fuentes de información secundaria: Principalmente se recopilará información directamente de los principales grupos influyentes de la organización que pueden impactar o ser impactados de forma directa por este proyecto. Esto incluye al gerente, jefes de área, supervisores y operarios. Cada uno de estos grupos aportará una perspectiva única (desde su puesto de trabajo) que contribuirá a una comprensión de los intereses, desafíos y oportunidades asociadas con el nuevo diseño de la distribución de planta.

Jefes de área y/o supervisores: Se solicitará información enfocada en las necesidades y expectativas de las áreas, requisitos operativos específicos, manual de funciones de cada operario, metas establecidas, planos actuales de la planta y procedimientos.

Esta recolección de datos se llevará a cabo mediante entrevistas no estandarizadas. Se le solicitará información financiera y general de la empresa relevante (referencias, ventas, demandas, contratos, entre otros.) que permita evaluar la viabilidad económica del

proyecto y sus implicaciones en los resultados financieros de la empresa. Además, se obtendrá información de los intereses de los clientes.

Este enfoque integral de recolección de datos garantizará que se obtenga una visión completa y detallada de los factores que influyen en el diseño de la distribución de planta, permitiendo así la toma de decisiones informadas y estratégicas. Dando cumplimiento a la estructura de recolección de datos, se obtiene el diagnóstico actual, necesidades y retos, de esta manera, se plantean los indicadores claves (KPI's) a medir y controlar para la ejecución del proyecto de diseño.

TABLA I.
INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Fórmula
Capacidad de la planta	Conocer la capacidad de producción de planta	Evaluar la capacidad de producción de la planta para garantizar que pueda satisfacer la demanda de los clientes en un periodo de tiempo determinado.	<i>Kilogramos de producto terminado por mes</i>
Carga - Distancia	Medir la cantidad de carga y distancia en transporte interno.	La relación carga – distancia es un indicador crucial en una planta, más en una planta como esta, ya que presentan grandes distancias entre áreas y en un día pueden presentar un número elevado de unidades transportadas, lo cual significa que se está perdiendo tiempo del operario y dinero para la industria.	<i>Carga(unidades) * Distancia entre áreas (m)</i>
Distancia Manejo de Materiales	Examinar la cantidad de metros recorridos según los viajes de los operarios con insumos que su puesto de trabajo incluya transporte entre áreas.	Se enfoca en cuantificar la distancia total recorrida por los operarios que realizan traslados con insumos entre diferentes áreas dentro de la planta.	<i>(personas con insumos * distancia * cantidad de viajes)</i>
Flujo de Personal	Estimar el flujo de personas entre áreas según la distribución de planta.	Cuantifica el flujo de personal entre áreas (ida y vuelta). Un flujo de personal óptimo en una distribución de planta garantiza que cada área reciba la cantidad adecuada de recursos humanos para acrecentar la productividad.	<i>Viajes totales * metros recorridos * 2</i>
Proporción de tiempo perdido por operario	Evaluar eficiencia del personal operativo	Indica la proporción de tiempo que el operario está destinando a hacer cosas distintas a sus actividades de trabajo.	$\frac{\text{Tiempo en otras actividades}}{\text{Tiempo total de Operario}} \cdot 100$
Número de posiciones de estibas en bodega	Conocer la capacidad de almacenamiento de materia prima y producto terminado	Conocer la capacidad de almacenamiento de materia prima y producto terminado	<i>Numero de posiciones de estibas</i>
Productividad	Medir la eficiencia en la producción	Evaluar la relación entre la producción obtenida y las horas hombre utilizadas	<i>Cantidad de producto terminado / total de horas hombre</i>

D. Medición del sistema actual

El sector de productos de belleza y cuidado personal, demanda constantemente la adopción de nuevas técnicas y procedimientos para elevar la calidad de los productos y satisfacer las necesidades cambiantes de la industria. Ante la necesidad de ampliar su distribución actual y consolidar sus cinco plantas de producción en una sola de LA EMPRESA, en primera instancia se debe identificar el estado actual del sistema. Esto permitirá identificar las necesidades de diseño, con el fin de que la nueva distribución de planta cumpla con el mejoramiento continuo de los indicadores clave de rendimiento (KPIs), el incremento de la capacidad de producción y productividad. Para el alcance de la mejora continua y rendimiento óptimo, es necesario integrar la metodología “Value Engineering y Lean Thinking”. Esta integración garantiza un enfoque híbrido que alinea a la caracterización SIPOC con la mejora de los procesos de la EMPRESA desde la obtención de la materia prima, hasta la personalización y entrega del producto final a los clientes. Este análisis está basado en los cinco elementos claves de análisis para el mejoramiento continuo de los procesos: Proveedor, Entrada, Proceso, Salida y Cliente-Campo [14][15]:

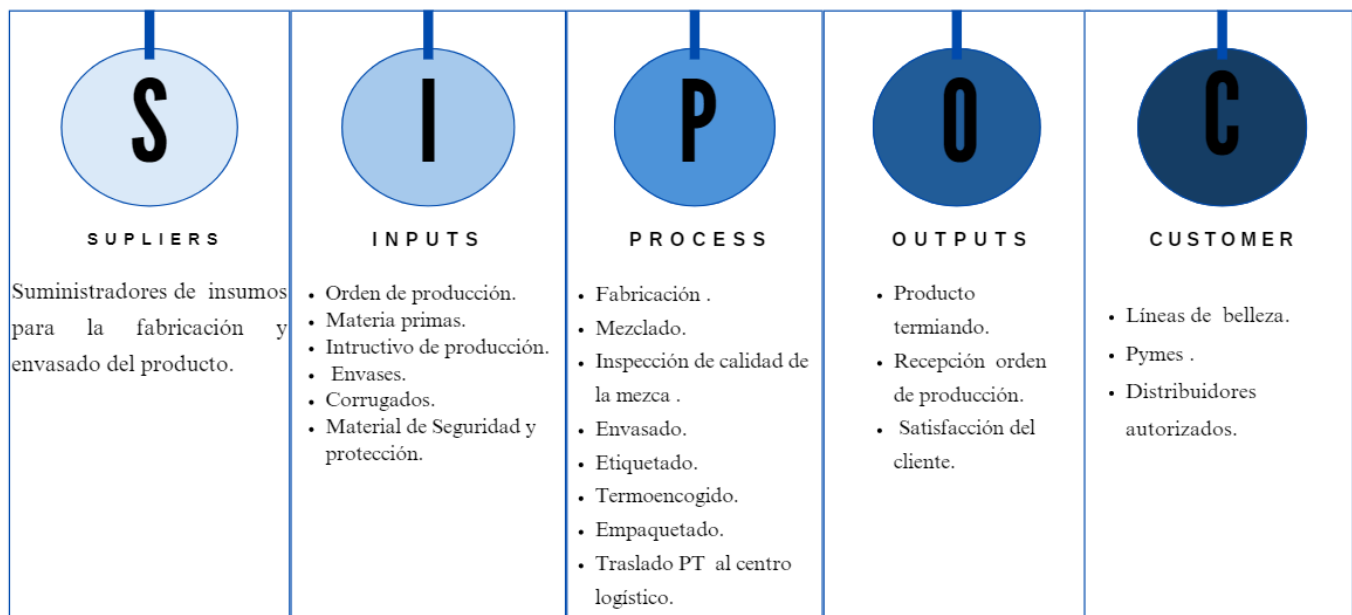


Figura 6. Diagrama SIPOC- Proceso de producción

A través de la caracterización del proceso, se identificó una problemática en la recepción de la materia prima. Debido a la capacidad limitada de almacenamiento, por lo tanto, no se cumple con la planificación de entrega de la materia prima al área de producción, lo que genera incumplimientos en la planeación de los tiempos de producción. Además, en el proceso de inputs se visualizó un problema con los flujos de materia prima e insumos para el cumplimiento de las órdenes de compra. Se evidencia un sistema flow shop make to order (Sistema de producción por lotes – Multiproducto); actualmente LA EMPRESA presenta retrasos en la entrega oportuna de los productos terminados por su falta de capacidad. La incorrecta distribución de las áreas de trabajo disminuye significativamente los resultados de los indicadores de desempeño, por lo que es esencial reconocer la distribución de los departamentos para contemplar su sistema productivo actual. Para ello, es necesario comprender las actividades, los flujos de trabajo, las decisiones, las conexiones y los roles dentro de la empresa; para reconocer dichas características, a continuación, se presentan los departamentos a través de vista satelital de la ubicación fragmentada de LA EMPRESA actual donde:

1. Área Administrativa.
2. Área de Fabricación de Pellets.
3. Área de Logística.
4. Área de Producción.
5. Área de Calidad.



Figura 7. Vista satelital Distribución de planta Actual

Pará asegurar una producción eficiente de la EMPRESA, es fundamental la implementación y análisis de las tres P (procesos, producto, programación), de esta manera nos permite identificar las variables del diseño para la innovación, mejora, instalación y administración de sistemas integrados de recursos humanos, materiales, equipos y tecnologías. Para una planeación estratégica adecuada y una simulación precisa de los sistemas, es esencial comprender el cómo funcionan y se articulan los diferentes procesos de la EMPRESA, garantizando una producción segura, minimizando las barreras que generen un retroceso para el cumplimiento de la programación de fabricación.

En la *figura 8* se presenta el diagrama de flujo estandarizado actual para la manufactura de los productos en la EMPRESA. En la práctica del proceso, identificamos limitaciones en el cumplimiento de los procedimientos de control para la administración adecuada de la materia prima y las correctas prácticas de manufactura. Además, identificamos una falta de comunicación lineal y oportuna, la cual se atribuye a la distribución actual de la planta presentada en la *figura 7*. Esta distribución no permite una mejor disposición de las áreas, lo que resulta en tiempos ociosos, desgaste de la mano de obra, interrupciones en el procedimiento debido a las áreas de trabajo pequeñas, unificadas o fragmentadas.

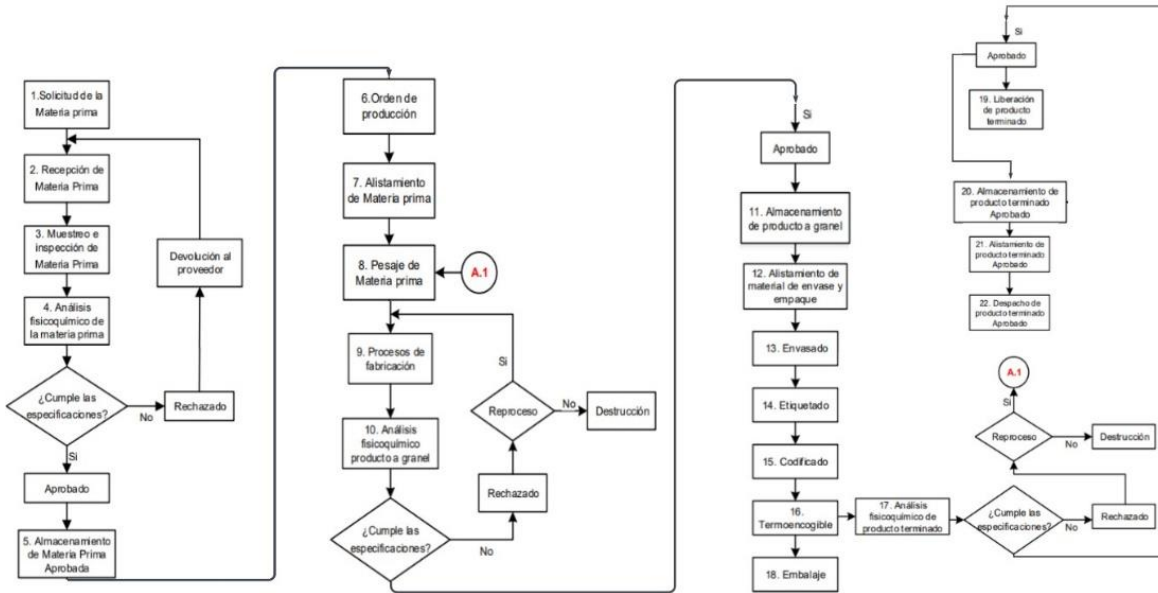


Figura 8. Diagrama de flujo actual del proceso de producción.

A continuación, se presentan las cinco bodegas que componen la distribución actual de LA EMPRESA:

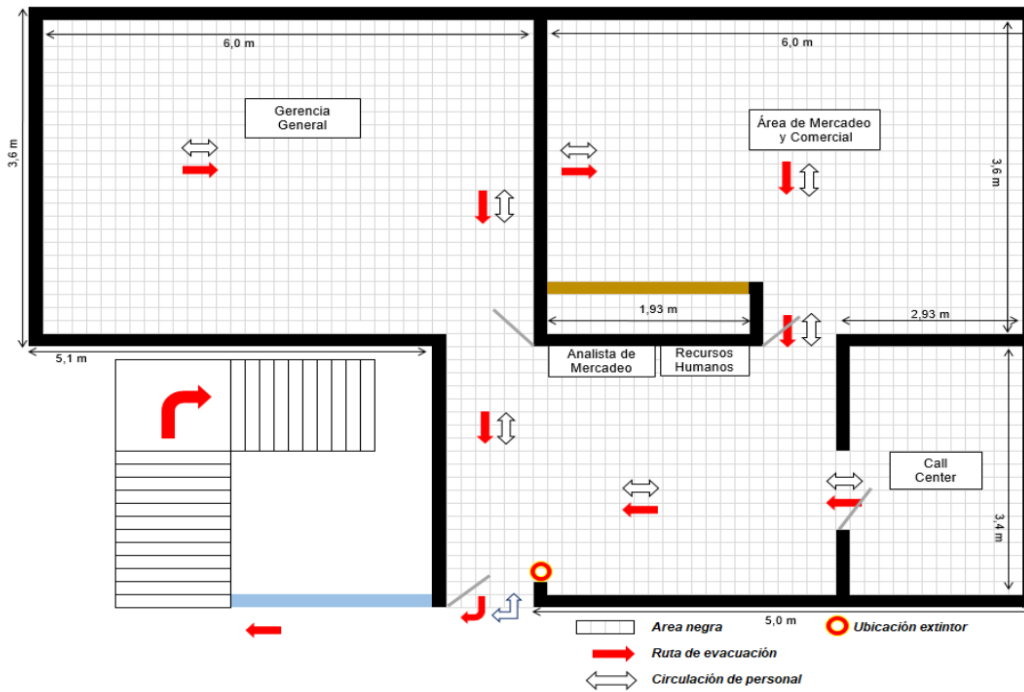


Figura 9. Plano Bodega 302 / Oficinas Administrativas (fuente: LA EMPRESA)

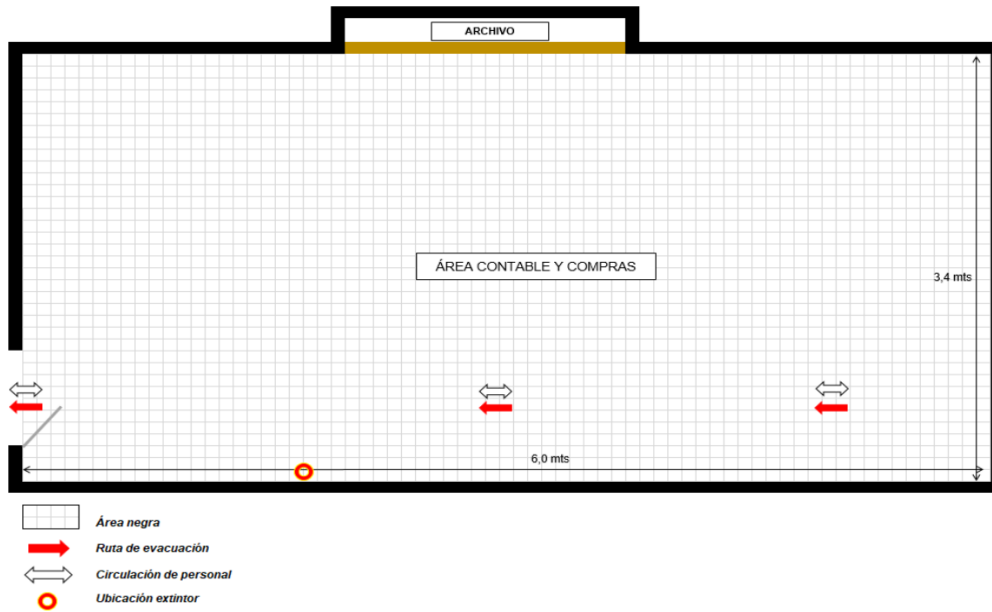


Figura 10. Plano Bodega 302 / Oficina Contable y Compras. (fuente: LA EMPRESA)

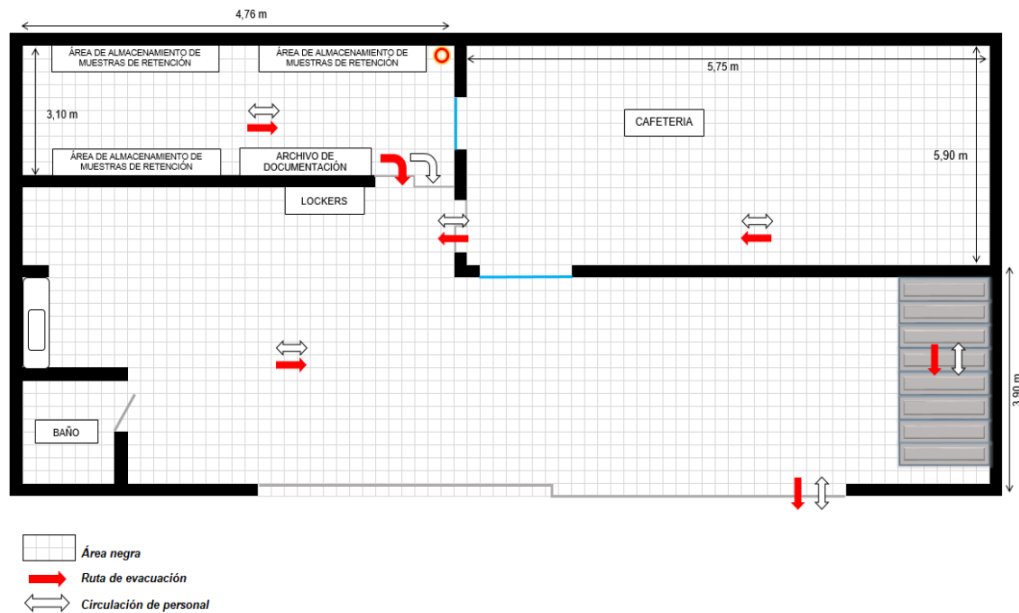


Figura 11. Plano Bodega 1801 – Piso 1° (fuente: LA EMPRESA)

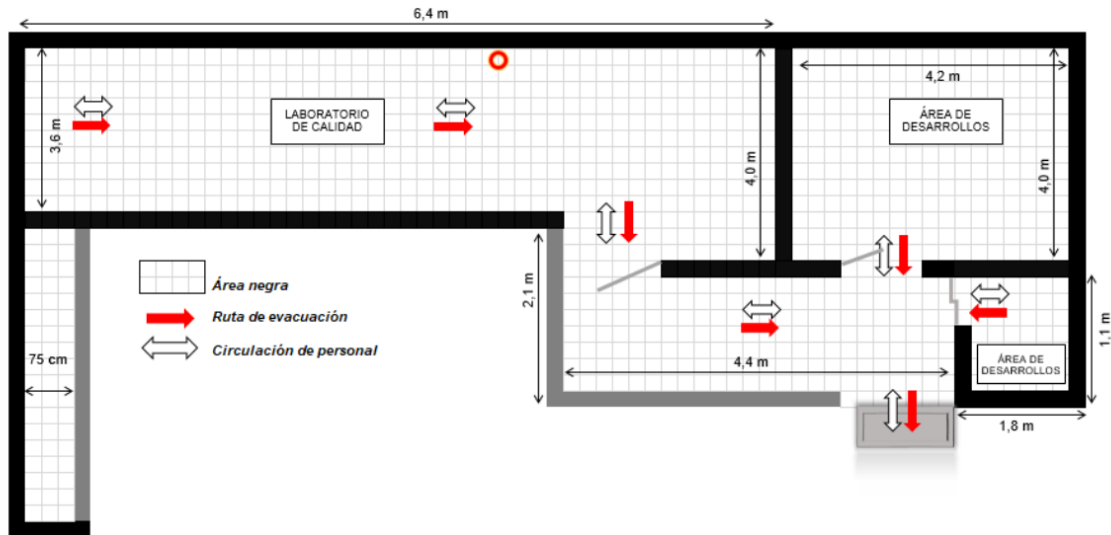


Figura 12. Plano Bodega 1801 – Piso 2º (fuente: LA EMPRESA)

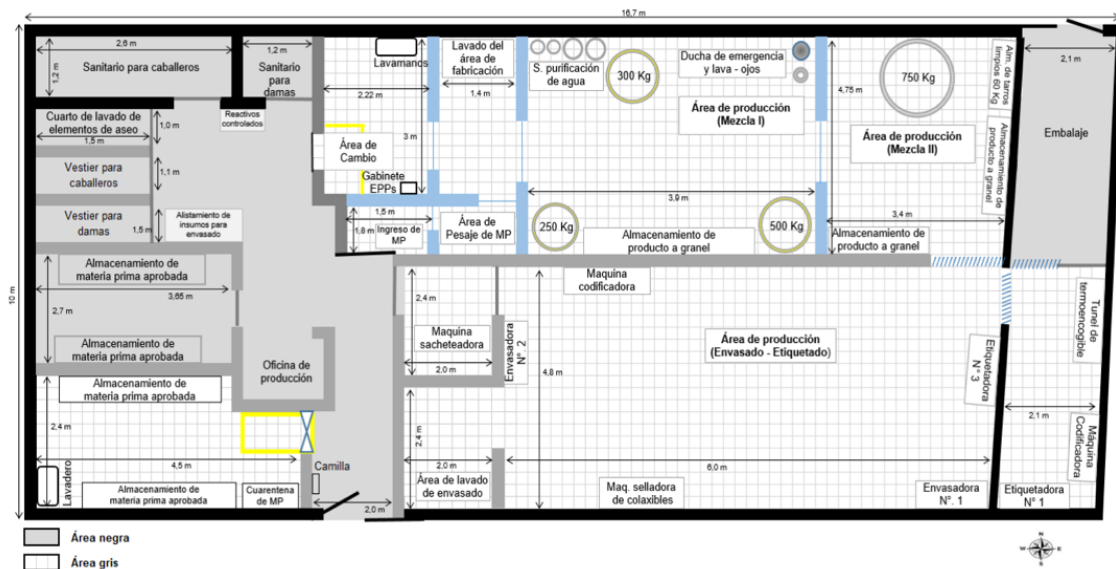


Figura 13. Distribución de planta de producción / Envasado /Etiquetado (fuente: LA EMPRESA)

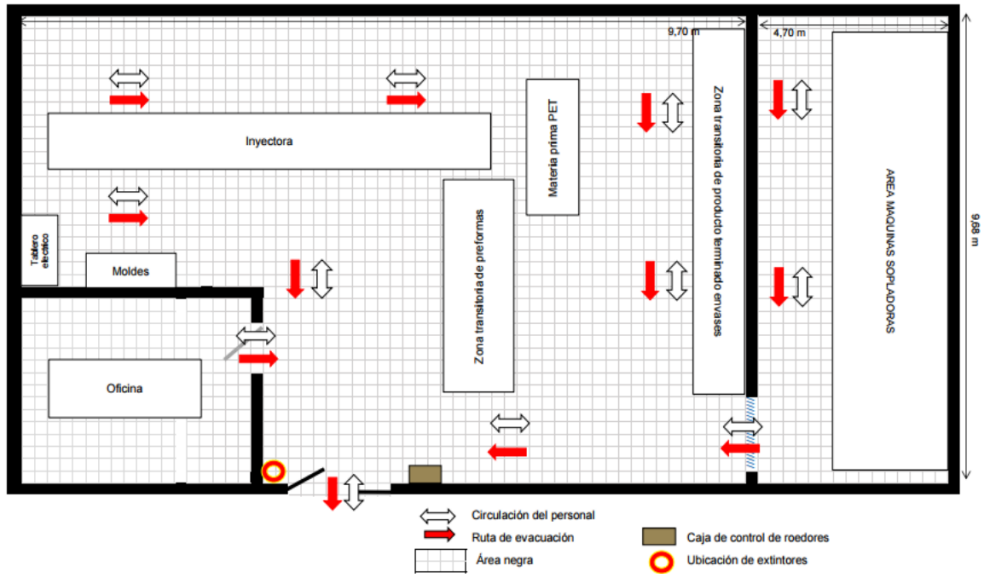


Figura 14. Distribución de planta de producción de envases plásticos (fuente: LA EMPRESA)

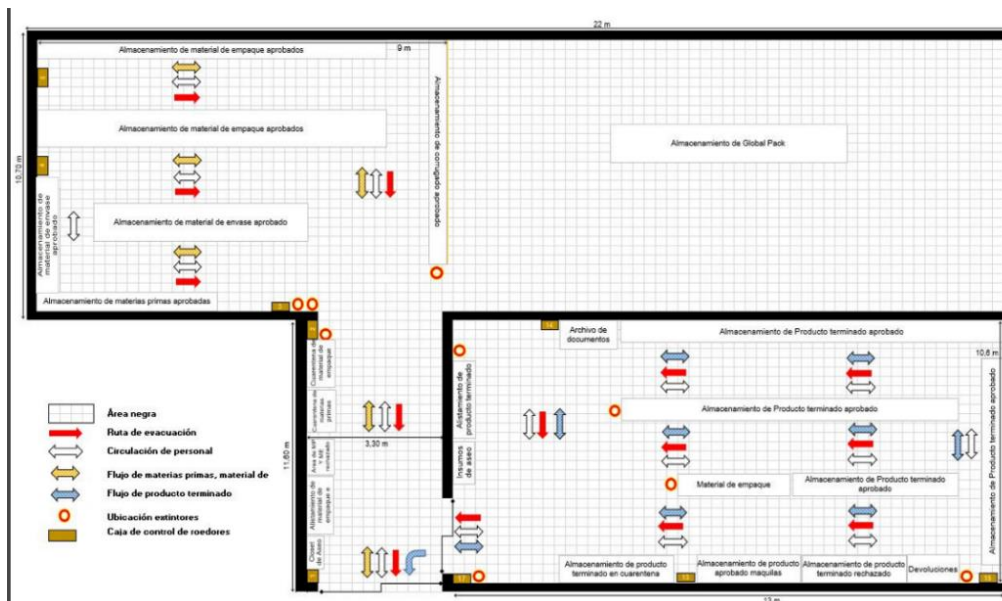


Figura 15. Distribución de planta de almacenamiento y centro logístico de despacho (fuente: LA EMPRESA)

Según la restricción actual de capacidad instalada de producción de LA EMPRESA, se identifican las variables que limitan el rendimiento operativo del proceso de producción según la distribución actual de la planta observada:

- Disposición de máquinas.
- Departamentos claves del proceso productivo aislados de la planta.
- Estaciones de trabajo limitadas en espacio y organización.
- Áreas de almacenamiento y producción compartidas.
- Pasillos y espacios comunes obstruidos.

Identificar las brechas del proceso y mediante el diagnóstico, los resultados de los KPIS presentados en la Tabla III se establece que, para cumplir los objetivos del proyecto, la EMPRESA requiere implementar un diseño de distribución de planta que comprenda las relaciones de dependencia cualitativa entre los departamentos y el diseño óptimo de estos.

Para el caso específico de LA EMPRESA se evidenció que, durante el año 2023 a partir del mes de junio, la capacidad de producción es insuficiente para hacer frente a la demanda del mercado, lo que demuestra la falta de planificación adecuada de los recursos claves como financieros, mano de obra, materias primas, equipos y tecnología, como se detalla en la Tabla II en las demandas presentadas por las seis líneas de producción.

TABLA II.
GRAMOS FABRICADOS POR MES / 2023

Gramos fabricados por mes 2023														Total	%
Línea	Enero	Feb	Ma	Abril	M ayo	junio	Julio	agosto	Sept	Octubre	noviembre	Diciembre	Total	%	
11	18.940.000,00	17.650.000,00	17.490.000,00	13.300.000,00	17.349.000,00	19.135.000,00	19.550.000,00	24.685.000,00	27.900.000,00	28.795.000,00	26.550.000,00	19.750.000,00	251.094.000,00	73,31%	
12						1.740.000,00	1.800.000,00	4.400.000,00	2.020.000,00	3.030.000,00	1.600.000,00	3.913.000,00	18.503.000,00	5,40%	
13	1.000.000,00	1.250.000,00	1.000.000,00	1.250.000,00	2.900.000,00	3.600.000,00	375.000,00	4.470.000,00	2.850.000,00	3.000.000,00	3.500.000,00	2.750.000,00	27.945.000,00	8,16%	
14						8.000,00							8.000,00	0,00%	
15								300.000,00					300.000,00	0,09%	
16	725.000,00	100.000,00	4.850.000,00	1.950.000,00	3.100.000,00	2.150.000,00	5.660.000,00	6.250.000,00	1.400.000,00	2.900.000,00	13.330.000,00	2.230.000,00	44.645.000,00	13,04%	
total	20.665.000,00	19.000.000,00	23.340.000,00	16.500.000,00	23.349.000,00	26.633.000,00	27.385.000,00	40.105.000,00	34.170.000,00	37.725.000,00	44.980.000,00	28.643.000,00	342.495.000,00	100,00%	
Capacidad	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	25.000.000,00	300.000.000,00		
Utilización de la planta	83%	76%	93%	66%	93%	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente	Cap Insuficiente			

Considerando que la línea L1 representa la marca diferenciadora de la EMPRESA y que debido a su crecimiento y posicionamiento en el mercado esta representó el 73,31% de la producción anual. Es relevante destacar que esta línea abarca cinco variantes de productos, cada uno diseñado para satisfacer las necesidades específicas de diferentes tipos de cabello:

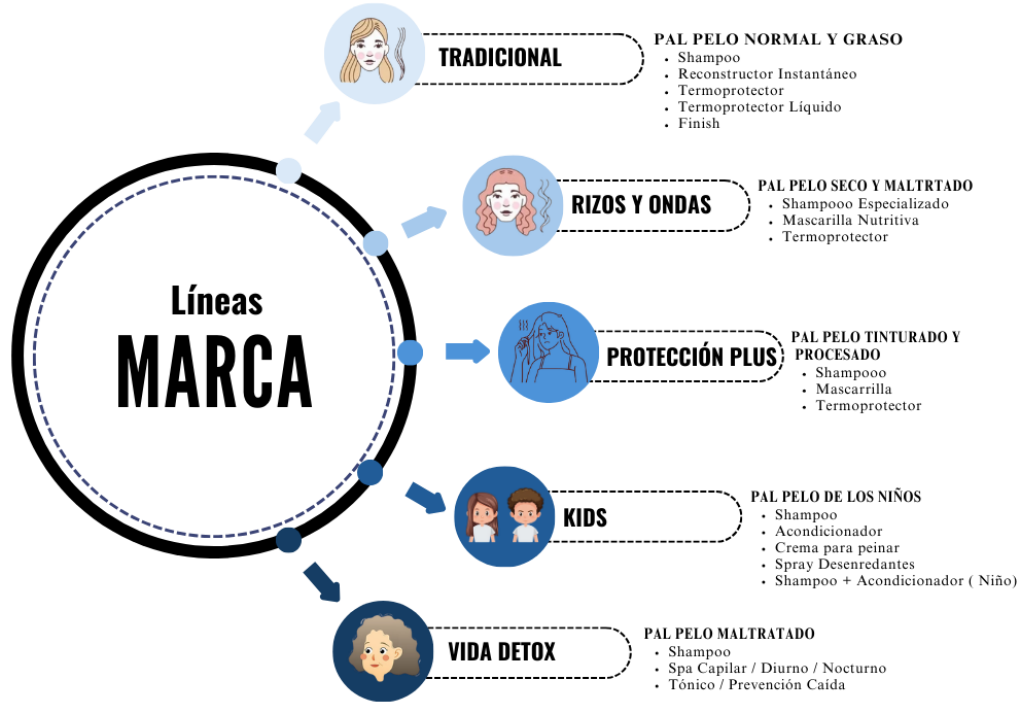


Figura 16. Líneas de producto de la marca de LA EMPRESA

Considerando la Figura 15. el amplio portafolio de productos y la similitud en sus procesos de producción, el grupo ha decidido realizar un diagnóstico completo de la producción según el producto, categorizando las líneas de producción en tres grupos distintos, basados en sus procesos de producción, las características del producto y la materia prima utilizada. A continuación, se presentarán los procesos de producción y los productos pertenecientes a este:

- Línea de productos Semilíquidos: En esta categoría se presenta el proceso de producción de *shampoo*, acondicionador y *finish*.
- Línea de productos Líquidos: En esta categoría se presenta el proceso de producción de *Sprays*, tónicos y termo protectores líquidos.
- Línea de productos Viscosos: En esta categoría se presenta el proceso de producción de cremas, mascarillas, termo protectores.

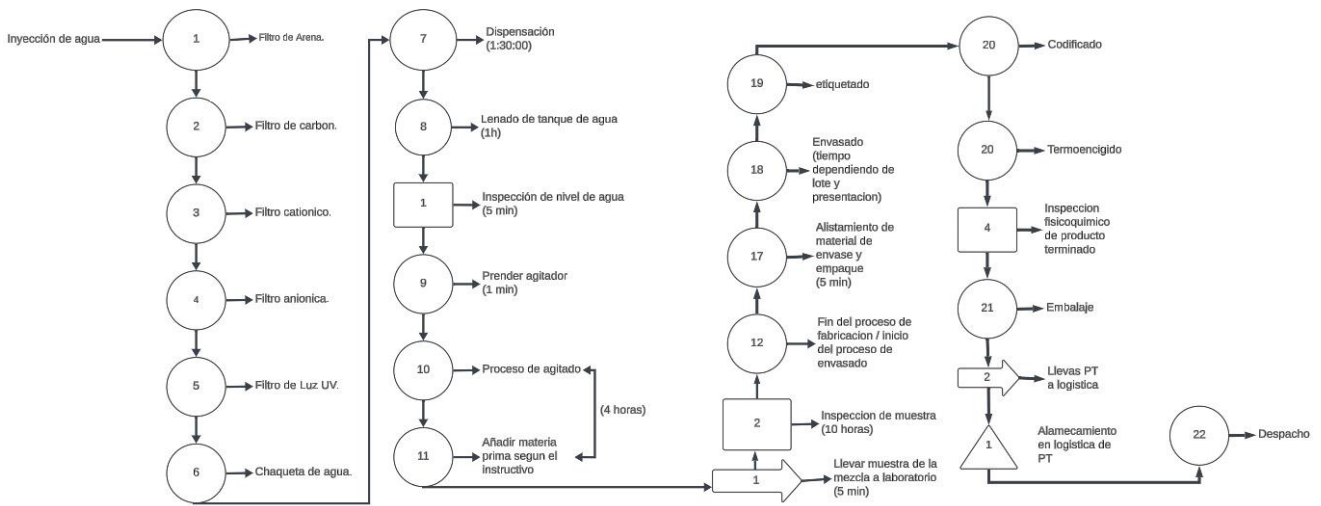


Figura 17. Línea de producción productos Semilíquidos.

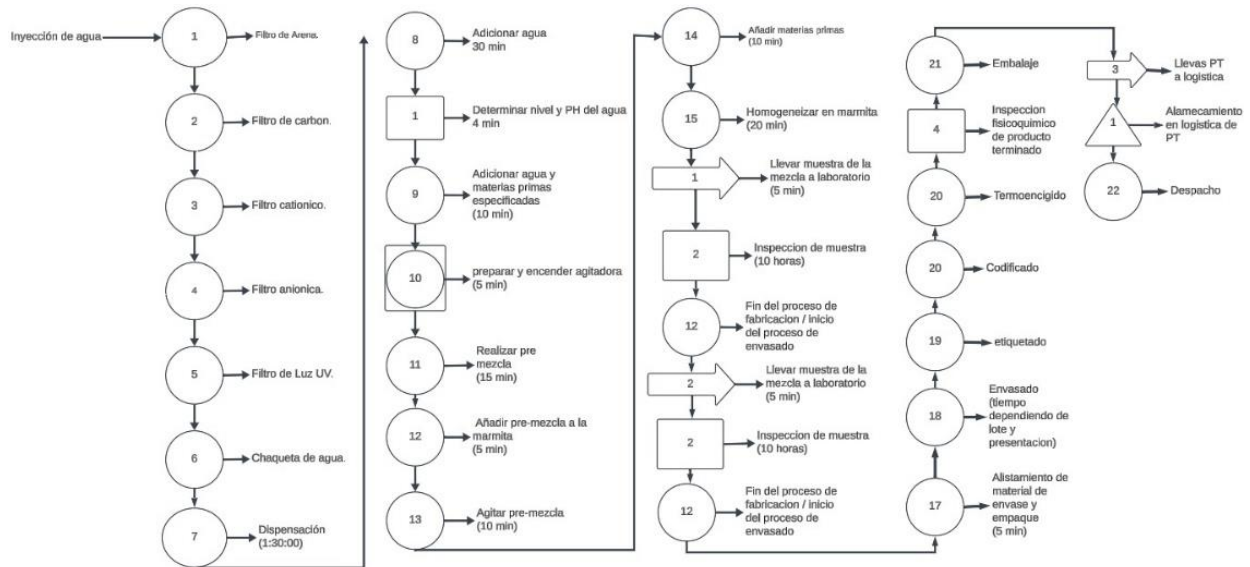


Figura 18. Línea de producción productos líquidos.

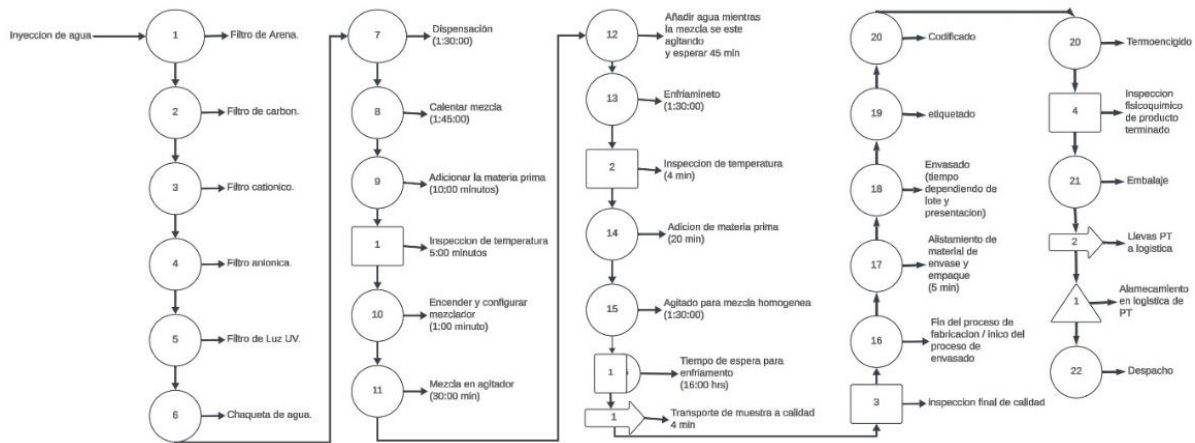


Figura 19. Línea de producción productos viscosos.

Analizando los diagramas de operaciones de la *Figura 17, 18 y 19*, se determinaron tiempos de ocio de 23.07 %, estos se representan en las inactividades en el desarrollo de los procesos de: envasado, embalaje, etiquetado y transporte, pues durante los trabajos de campo realizados y la medición de este indicador tal como se demuestra en los, *Anexos. Hoja N° 2 Tablas de indicadores*, se observan las inactividades de los operarios tales como:

- Los trabajadores no se encuentran en sus puestos de trabajo, lo que impacta negativamente en la eficiencia operativa.
- Hay un nivel elevado de distracción entre compañeros, lo que disminuye la productividad.
- Las largas distancias entre las áreas de trabajo generan tiempos de inactividad.

Por otro lado, reconociendo que el eficiente flujo de materiales en una planta, demanda una distribución adecuada entre las áreas de almacenamiento de materia prima, alistamiento, mezclado, envasado, etiquetado, los departamentos de logística y calidad, las largas distancias para el flujo del personal son clave para mejorar el desempeño de la distribución de la planta, por lo que la medición se realizó mediante la inspección y medida de los metros recorridos y la cantidad de operarios que realizan los desplazamientos de materia prima, insumos, y almacenamiento de producto terminado. Obteniendo como resultado 10.612 m recorridos por operario en una jornada laboral.

LA EMPRESA ha optado por operar bajo el modelo *Make to Order* (Sistema por orden de producción) para reducir los costos asociados con los inventarios excesivos y minimizar el riesgo de obsolescencia de productos. Este enfoque le ha permitido adaptarse con mayor flexibilidad a las cambiantes necesidades del mercado.

Sin embargo, el sistema actual se encuentra limitado en áreas de almacenamiento de las materias primas y producto terminado lo que impide dar cumplimiento a la planificación de la producción, lo que resulta en desviaciones económicas y productivas, esto debido a que la empresa debe de fraccionar la recepción de materia prima y suspender temporalmente las ordenes de producción.

TABLA III.
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Actualidad	Meta
Capacidad	25.000.000 g	60.000.000 g
Carga - Distancia	4.840	≤4.840
Distancia Manejo de Materiales	11.410	<11.410
Flujo de Personal	10.612	<10.612
Proporción de tiempo perdido por operario	23,07%	≤23,07%
Número de posiciones de estibas en bodega	85	>85
Productividad	5.681,81 gramos por hora hombre	> 5.681,81 gramos por hora hombre

E. Análisis de causas

En congruencia con el actual mecanismo operativo de LA EMPRESA y el comportamiento del mercado de belleza, se analiza el impacto de los grupos de interés directos e indirectos, como las pymes, las líneas de belleza y el segmento poblacional femenino, en el producto bruto del sector. La proyección de ventas para el 2024 refleja un aumento del 40.19%, lo que representa una venta total de \$13.511.804.102, según *las proyecciones de ventas para el 2024*. Dada la incapacidad de LA EMPRESA para satisfacer la demanda en el año 2023 desde el mes de junio hasta diciembre, ya que su demanda supera la capacidad de gramos de producción (*Tabla II*), es crucial considerar las posibles repercusiones adversas en los indicadores claves del proyecto para el año 2024. En este contexto, se plantea la necesidad de una investigación exhaustiva, para lo cual se presentan los cinco porqués *Figura .20*. Las herramientas de los "5 por qué" y el diagrama de espina de pescado, herramientas indispensables para lograr identificar las causas de la situación actual de LA EMPRESA,

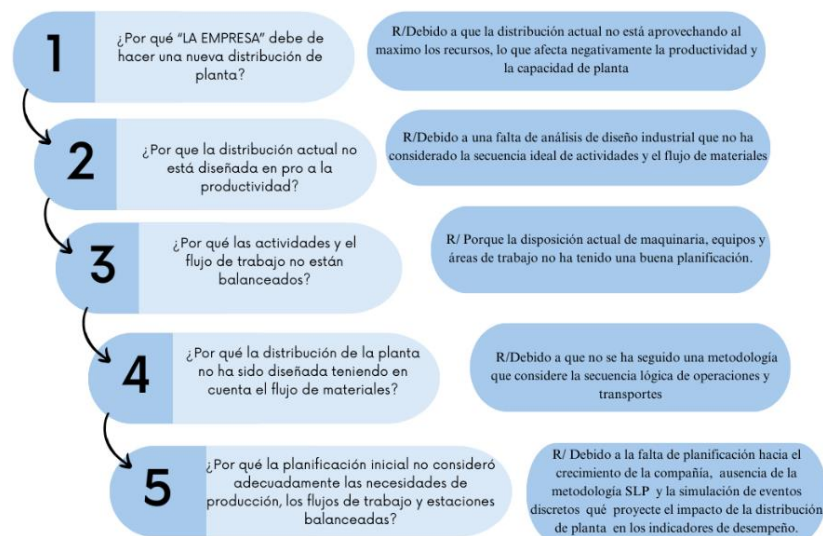


Figura 20. Análisis de los cinco porqués

Con base a la falta de planificación en LA EMPRESA, que implica definir objetivos y determinar los medios adecuados para alcanzar las metas establecidas, resulta en la falta de dotación oportuna de los recursos necesarios para la producción de los productos de belleza. Esta carencia evidencia la ausencia de planeación estratégica y control de la producción, lo que conduce al incumplimiento de los planes correspondientes. Aunque a empresa actualmente carece de la capacidad suficiente para la producción, su desconocimiento de las fases de planificación en un sistema productivo, que abarca desde la planeación estratégica hasta la ejecución y control de la producción, impide identificar las barreras que generan incumplimientos de demandas, altos desperdicios, costos elevados de producción y jornadas laborales extendidas. La falta de comprensión del desarrollo específico de las acciones que ejecutará el sistema de producción a lo largo del tiempo resulta en la incapacidad para anticipar los pronósticos y seleccionar la mejor combinación de recursos humanos, materiales y maquinaria para satisfacer eficientemente la demanda. Por lo que, la empresa necesita mejorar su capacidad de planificación para optimizar sus procesos de producción y cumplir con las demandas del mercado de manera efectiva [20].

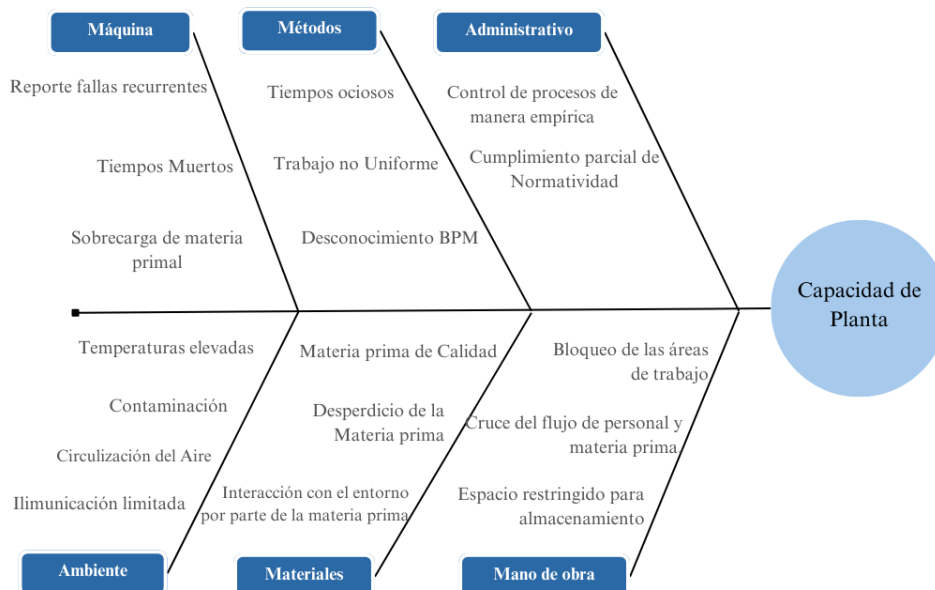


Figura 21. Diagrama Causa - Efecto

Tras analizar la distribución actual de la planta mediante herramientas como el diagrama de causa y efecto, se identificó que no existe una configuración óptima de los recursos y actividades. Esta situación deriva en la problemática central: la "falta de capacidad de planta". La distribución fragmentada ha resultado ser el principal factor que afecta la disposición estratégica de los departamentos, máquinas y procesos. Actualmente, **LA EMPRESA** enfrenta limitaciones en la capacidad instalada y barreras para el cumplimiento eficiente de los procesos de producción. Estas dificultades surgen, en gran parte, por un desconocimiento de las fases de planificación dentro de su sistema productivo, que abarcan desde la planificación estratégica hasta la ejecución y el control de la producción. Para mitigar estos problemas, es esencial implementar una planificación integral que contemple la previsión de la demanda, la asignación eficiente de recursos y la adaptación a los cambios del mercado. Además, se requiere reorganizar la distribución de la planta para reducir los desequilibrios en el flujo de materiales, personales e insumos. Esto permitirá optimizar la disposición estratégica de los recursos y aumentar la eficiencia operativa. Finalmente, se debe priorizar la capacitación del personal en técnicas de gestión de la producción. Esto contribuirá a identificar y eliminar desperdicios, mejorar el rendimiento y asegurar la calidad en los procesos.

F. Objetivos

Objetivo general:

- Diseñar una nueva distribución de la planta de producción para LA EMPRESA, utilizando herramientas analíticas y de simulación que permitan el mejoramiento de los indicadores de desempeño.

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema productivo actual mediante técnicas de análisis de procesos para establecer las características de diseño requeridas para la nueva distribución de planta.
- Desarrollar análisis comparativos de diferentes configuraciones generadas mediante herramientas analíticas para satisfacer los requerimientos de diseño.
- Validar el impacto técnico y financiero de la nueva distribución de planta, mediante modelos analíticos, financieros y de simulación de eventos discretos para proyectar el impacto en los indicadores de desempeño.

G. Revisión de literatura

Al realizar una revisión de literatura, se recopila y analiza información de manera crítica y objetiva sobre un tema específico, lo que permite identificar aspectos esenciales, tendencias relevantes y diversas perspectivas que contribuyen a una comprensión integral del campo de estudio. Además, este enfoque facilita la identificación de vacíos en el conocimiento existente y la formulación de nuevas preguntas de investigación que aporten valor al desarrollo del tema en cuestión.[29]

Este proceso permite contextualizar los fundamentos teóricos y prácticos que sustentan el análisis en curso, integrando conceptos clave y experiencias previas de manera coherente. Lejos de limitarse a la replicación de modelos ya establecidos, esta revisión busca sintetizar información relevante para proponer enfoques innovadores y validar la pertinencia de las propuestas planteadas. Asimismo, se enfatiza la importancia de examinar las tendencias emergentes, las tecnologías disruptivas y los impactos multidimensionales que podrían influir en la evolución de la naturaleza de la problemática de este proyecto de diseño, fomentando una visión estratégica para futuras aplicaciones.

En este caso, la revisión se centra en los principios y enfoques modernos de la distribución de planta, considerando su impacto en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mejora en la calidad de los procesos. Se describen los factores determinantes en la planificación de la distribución de planta, tales como la ubicación de equipos, el flujo de materiales y la interacción entre áreas funcionales, además de la capacidad de planta buscando siempre un balance entre los objetivos operativos y las restricciones físicas del espacio disponible.

TABLA DE COMPARACIÓN E INFORMACIÓN DE DISEÑO EN PLANTA							
Nombre del Proyecto	FACTORES DE INFORMACIÓN						
	Productividad	Modelo simbólico	Modelo analítico	Modelo de simulación	Seguridad	Viabilidad	Capacidad
Propuesta de redistribución para Prefabricados del Austro (UPS)	✓	✓			✓	✓	✓
Redistribución de planta en empresa metalmecánica (Universidad Salesiana)	✓	✓				✓	✓
Redistribución en planta para empresa manufacturera Regigantes flexible (EIA)	✓	✓		✓	✓		✓
Redistribución de planta e instalaciones a una empresa dedicada a la producción de pasteles (UPC)		✓			✓		✓
Optimización de la distribución en planta con la formulación QAP y simulación de eventos discretos		✓	✓	✓			
Propuesta de implementación de una distribución en planta en la empresa Estefán & CIA Ltda	✓	✓		✓		✓	✓
Proyecto técnico diseño y distribución en planta para la empresa Reencavi compañía anónima	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Estudio de Lyout y modelado mediante BIM de una planta industrial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Propuesta de diseño y distribución de planta para la empresa alambres y mallas S.A	✓	✓			✓		✓
Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil.	✓	✓		✓	✓	✓	✓

Figura 22. Comparación con proyectos afines

La distribución de planta se presenta como una herramienta esencial para optimizar el uso del espacio en cualquier entorno productivo o de servicios. Una planificación adecuada permite maximizar la funcionalidad del área disponible, reducir los desplazamientos innecesarios y garantizar un flujo continuo de materiales y personas, factores cruciales para el desempeño eficiente de las operaciones.

De acuerdo con Muñoz, una de las principales ventajas de una distribución eficiente es su capacidad para identificar y eliminar zonas mal aprovechadas, reorganizando el espacio para mejorar la productividad y reducir costos [24]. Este enfoque es especialmente relevante en entornos donde el espacio es limitado, ya que la correcta disposición de equipos, estaciones de trabajo y áreas de almacenamiento puede marcar una diferencia significativa en el rendimiento global. Por su parte, Rivera y Garzón destacan que una reorganización del espacio físico no solo incrementa la capacidad operativa, sino que también contribuye al cumplimiento de estándares de seguridad y ergonomía, aspectos clave para mejorar las condiciones laborales [25].

Además, el capítulo 1 del documento de la Biblioteca UTEC enfatiza la importancia de considerar las interacciones entre las áreas funcionales al momento de planificar la distribución. Una organización estratégica del espacio puede prevenir cuellos de botella, reducir los tiempos de espera y asegurar que los procesos fluyan de manera ordenada. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también optimiza la experiencia de los trabajadores al reducir los movimientos innecesarios y facilitar el acceso a los recursos [26].

Por otro lado, ejemplos prácticos presentados por TXM demuestran cómo el diseño de planta puede resolver limitaciones de espacio mediante la aplicación de principios como la zonificación y el uso eficiente de los recursos disponibles. Estas soluciones están alineadas con las tendencias modernas de diseño industrial, donde se prioriza la funcionalidad sin descuidar la sostenibilidad ni el confort de los usuarios [28].

Llevando a cabo las comparaciones se determina que en la mayoría de los proyectos se incorporan elementos que permiten mejorar la distribución de planta en distintos contextos industriales. Esto es altamente relevante para el análisis del proyecto, ya que evidencia cómo los proyectos actuales suelen enfocarse en aspectos específicos de una distribución de planta, priorizando factores como productividad, capacidad y viabilidad. Adicionalmente, se destaca el hecho de que varios proyectos incluyen simulaciones como herramienta clave lo cual es un aspecto crucial, ya que las simulaciones permiten verificar las metodologías implementadas y, al mismo tiempo, realizar ajustes para optimizar los diseños planteados.

Un punto importante que emerge de esta revisión es que no todos los proyectos aplican simulaciones, lo que podría considerarse tanto un desafío como una oportunidad en la implementación de una distribución de planta, así que, la simulación se posiciona como un recurso integral para validar y perfeccionar los procedimientos del diseño, lo que subraya su potencial en proyectos futuros. Por último, se destaca que la capacidad de analizar la viabilidad mediante simulaciones no solo aporta precisión al diseño, sino que también facilita la identificación temprana de posibles mejoras.

Se concluye que al realizar una revisión de literatura es un proceso esencial en cualquier proyecto, ya que permite identificar antecedentes, metodologías y tendencias relevantes que fundamentan y guían el diseño con nuevas perspectivas. Sirve como base para comprender los avances previos, destacar vacíos de conocimiento y reconocer oportunidades de innovación. Además, facilita la validación de enfoques, como la simulación en diseño de plantas, y fortalece la credibilidad del proyecto al integrar estrategias comprobadas con nuevas perspectivas.

III.DISEÑO CONCEPTUAL Y PRELIMINAR

A. Requerimientos del cliente

Identificar y comprender los requisitos de diseño, las restricciones y las especificaciones de los diversos grupos de interés involucrados es esencial para establecer objetivos claros que aseguren el funcionamiento eficiente del sistema a implementar. El proceso de diagnóstico de los requerimientos de los implicados juega un papel crucial en la mitigación de los riesgos laborales y la incertidumbre en su gestión. Al iniciar el proyecto, todos los participantes, incluyendo al cliente, al equipo de trabajo, a la organización y al gestor, deben comprender claramente el propósito del proyecto y los pasos necesarios para alcanzarlo.

Este enfoque resulta fundamental en el proceso de diseño de la nueva distribución de planta, puesto que se centra en un aspecto crítico: mejoramiento de la productividad. Por consiguiente, el equipo de diseño llevó a cabo una mesa de trabajo en la cual participó la planta gerencial y parte de la administrativa. Durante esta sesión, se generaron especificaciones precisas que describen de manera clara, coherente y concisa las necesidades de los stakeholders, lo cual se presenta en la *Figura 23*

El objetivo principal de este enfoque es reducir las problemáticas relacionadas con la planificación de la producción y los incumplimientos en "LA EMPRESA". La identificación y documentación de los objetivos o requisitos garantiza una base sólida para el diseño y la implementación de la nueva distribución de planta, lo cual contribuye significativamente a mejorar la eficiencia operativa y a reducir los riesgos asociados con la mala planificación y ejecución del proyecto. [1]

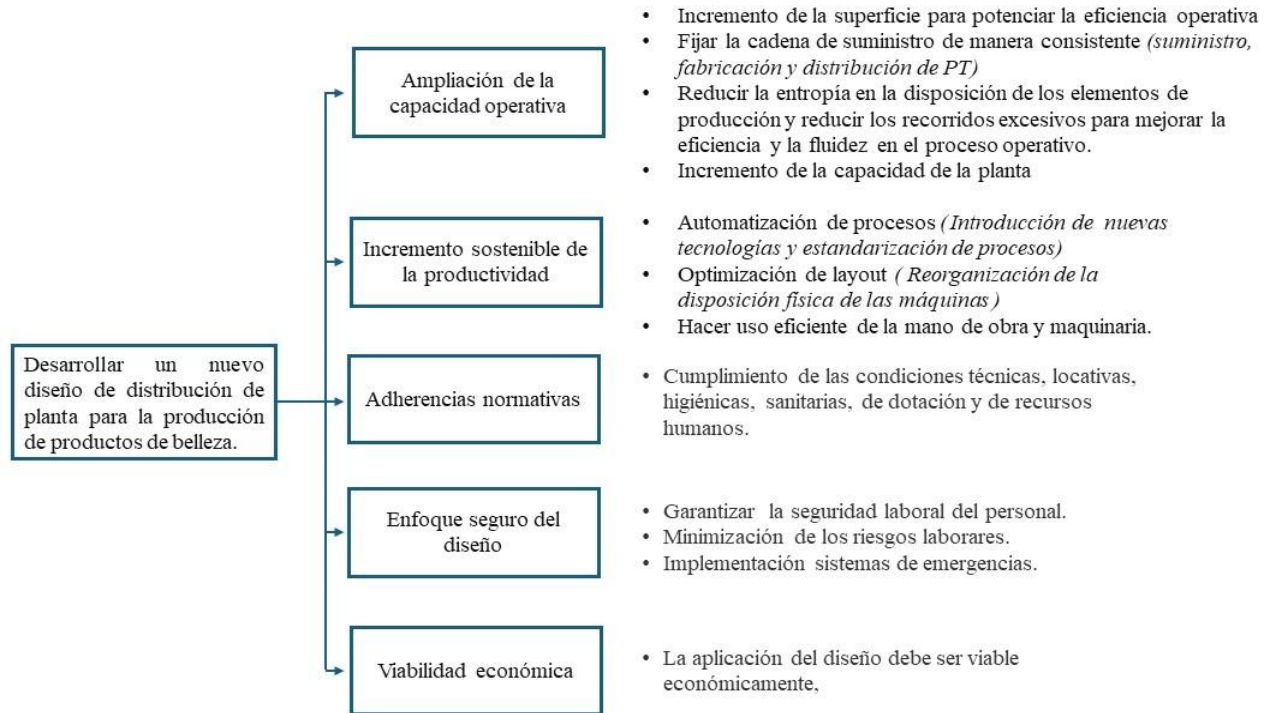


Figura 23. Árbol de Objetivos.

TABLA IV.
REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS

Grupo de interés	Voc (Requerimientos stakeholders)	Restricciones de diseño	Eje objetivo al que contribuye	Leyes, Normas y Estándares	
				Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo	Contribuir al fortalecimiento y crecimiento del sector. Fomentar la responsabilidad social, innovación en infraestructura y el desarrollo tecnológico en la industrial de belleza	N/A	N/A	N/A	N/A
Grupos de Inversionistas/ socios	Estabilidad y crecimiento financiero de LA F EMPRESA, para asegurar la viabilidad pito con el 11 retorno de inversiones y de esta manera seguir contribuyendo al crecimiento y expansión de la empresa.	Realizar una distribución de planta la cual genere una tasa de retorno de inversión menor al costo capital.	Variabilidad Económica	N/A	N/A
INVIMA	Garantizar el cumplimiento de regulaciones sanitarias. D Promover la protección integral y certificación de calidad en la producción de lo cosméticos	Desarrollar una distribución de planta la cual cumpla las condiciones técnicas, locativas, higiénicas, sanitarias, de dotación y de R.H	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque seguro del diseño Adherencias normativas 	ISO 22760 2009 ISO 12001 2002 Normas INVIMA	Certificación de capacidad de producción, BPM, NSO



Grupo de interés	Voc (Requerimientos stakeholders)	Restricciones de diseño	Eje objetivo al que contribuye	Leyes, Normas y Estándares	
				Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Industria de belleza del valle	<ul style="list-style-type: none"> Contribuir al crecimiento y desarrollo de la industria. Potenciar la competitividad leal y establecer alianzas estratégicas para fortalecer las líneas de belleza en la región. 	Disponibilidad de materias primas locales para la fabricación de los productos de belleza	N/A	N/A	N/A
Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar la seguridad de los operarios, aumentar la capacidad de producción, la capacidad de respuesta ante las demandas variables del mercado y aumentar la utilidad financiera. Establecer estratégica la dirección Asignar recursos según las necesidades operativas y participar en la toma de decisiones cruciales para el desarrollo de la empresa. 	Mantener o disminuir los costos operativos relacionados con las operaciones diarias de la empresa. Esto implica un seguimiento exhaustivo por parte de LA EMPRESA para el nuevo diseño y así mantenerse de los límites establecidos por el presupuesto de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> Incremento sostenible de la Empresa Ampliación de la capacidad operativa 	N/A	N/A
Pymes	<ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento tiempos de entrega unidades requeridas los y unidades requeridas Participar como distribuidores minoristas. Contribuir al reconocimiento de la marca 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> Ampliación de la capacidad operativa 	N/A	N/A

Grupo de interés	Voc (Requerimientos stakeholders)	Restricciones de diseño	Eje objetivo al que contribuye	Leyes, Normas y Estándares	
				Legislación y requisitos aplicables	Importancia o efecto
Líneas de Bellezas	Requieren un aliado estratégico con tecnología para la producción, distribución y patente de productos. Identifican a LA EMPRESA como este aliado estratégico debido a su capacidad tecnológica y mano de obra integral.	N/A	Ampliación de la capacidad operativa Viabilidad económica	N/A	N/A
Operarios	Optimizar la distancia y el tiempo necesarios para llevar a cabo las actividades, con el fin de reducir el esfuerzo y aumentar la eficiencia.	N/A	Ampliación de la capacidad operativa	N/A	N/A
Proveedores	Promover una colaboración más estrecha entre la empresa y sus proveedores. Esto resulta en beneficios mutuos y una relación comercial más sólida y duradera.	N/A	Ampliación de la capacidad operativa	N/A	N/A

B. Análisis funcional

LA EMPRESA, actualmente ejecuta sus operaciones con un sistema de planificación *Flow shop make to order* multiproducto (el cual se caracteriza en producción por lotes unidireccional). Esto implica que las unidades de salida mantienen la misma secuencia de operaciones. Es una empresa con una gama de productos limitada, pero en constante crecimiento ya que cuenta con servicios de maquilas y con tendencia a la estandarización de los procesos. En este orden de ideas, para complementar el análisis, es imprescindible tener claro que LA EMPRESA ejecuta una producción organizada por lotes, lo que implica la fabricación de varios productos en secuencia, que tiene por su naturaleza recibir y producir diferentes datos según las solicitudes de producción o en su defecto maquilas, pero hay cantidades mínimas a producir por cada pedido, usando una o todas las líneas de producción de la empresa. Es por estas razones que se realizará un análisis funcional de las actividades de la empresa, indicando las funciones en los diferentes sistemas y subsistemas existentes en las líneas de productos según en el tipo de distribución correspondiente y de esta forma también lograr comprender y evidenciar el funcionamiento de los subsistemas de fabricación para mantener o modificar dicha estructura en las especificaciones del diseño propuesto a desarrollar en este proyecto de diseño.

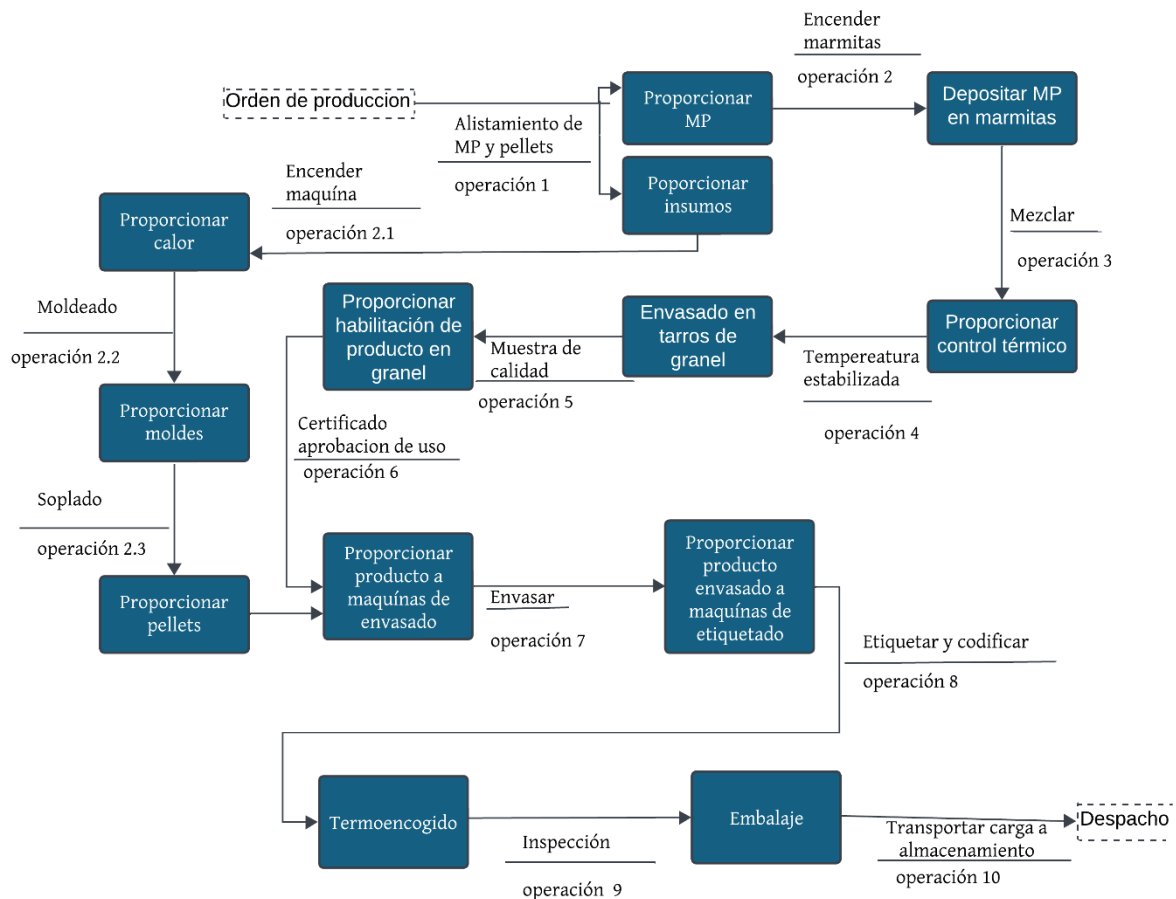


Figura 24. Caja transparente del sistema actual de producción.

En el análisis del método de la caja transparente se observan los componentes y funciones del sistema y los subsistemas, que componen el funcionamiento de los procesos de producción, pues la integración establece la relación lineal para la producción óptima de los productos de belleza, la identificación de las entradas permite evaluar alternativas de ubicación óptima de las máquinas y procesos. En este orden de ideas según la *Figura 23* se identifica el sistema de producción de pellets y el de producción por lotes en línea. Estos sistemas trabajan de forma independiente y lo que suceda en uno no influye en las actividades del otro.

C. Fijación de requerimientos de diseño

Para garantizar el éxito del proyecto, es fundamental que los requerimientos técnicos estén alineados tanto con las expectativas de los de los grupos de interés. y los indicadores de desempeño. Esto implica determinar la fijación de los requerimientos técnicos del diseño los cuales son prioritarios durante el diseño. Esto permite que los equipos multifuncionales colaboren de manera efectiva, encontrando un equilibrio entre las necesidades del cliente y los requisitos técnicos ingenieriles. Dando cumplimiento a nuestro objetivo de diseñar una nueva distribución de planta, es crucial mejorar la eficiencia operativa, como también la calidad en el entorno de la planta. Para lograrlo, se ha analizado cuidadosamente los requerimientos de diseño, alineados con los cinco ejes de objetivos en la *figura 22. Árbol de objetivos*. De esta forma como los requerimientos se traducen en delimitaciones para la fijación de requerimientos de diseño.

TABLA V.
FIJACIÓN DE REQUERIMIENTOS STAKEHOLDERS

Grupo de interés	Fijación de Requerimientos
Cámara de la Industria Cosmética y de Aseo	N/A
Grupos de Inversionistas/ socios	<i>La tasa interna de retorno de inversión tiene que ser > 16,47%.</i>
INVIMA	<i>Cumplimiento de la normativa $\geq 80\%$</i>
Industria de belleza del valle	N/A
Gerencia	<i>Distancia mínima entre área administrativa y producción > 15 metros</i> <i>Factor de la utilización de la planta < 85%</i>
Pymes	<i>Nivel de servicio $\geq 90\%$</i>
Líneas de Bellezas	N/A
Operarios	<i>Flujo de personal < 10.612</i>
Proveedores	<i>Numero posiciones en bodega de materia prima ≥ 85</i>

La *tabla V* permite precisar la información de los requerimientos para el futuro diseño de una distribución de planta integrada y eficiente que maximice el rendimiento y la utilidad de la planta. De esta manera se garantiza que el diseño de la nueva distribución no solo cumpla con las necesidades de los interesados, sino que también impulse la eficiencia y la calidad en todas las áreas de operación, en donde las leyes, normas o estándares que actualmente debe cumplir la empresa y están relacionadas con el proyecto se describen a continuación:

Resolución N°. 3112 de 1998: Por el cual se adoptan las normas sobre buenas prácticas de manufactura para productos cosméticos, ARTICULO 1°: Adoptase las normas sobre Buenas Prácticas de Manufactura para Productos Cosméticos, contenidas en el Anexo técnico de la presente Resolución el cual forma parte integral de la misma.

Invima: Es el permiso que se le asigna a un fabricante, importador o comercializador para que comercialice su producto en el mercado colombiano, previo cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la normatividad sanitaria vigente.

Ley 2047 de 2020: Por la cual se prohíbe en Colombia la experimentación, importación, fabricación y comercialización de productos cosméticos, sus ingredientes o combinaciones de ellos que sean objeto de pruebas con animales y se dictan otras disposiciones.

Ley 711 de 2001: La presente ley reglamenta la ocupación de la cosmetología, determina su naturaleza, propósito, campo de aplicación y principios, y señala los entes rectores de organización, control y vigilancia de su ejercicio.

Decisión 516 de 2002: Por la que define por producto cosmético toda sustancia o formulación local a usarse en las partes superficiales del cuerpo humano...

ISO 22716: Esta guía recoge las directrices de normativas y requisitos surgidos en los últimos años para responder a las necesidades de regulación del sector de Fabricación de Cosméticos, para mejorar la calidad y apoyar así a los Fabricantes, Mayoristas, proveedores y minoristas, esto abarca: (la Fabricación, Envasado, Pruebas, Almacenamiento, Transporte).

Resolución 1407 de 2018: Por la cual fomenta el aprovechamiento, la innovación y el ecodiseño de los envases y empaques que se disponen en el mercado llevando a cabo formulación, implementación y mantener un plan de gestión ambiental de residuos de envases y empaques.

D. Exploración de ideas y selección de alternativa

Para lograr una distribución eficiente de LA EMPRESA, es fundamental considerar la diversidad de productos o servicios que la misma ofrece, así como las operaciones necesarias para su fabricación y las estaciones de trabajo requeridas. El objetivo es configurar estos elementos para garantizar un flujo continuo y eficiente de las materias primas, insumos y productos terminados, considerando los requisitos de espacio para el posicionamiento de los equipos industriales, las áreas de almacenamiento, manipulación de materiales y/o producción; con la distribución planificada se busca mejorar la eficiencia operativa, incrementar la productividad, reducir costos, optimizar los métodos de trabajo, garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, reducir los ciclos de producción, los tiempos muertos, el trabajo en proceso, cuellos de botella y tiempos de manipulación de materiales.

Considerando el desafío del diseño de una distribución de planta eficiente y la implementación de los principios de esta, se debe encontrar la disposición óptima del conjunto específico de las áreas de trabajo y la adopción de los requerimientos de diseño establecidos mediante la utilización de metodologías y/o algoritmos, ya que el problema actual de LA EMPRESA es la distribución fragmentada de los departamentos como se ve en la *figura 6*, lo cual genera barreras y bloqueos a nivel de operaciones internas o externas lo cual se traduce en retrasos y desorden del sistema dando como resultado que se detengan las operaciones consecuentes por dichas razones.

En este orden de ideas la selección de metodologías y/o algoritmos tales como SLP-ALDEP-CRAFT-CORELAP en el sistema o subsistemas en el que se encuentre, pueden ejecutar un enfoque metodológico sistemático que abarque aquellas soluciones viables para el sistema. Los modelos aplicables en función de la problemática actual y de los objetivos propuesto para el diseño de la distribución de planta se muestran a continuación:



CRAFT

Algoritmo

El objetivo principal del Método CRAFT es reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución mediante una función objetivo en base a la distancia volumen[16]. En el modelo propuesto por Armour y Buffa en 1963, se inicia con la determinación de los costos asociados a las instalaciones de producción, seguido por la identificación de los centros de cada área de trabajo basandose en matrices de flujos de materiales. Luego, se evalúan las posibles ubicaciones de estas, considerando la adyacencia entre ellas y su pertenencia al mismo departamento para el que está destinada. La configuración de áreas que resulte en el menor costo se selecciona como la óptima. Este proceso se repite hasta que no se encuentre una combinación de ubicaciones que supere en eficiencia actual. Esta técnica, es adecuada para gestionar hasta cuarenta instalaciones, demuestra un mejor rendimiento cuando las áreas de las instalaciones presentan diferencias significativas entre sí.

Implementación

- Disposición inicial
- Flujo de datos
- Costos por unidad de distancia
- N° total de departamentos
- ¿Cuáles son los Datos Fijos y Su ubicación?
- Área de Departamentos.

CORELAP

Algoritmo

Una técnica clásica y ampliamente utilizada en la ingeniería industrial para abordar el desafío de diseñar distribuciones eficientes es el "Computarized Relationship Layout Planning" (CORELAP), desarrollado en 1967. Se emplea un criterio principal: la proximidad entre departamentos, medida a través de trayectorias rectilíneas. Aquí, la premisa es que los departamentos que interactúan con mayor frecuencia deberían estar ubicados más cerca uno del otro para optimizar el flujo de materiales y personas entre ellos[17]. Por lo tanto, el departamento con la relación de cercanía más alta se coloca estratégicamente en el centro de la disposición, lo que facilita su accesibilidad y conectividad con el resto de los departamentos, los pasos para este modelo son:

Implementación

- Recopilación de datos
- Creación de matrices de relaciones
- Asignación de pesos
- Análisis computacional
- Validación y ajuste
- Implementación

ALDEP	SLP
<i>Algoritmo</i>	<i>Metodología</i>
<p>El algoritmo ALDEP, o por sus siglas en inglés "Automated Layout Design Program", es un diseño de distribución de planta que fue desarrollada en 1969. Esta técnica se centra en la optimización de algoritmos matemáticos para determinar la "Ubicación Relativa" más eficiente de los diferentes departamentos dentro de un proceso de fabricación.[18]</p> <p>Para llevar a cabo la metodología se necesita serie de datos como entradas las cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensión y N° de departamentos a instalar en el área en específico. • Descripción de las dimensiones del edificio. • Tabla de preferencias para calificación: A-E-I-O-U-X, las cuales van desde la A=Esencial hasta la X= indeseable, las cuales se le asigna una ponderación numérica a criterio propio. • Ficha de control para activar Subrutinas. • Criterios para asignar la ejecución de las actividades (Elección y Aceptación final) • Proceso de Selección • Predicciones 	<p>El método Systematic Layout Problema (SLP), propuesto por Muther consta de etapas (3) fundamentales las cuales consisten en:</p> <p>En la etapa de análisis, se procede luego de formular el problema, realizando un estudio de los flujos productivos que presentan problemas para la distribución. Esto incluye el análisis de flujos de materiales, información, operadores, entre otros. Se desarrolla una matriz de relaciones donde se asigna a cada par de instalaciones una etiqueta que refleja la razón de cercanía entre ellas. Las relaciones de cercanía se codifican con valores como A, E, I, O, U, X, indicando respectivamente necesidad absoluta, especialmente importante, importante, indiferente, no importante e indiferente en el proceso.</p> <p>En la etapa de búsqueda, se realiza una primera aproximación de la distribución, tratando de cumplir en la medida de lo posible los requisitos establecidos en la matriz de relaciones.</p> <p>En la etapa de solución, se elabora un diagrama detallado de las relaciones espaciales, incluyendo la geometría de cada área, pasillos y requisitos técnicos. Luego, se evalúan todas las posibles soluciones encontradas en la etapa anterior según algún criterio optimizador, y se selecciona la solución final más adecuada. [17]</p>
<i>Implementación</i>	<i>Implementación</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Definición de requerimientos • Modelado del problema • Evaluación de alternativas • Selección de la mejor solución 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis producto – cantidad • Flujo de materiales • Diagrama relacional de actividades • Espacios disponibles • Diagrama relacional de espacios • Factores influyentes • Limitaciones prácticas • Generación de alternativas • Evaluación • Selección • Instalación

Figura 25. Metodologías de diseño - Distribución de planta

Tras el análisis exhaustivo de las metodologías (SLP-ALDEP-CRAFT-CORELAP) se evidencia la complejidad que representa decidir con los objetivos, restricciones y requerimientos para definir y desarrollar el problema. Dado que todos estos parámetros de entrada son establecidos por los Stakeholders y es por esto que emerge la necesidad de implementar un mecanismo de selección jerárquico el cual brinde apoyo objetivo para la ponderación de los criterios anteriormente mencionados, esta herramienta es la matriz AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS) la cual cuenta con la comparación de importancia en los requerimientos y las diferentes alternativas de diseño para cumplir el desarrollo de los objetivos, necesidades y restricciones en el proyecto.

Criterio Metodología	Ampliación de Capacidad Operativa	Costo	Enfoque Seguro del Diseño	Flexibilidad	priorización
CRAFT	0,15	0,24	0,12	0,28	0,23
SLP	0,63	0,14	0,26	0,32	0,40
CORELAP	0,06	0,57	0,06	0,35	0,25
ALDEP	0,15	0,05	0,56	0,04	0,12
TOTAL	0,29	0,04	0,09	0,57	0,42

Figura 26. Matriz Multicriterio AHP selección de alternativas.

La matriz resultante AHP del análisis de las metodologías y algoritmos (CRAFT, SLP, CORELAP, ALDEP) fueron evaluadas con los criterios establecidos de (Costo, Aumento de Capacidad operativa, Flexibilidad y Enfoque seguro del diseño) para a su vez elegir la mejor metodología o algoritmo para el Diseño de Distribución de planta; para obtener dicho resultado se tuvieron que evaluar todos requerimientos con cada una de las alternativas dándole su respectivo peso ponderado otorgado por puntos siguiendo la metodología de la matriz AHP. En la fase final del proceso de selección de alternativas, se realiza una evaluación donde se asignan ponderaciones a cada opción en función de su adecuación a los criterios predefinidos. La metodología con mayor ponderación será la seleccionada para la implementación en el proyecto de diseño, siendo la SLP, la que se centra en encontrar la distribución que optimice la eficiencia, productividad, seguridad, flexibilidad y satisfacción del personal utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas para evaluar alternativas de distribución.

E. Especificación del diseño

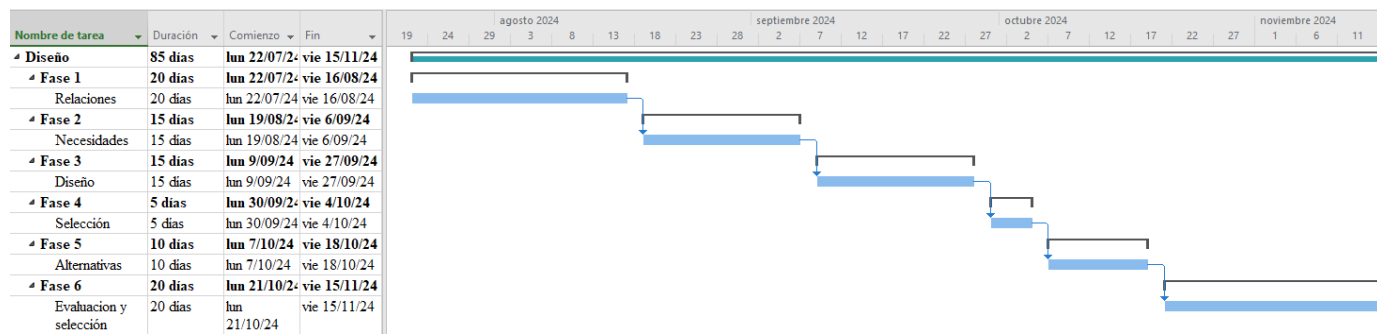
Se establece una clara conexión entre los requerimientos y los objetivos corporativos, de rendimiento y estratégicos a largo plazo de la organización y tras la evaluación exhaustiva de las alternativas de metodología de diseño, se determinó que el Systematic Layout Planning (SLP) es la herramienta más idónea para lograr una eficiente distribución de planta, por lo cual teniendo en cuenta la naturaleza de LA EMPRESA no es necesario redefinir y/o modificar las operaciones, sistemas y subsistemas actuales, ya que, son esenciales para el correcto funcionamiento secuencial de los procesos tal y como se pueden observar en las figuras 6, figura 16, figura 17, figura 18, además para aumentar la capacidad de producción en la planta es necesario reconocer que se va utilizar la maquinaria total, Tabla VI y el recurso humano (60 personas) con la que LA EMPRESA cuenta actualmente, ya que la gerencia específico la no adquisición de nueva maquinaria para producción. El listado de maquinaria se muestra a continuación:

TABLA VI.
MAQUINARIA DISPONIBLE EN LA EMPRESA

N°.	CODIGO	EQUIPOS
1	Marm1	Marmita n°.1
2	Marm2	Marmita n°. 2
3	Marm3	Marmita n°. 3
4	Marm4	Marmita n° 4
5	Marm5	Marmita n° 5
6	Marm6	Marmita n° 5
7	Envas1	Envasadora n°.1
8	Envas2	Envasadora n°.2
9	Envas3	Envasadora n°.3
10	Codi9410	Codificadora 9410
11	Etiquet1	Etiquetadora envase
12	Tunter	Túnel de termoencogido #2
13	Bascu01	Bascula industrial

F. Plan de trabajo (PdT)

Con los indicadores obtenidos y las herramientas implementadas en esta fase inicial de este proyecto de diseño, este proyecto se encuentra en un punto de desarrollo y con fuertes fundamentos para lograr abarcar los desafíos que lleva consigo LA EMPRESA. Por esta razón el equipo de trabajo ha trazado una hoja de ruta clara y concisa, en la cual se dividen las diferentes fases del trabajo, en donde esta ruta guiará las acciones pertinentes para el futuro desarrollo en las próximas etapas del proyecto. Esta herramienta es el diagrama de Gantt.





Objetivo	Área del IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Realizar las relaciones existentes del sistema	Operations Research & Analysis	Análisis P-Q.	Agrupar los productos por familias y cuantificar en cantidad.	Diagrama P-Q.	Lunes 12 de agosto del 2024.
		Diagrama multiproducto.	Observar el proceso para cada familia de producto.	Diagrama multiproducto.	Lunes 12 de agosto del 2024.
Construir el diagrama de relaciones y realizar el debido tamaño de planta.	Operations Engineering & Management	Diagrama de relación de actividades.	Analizar de forma exhaustiva los procesos secuencias de trabajo.	Diagrama relacional de actividades	Lunes 16 de septiembre del 2024.
		Desarrollar plano de bloques	Identificar las estaciones dentro de los departamentos de trabajo	Plano de bloques de flujo.	Lunes 16 de septiembre del 2024.
Diseñar distribuciones preliminares	System Design & Engineering	Diagrama relacional de espacios.	Realizar varios diseños preliminares de los departamentos en una misma área.	Diagrama relacional de espacios.	Lunes 7 de octubre del 2024.
Identificar las barreras del sistema.	Operations Research & Analysis	Realizar diagramas ACR	Identificar las acciones limitantes del sistema.	Diagrama ACR.	Lunes 21 de octubre.
Generar las alternativas.	Operations Engineering and Management	Herramientas de simulación mediante el software Arena.	Programar la simulación del sistema.	Simulaciones.	Lunes 28 de octubre.
Evaluación y selección de alternativa.	Engineering Economic Analysis	Análisis económicos	Evaluar costos y retorno de inversión.	Análisis financiero en Excel.	Lunes 4 de noviembre.
Presentación gerencia y sustentación final	Engineering Management	Informe.	Sustentación.	PDF	Jueves 7 de noviembre del 2024.

Figura 27. Plan de trabajo

IV.DESARROLLO Y DISEÑO

A. Análisis Producto - Cantidad

Dado que la empresa cuenta con un sistema de producción por lotes unidireccional, se reconoce la importancia de realizar un análisis PQ tomando como base las tres familias de productos que maneja la compañía: semilíquidos, líquidos y viscosos. Este análisis permite mejorar el flujo operativo, priorizando las líneas más productivas y reconociendo posibles barreras en el sistema.

Actualmente, la empresa cuenta con seis líneas de producción, como se muestra en la *Tabla VII* y *Figura 28*. Del análisis de estas líneas, se observa que la Línea 1 es la que procesa el mayor volumen de producción, representando un 73,31% del total (ver Parte A). Debido a este alto porcentaje, es crucial que esta línea sea tratada de manera prioritaria, ya que tiene un impacto significativo en el rendimiento global de la planta. Por otro lado, se puede notar que las líneas de la Parte C solo contribuyen con un 5,42% a la producción total, lo que indica que no aportan de manera significativa al flujo de productos. Al contrario, estas líneas pueden estar generando cuellos de botella en el proceso productivo de la línea insignia (Línea 1), interfiriendo con la eficiencia de la cadena operativa principal y existe un desequilibrio en la capacidad productiva de la planta. Por lo que la necesidad de redistribuir la producción, reconfigurar las líneas, o incluso eliminar o fusionar líneas con baja producción para hacer un buen uso los recursos.

TABLA VII.
ANÁLISIS PQ POR LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

Parte	Producto/línea	Cantidad anual (g)	Participación	Acumulado	
0,16666667	11	251.094.000,00	73,313%	73,313%	Parte A
0,16666667	16	44.645.000,00	13,035%	86,348%	Parte B
0,16666667	13	27.945.000,00	8,159%	94,508%	
0,16666667	12	18.503.000,00	5,402%	99,910%	Parte C
0,16666667	15	300.000,00	0,088%	99,998%	
0,16666667	14	8.000,00	0,002%	100,000%	

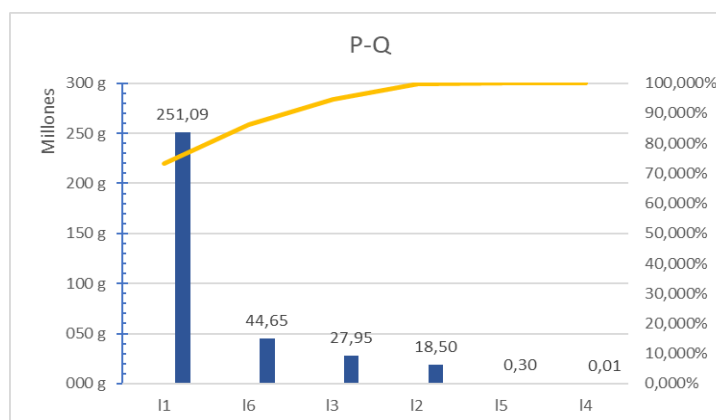


Figura 28. Análisis Producto - Cantidad

En este contexto, se desglosa la Línea 1 por familias de productos, con el objetivo de reconocer el aporte de producción de cada una de estas familias.

TABLA VIII.
ANÁLISIS PQ LÍNEA N°1

Familia de producto	Cantidad (g)	Aporte	Acumulado
Semilíquidos	138.101.700,00	0,55	0,55
Líquidos	75.328.200,00	0,3	0,85
Viscosos	37.664.100,00	0,15	1
	251.094.000,00		

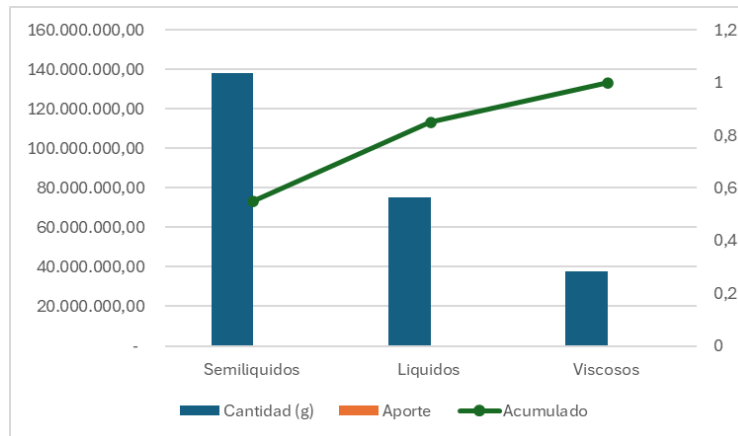


Figura 29. Análisis PQ línea N°1

A partir de la *Tabla VIII* y la *Figura 29*, se sugiere que la distribución debe estar enfocada en la Línea 1 y la familia de productos semilíquidos, ya que estas operaciones representan el mayor porcentaje de participación dentro de la producción. Esta línea contribuye con un volumen significativamente mayor en comparación con las demás, ya sea en términos de unidades fabricadas o en el valor económico generado.

En consecuencia, la Línea 1 es considerada estratégica o crítica para el funcionamiento de la planta, ya que su desempeño impacta directamente en la capacidad global de producción. Por lo tanto, esta línea debe recibir una asignación prioritaria de recursos, como mano de obra, mantenimiento y equipos, para asegurar que opere de manera continua y sin interrupciones.

B. Análisis multiproducto

El análisis de los diagramas multiproducto del sistema actual refleja importantes aspectos críticos que merecen una evaluación detallada. Según lo observado en la *Figura 30*, el flujo inicial de las tres familias de productos (semilíquidos, líquidos y viscosos) sigue un esquema lineal y continuo hasta el proceso de chaqueta de agua. Este diseño refleja una configuración productiva en la que cada familia de productos pasa por la misma secuencia de procesos sin ninguna desviación, lo que simplifica significativamente la operación al garantizar que todas las líneas utilicen los mismos equipos en las etapas iniciales. Esta estandarización permite un aprovechamiento uniforme de los recursos y facilita el control de calidad, ya que cada producto sigue una secuencia definida.

Sin embargo, esta misma linealidad presenta desventajas técnicas significativas ya que cualquier retraso o interrupción en un proceso impactará negativamente toda la cadena de producción. Además, este sistema rígido limita la capacidad para gestionar la variabilidad en la demanda o adaptarse a contingencias operativas. Esto se traduce en un alto riesgo para la producción, especialmente cuando los equipos trabajan a plena capacidad sin espacio para amortiguar las fluctuaciones en la operación.

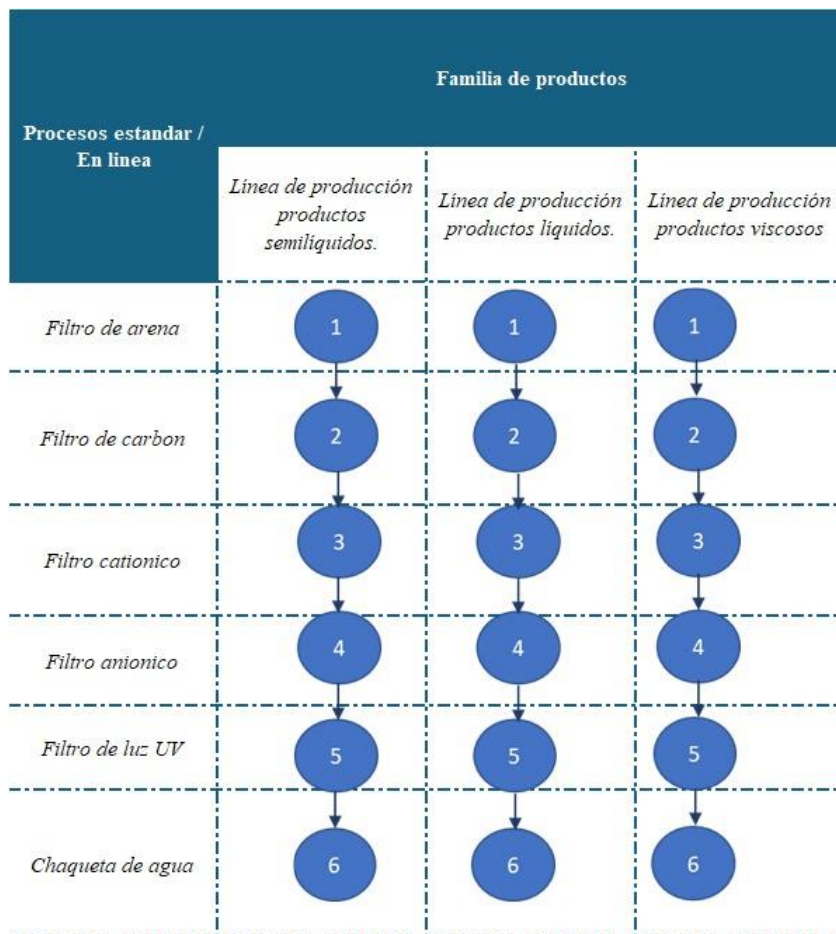


Figura 30. Diagrama multiproductos estándar

Por otro lado, la Figura 31 revela detalles adicionales sobre la variedad de las familias de productos a partir del proceso inicial compartido. Mientras que las líneas de semilíquidos y líquidos siguen rutas similares con ligeras variaciones en el mezclado, la línea de productos viscosos introduce una etapa adicional de mezcla con calentamiento, lo que genera un mayor tiempo de procesamiento. Este diagrama también permite evaluar los porcentajes de utilización de los distintos procesos, este porcentaje de utilización se calculó con una suma producto del porcentaje de importancia simple, considerando la demanda de cada producto con la cantidad de familias utilizadas en cada área de trabajo (ver anexo 5, Análisis multiproducto), proporcionando una perspectiva clave sobre el desempeño operativo de cada etapa. Cabe resaltar que los procesos con una utilización del 100%, como dispensado, almacenamiento, etiquetado y envasado, se destacan por su papel crítico en la producción, ya que operan al máximo de su capacidad sin margen para interrupciones o ajustes.

Este alto porcentaje de utilización, aunque inicialmente puede parecer un indicador de eficiencia, representa en realidad una amenaza para la compañía. Al operar al límite de su capacidad, estos procesos no permiten ajustes rápidos frente a incrementos de demanda ni ante fallos operativos. Esta situación podría derivar en cuellos de botella recurrentes que impactan los tiempos de entrega. En contraste, los procesos con menor porcentaje de utilización, como mezcla/agitación al 85% y la sacheteadora al 55%, presentan oportunidades de mejora. Su ubicación actual en la planta debe ser evaluada, ya que, al no operar al máximo de su capacidad, podrían estar ocupando espacios que serían más útiles para equipos más críticos, por lo que la alternativa de reubicarlas en zonas menos estratégicas permitiría liberar áreas clave para procesos con mayor demanda.

Proceso	Familia de productos			PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN
	Línea de producción productos semilíquidos.	Línea de producción productos líquidos.	Línea de producción productos viscosos	
Dispensado	1	1	1	100,00%
Mezcla /Agitador	2	2	2	85,00%
Agitador / Mezcla Calentamiento			2	30,00%
Almacenamiento en tambores industriales	3	3	3	100,00%
Etiquetado	5	5	5	100,00%
Envasado	4, 4,1	4	4	100,00%
Sacheteadora				55,00%
IMPORTANCIA	0,5500	0,3000	0,1500	

Figura 31. Análisis multiproducto

C. Diagrama de recorrido

En una planta con un sistema de producción lineal, como se describe en *Figura 30* y *31*, la minimización del recorrido es clave para reducir tiempos de transporte, mejorar el flujo de materiales y mejorar el uso del espacio.

Al vincular un análisis de recorrido, el cual, a diferencia de la *Figura 30* y *31*, se puede evaluar de manera integral no solo cómo se procesan las familias de los productos, sino también cómo y de qué forma se desplazan. Esto es especialmente importante en un sistema de producción por lotes, ya que cualquier movimiento que no sea netamente necesario o mal planificado podría generar demoras en la transición de un lote a otro, afectando directamente los porcentajes de utilización observados en la *Figura 31*.

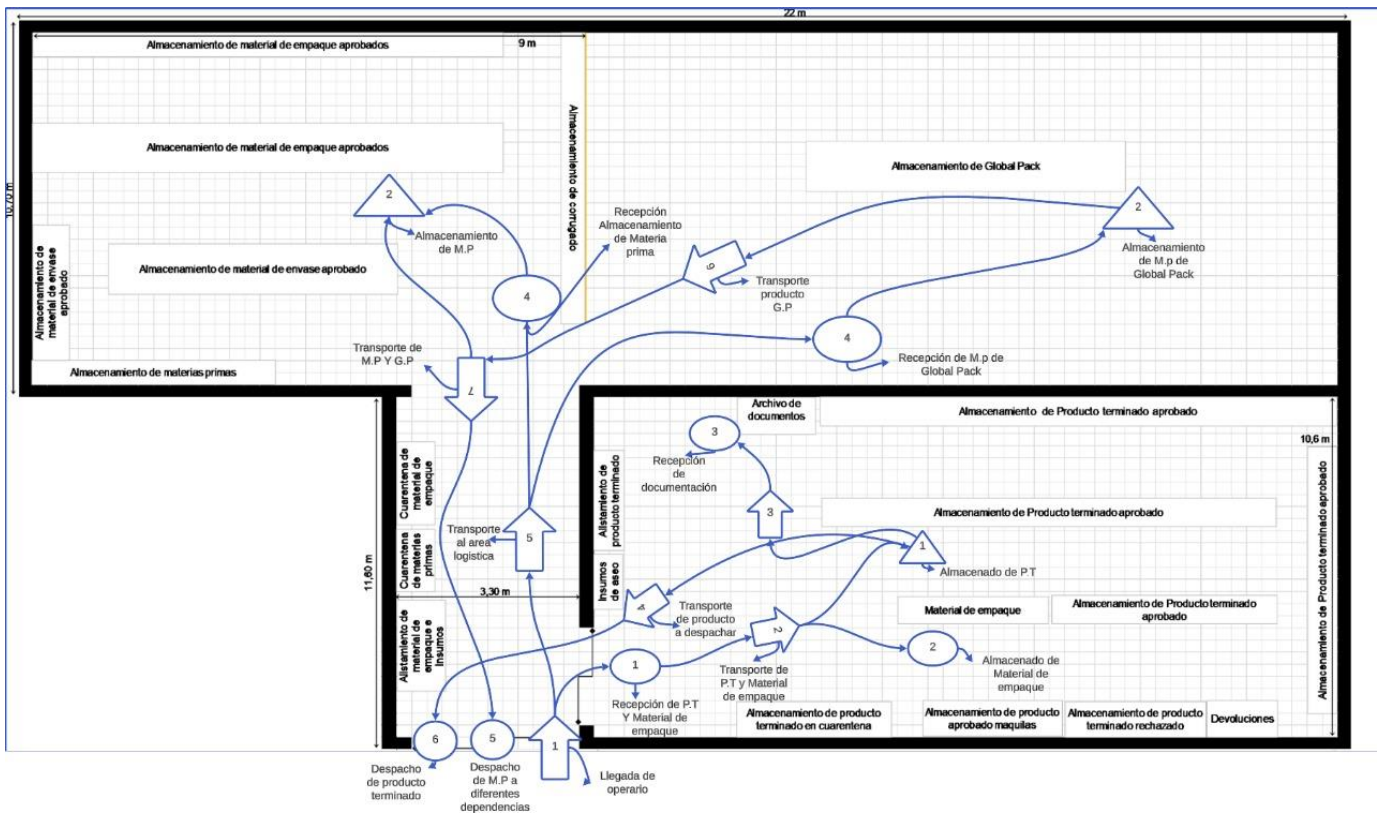


Figura 32. Diagrama de recorrido – área de logística

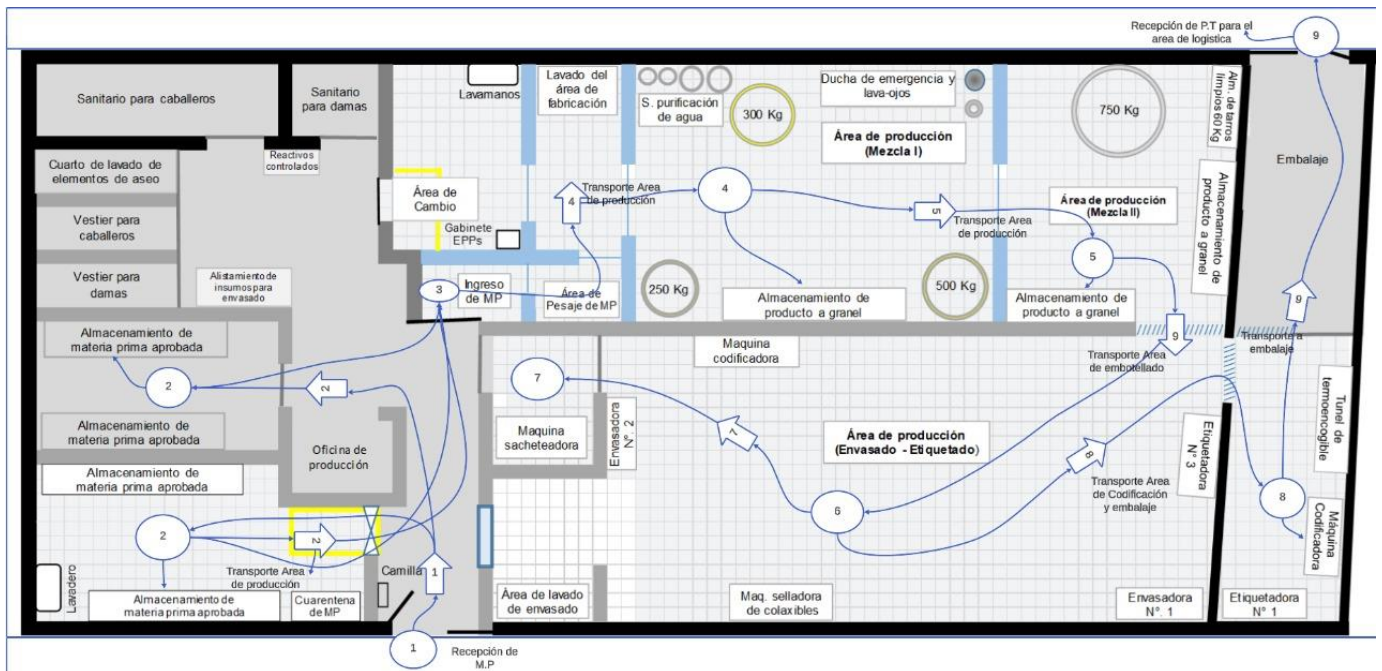


Figura 33. Diagrama de recorrido – área de producción

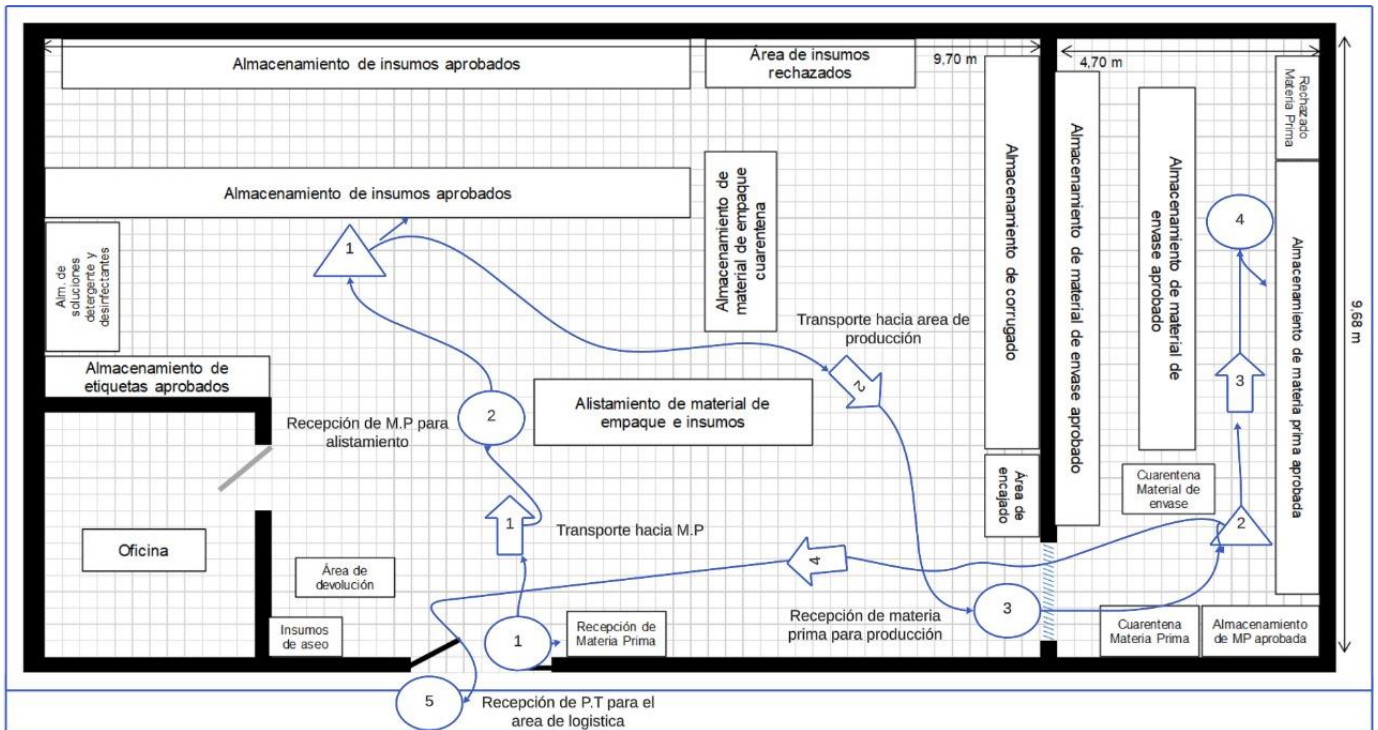


Figura 34. Diagrama de recorrido – área de fabricación de envases

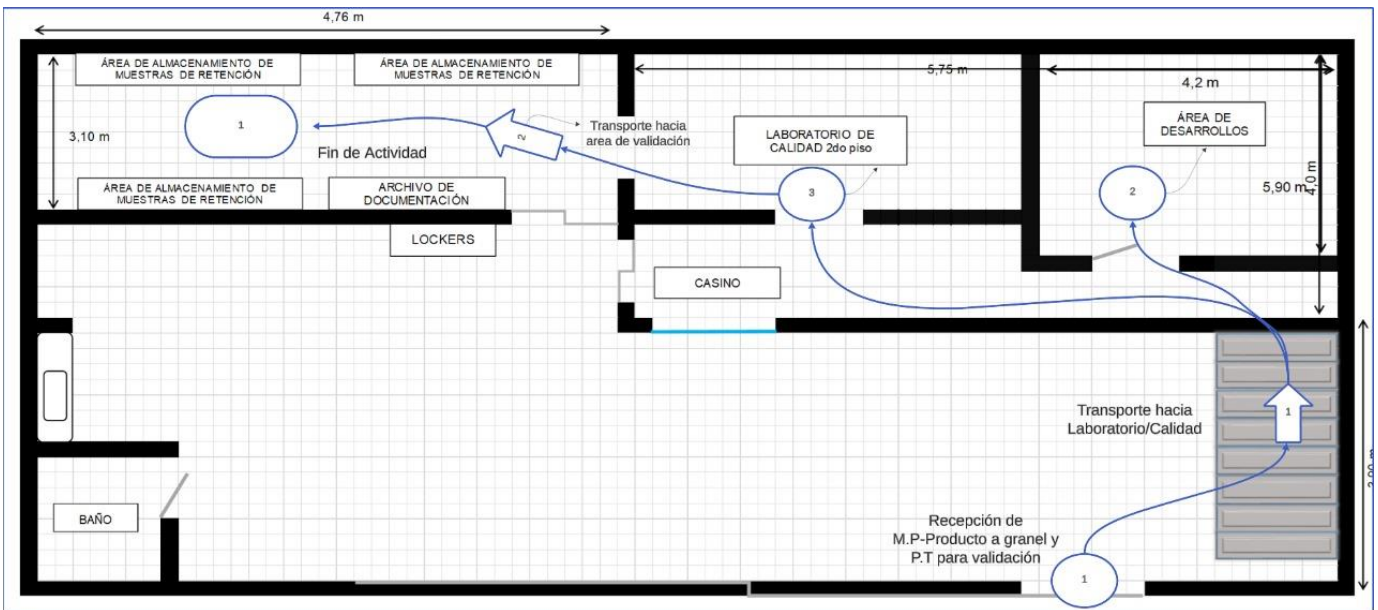


Figura 35. Diagrama de recorrido – área de calidad

D. Matriz de relaciones

Para llevar a cabo una correcta distribución de planta, es fundamental conocer en detalle cómo interactúan las distintas áreas de producción. Este análisis permite reducir indicadores críticos como la relación carga-distancia, la distancia de manejo de materiales, y el flujo de personal, los cuales serán evaluados en el apartado “Evaluación de indicadores”. Al identificar las conexiones más relevantes entre las áreas, se busca establecer un flujo continuo de materiales y productos a lo largo de la planta. Además, al mejorar la disposición física de los elementos en función de su frecuencia e importancia de interacción, se logran reducciones significativas en los tiempos de traslado y costos asociados, mejorando el rendimiento general de la planta y maximizando la utilización de los recursos disponibles.

Para realizar el análisis de la matriz de relaciones (*ver figura 36*), se debe tener en cuenta que se establecieron los siguientes criterios de evaluación:

Tabla IX.
Tabla de valor de proximidad

VR	Definición
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Ordinario o Normal
U	Sin importancia
X	No recomendable

Tabla X.
Tabla de motivos

Código	Motivos
1	Facilidades para la recepción y despacho
2	Mínima distancia recorrida
3	Inspección de calidad
4	Trámite administrativo
5	Mantenimiento de máquina y equipos
6	Humedad e inconvenientes
7	No requiere cercanía

Una vez realizada la matriz de relaciones, se analizan los resultados de las principales áreas críticas que requieren reformas para mejorar la eficiencia operativa y asegurar un flujo continuo de materiales a lo largo de la planta. En este contexto, la matriz de relaciones evidencia la necesidad de la proximidad entre el almacén de producto terminado y el envalado, así como el área de logística y el cuarto de aprobación M.P. y a su vez las dependencias de fabricación, envasado y envalado (área de producción), debido a su interdependencia en las actividades relacionadas con el flujo de materiales. La cercanía entre el almacén del producto terminado y el patio de carga y descarga es crucial para facilitar un manejo eficiente de los productos terminados, permitiendo un acceso rápido y seguro durante el proceso de despacho. Esto no solo acelera el tiempo de respuesta, sino que también reduce el riesgo de deterioro o pérdidas durante el traslado.

Además, se evidencia la prioridad de ubicar el área de logística, encargada de la gestión de materias primas, cerca del cuarto de aprobación de materias primas, que se encuentra en la zona de producción. Esta cercanía es esencial para reducir la exposición de las materias primas y garantizar una supervisión adecuada. Una ubicación estratégica no solo garantiza el manejo correcto de los insumos, sino que también permite una respuesta rápida ante cualquier requerimiento o ajuste necesario.

Asimismo, el área de envasado debe estar diseñada para facilitar el transporte eficiente del producto hacia el área de envalado, evitando desplazamientos excesivos que obstaculizan el monitoreo y el flujo adecuado de materiales. Esto asegura que los productos se transfieran de manera fluida entre las distintas etapas del proceso, minimizando tiempos de espera y mejorando la eficacia general. Por último, es especialmente importante mantener una conexión directa entre logística y envasado. Esta relación



es fundamental para asegurar una comunicación ágil y un flujo de materiales sin interrupciones, lo que permitirá mitigar barreras y retrasos en los tiempos de producción. En conjunto, estas reformas contribuirán significativamente a la mejora del rendimiento general de la planta, ya que son las áreas que actualmente se encuentran fragmentadas y limitan la eficiencia operativa.

En la *Tabla XI* se observa el resumen de los atributos de la matriz de relaciones, en la cual se ha superado el 5% máximo permitido para los atributos de tipo A. Esto se debe a la interdependencia de una única área (Producción), donde se cuenta con tres tipos de actividades, las cuáles deben discriminarse porque cuenta con capacidades, almacenamiento y flujos distintos. Mientras que el 42% de las conexiones carecen de relevancia, ya que no afecta directamente a las áreas críticas (A). En función de las actividades involucradas, no es necesario que la distribución de estas conexiones sea tan detallada.

No.	Nombre/descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Almacén de producto terminado	1									
2	Logística	1 U									
3	Cuarto de aprobación M.P	A 7 U									
4	Fabricación	2 O 7 U	2 O 1 E								
5	Envasado	A 7 U	7 U 1 X 7 U								
6	Embalado	2 U 7 I 7 U 7 U	E 7 X 7 X 4 I 6								
7	Patio de carga - descarga	1 O 3 U 6 U 6 X 1	U 7 U 7 U 7 U 6								
8	Calidad	7 U 7 X 7 U 7	U 7 U 6 U 7								
9	Casino	7 I 7 O 7	U 4 U 7								
10	Oficinas	6 X 7	X 6								
11	Fabricación de envases	6									

Figura 36. Matriz de relaciones



TABLA XI.
RESUMEN MATRIZ DE RELACIONES

VR	A	E	I	O	U	X
Cantidad	5	4	6	4	28	8
Porcentaje	8%	6%	9%	6%	42%	12%

E. Diagrama de relación de actividades

Este diagrama ayuda a identificar visualmente qué actividades/áreas deben estar más cerca o tener una relación estrecha en el espacio físico para mejorar la eficiencia operativa. Es una herramienta que da agilidad a la hora de realizar el diseño de la nueva planta. En la *figura 37* se puede observar las relaciones estrictamente necesariamente cercanas para establecer el orden de LA EMPRESA, de igual forma se pueden apreciar todas las conexiones existentes del sistema y los códigos de las proximidades en la *figura 37*.







A	Absolutamente Necesario	Rojo	
E	Especialmente Necesario	Amarillo	
I	Importante	Verde	
O	Normal	Azul	
U	Sin importancia	---	
X	No recomendable	Negro	

Figura 37. Código de proximidades

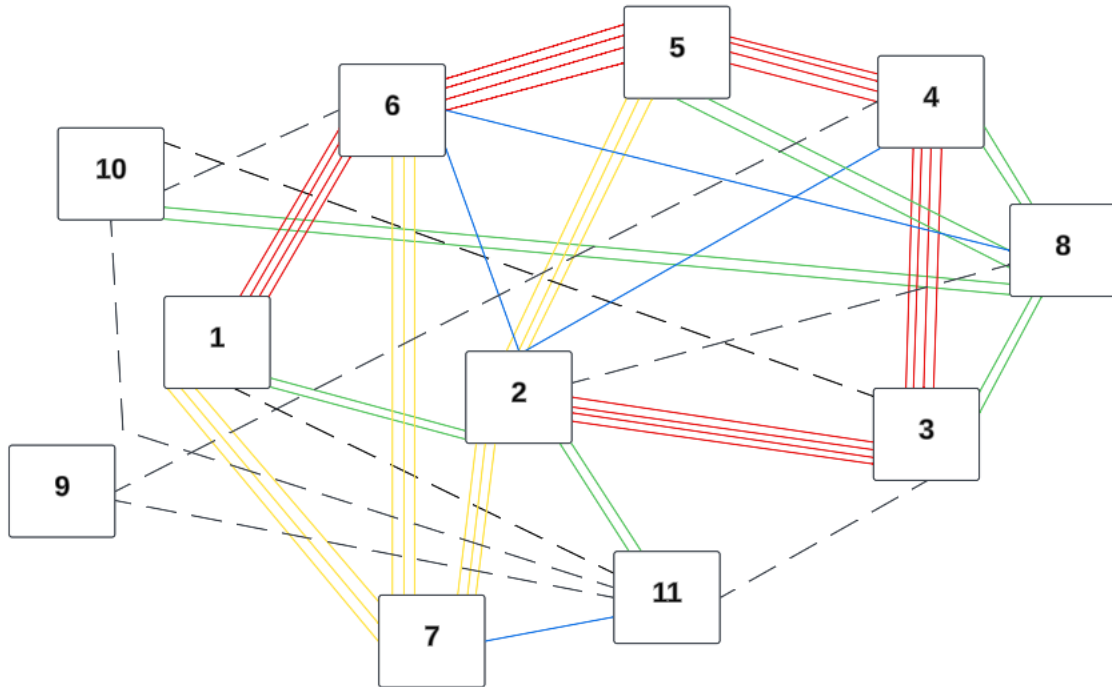


Figura 38. Diagrama de relación de actividades

F. Planos de bloques

a) Plano adimensional

De acuerdo con la intensidad de las relaciones, cada área de la empresa fue representada en "bloques". El número en el centro de cada bloque indica el área correspondiente, mientras que los números en las esquinas representan las áreas con las que existen relaciones de tipo A, E, I y O. Los números situados debajo del área indican aquellas relaciones que tienen restricciones, representadas como tipo X. En la Figura 39, se observa el resumen de la matriz de relaciones.

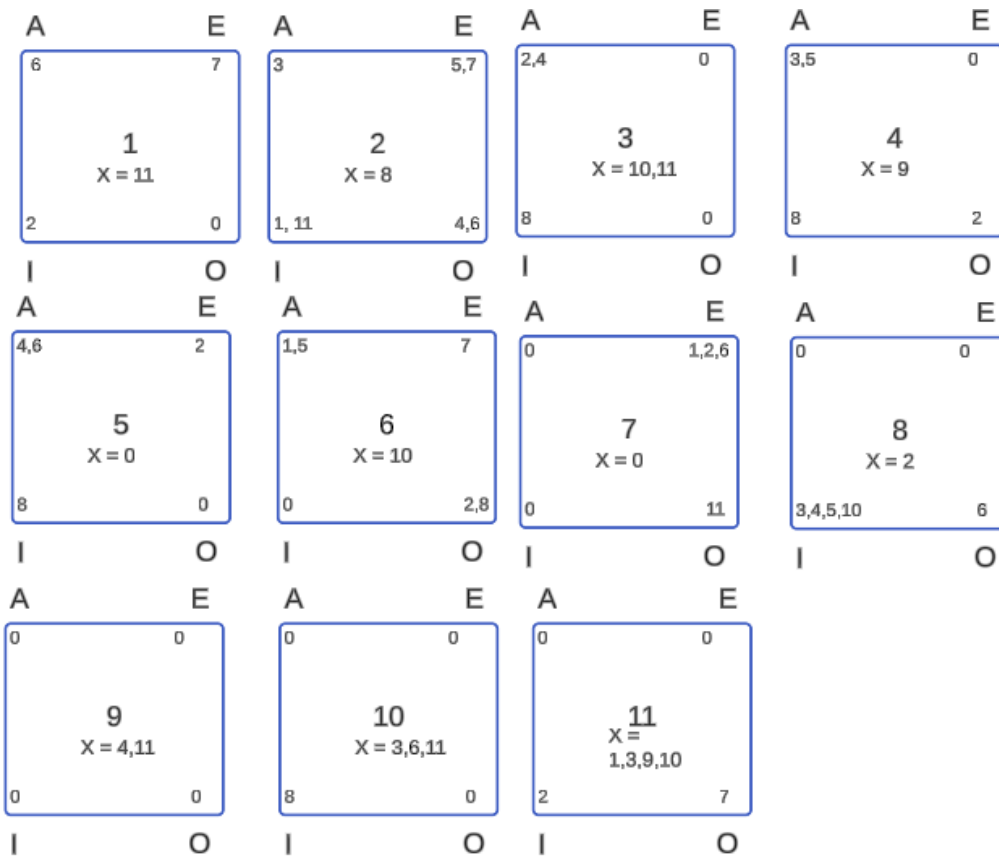


Figura 39. Resumen diagrama adimensional

Una vez caracterizadas las áreas, se procea elaborar cinco diseños adimensionales, los cuales se destacan por su adaptabilidad ante emergencias y variaciones en las operaciones normales. Estos diseños consideran las condiciones actuales de la planta, ya que se prevé la necesidad de expansión debido al incremento en la capacidad de ciertas áreas y la interdependencia entre departamentos, este diseño permitirá representar de manera preliminar la disposición de las distintas áreas dentro de la planta, manteniendo la coherencia con las interacciones y recorridos previamente identificados. Para establecer la ubicación de las áreas, se comenzó con las relaciones tipo A, asegurando siempre su adyacencia. Posteriormente, se asignaron las relaciones tipo E, ubicándolas de modo que las esquinas de las áreas correspondientes tengan contacto, en caso de que no exista adyacencia directa. Las demás áreas se distribuirán ocupando los espacios restantes en la planta, considerando que las áreas con relaciones de tipo X no deben tener ningún contacto entre ellas. Así mismo, de acuerdo con la *Tabla XII*, se obtiene la evaluación de la mejor alternativa de diseño.



TABLA XIII
AYOUT ASSESSMENT SCORES

Layout assessment scores	
V(A)	81
V(E)	27
V(I)	9
V(O)	3
V(U)	1
V(X)	-243

TABLA XIII.
EVALUACIÓN DISEÑO N°1

RESPECTO A 1			RESPECTO A 9		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	9	1	9	6	1
1	6	81	9	7	1
1	7	27	-	-	-
RESPECTO A 6			RESPECTO A 7		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
6	7	27	7	5	1
6	5	81	7	2	27
6	2	3	7	11	3
RESPECTO A 5			RESPECTO A 2		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
5	2	27	2	11	9
5	4	81	2	3	81
5	3	1	2	4	3
RESPECTO A 11			RESPECTO A 4		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
11	2	9	4	3	81
11	7	3	4	8	9
11	3	-243	4	10	1
RESPECTO A 3					
Áreas	Puntos				
3	8	9			
3	10	-243			
Puntuación final		81			

1	9	
6	7	
5	2	11
4	3	
8	10	

Figura 40. Propuesta de diseño adimensional N°1



TABLA XIV.
EVALUACIÓN DISEÑO N°2

RESPECTO AL 11			RESPECTO A 6		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
11	6	1	6	8	3
11	8	1	6	5	81
-	-	-	6	1	81
RESPECTO A 1			RESPECTO A 9		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	8	1	9	5	1
1	5	1	9	7	1
1	7	27	-	-	-
1	9	1	-	-	-
RESPECTO A 8			RESPECTO A 5		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
8	5	9	5	10	1
8	4	9	5	4	81
8	10	9	5	7	1
-	-	-	5	2	27
RESPECTO A 7			RESPECTO A 4		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
7	4	1	4	3	81
7	2	27	4	2	3
-	-	-	-	-	-
RESPECTO A 10			RESPECTO A 2		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
10	4	1	2	3	81
-	-	-	-	-	-
Puntuación final		530			

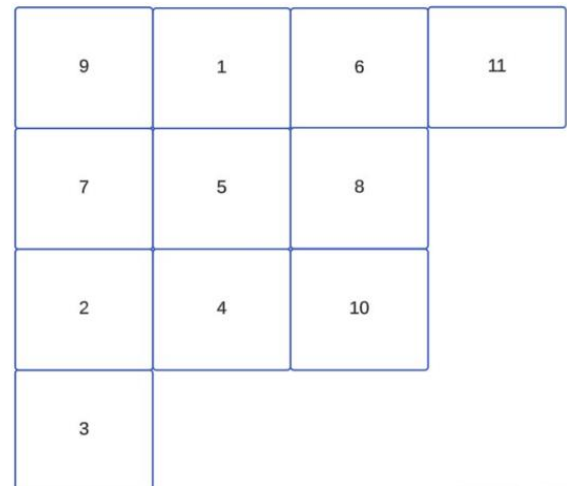


Figura 41. Propuesta de diseño adimensional N°2

TABLA XV
EVALUACIÓN DEL DISEÑO N°3

RESPECTO AL 8			RESPECTO A 4		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
8	10	9	4	10	1
8	4	9	4	5	81
8	5	9	4	3	81
8	11	1	4	2	3
-	-	-	4	11	1
RESPECTO A 2			RESPECTO A 6		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
2	5	27	6	3	1
2	3	81	6	7	27
2	7	27	6	1	81
2	6	3	-	-	-
2	11	9	-	-	-
RESPECTO A 1			RESPECTO A 10		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	7	27	10	5	1
-	-	-	10	9	1
RESPECTO A 5			RESPECTO A 4		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
5	9	1	3	9	1
5	3	1	3	7	1
Puntuación final		484			

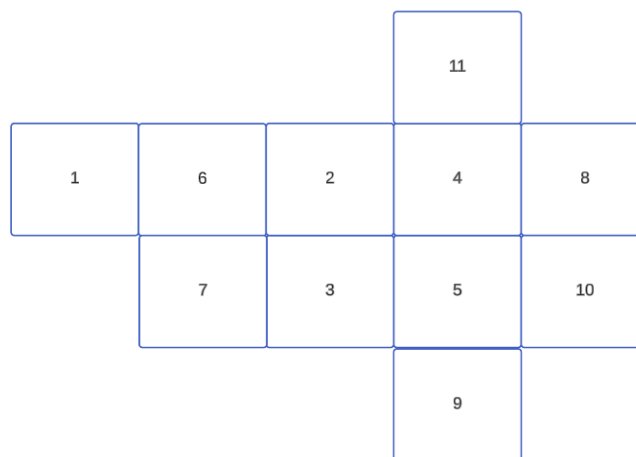


Figura 42. Propuesta de diseño adimensional N°3

TABLA XV.
EVALUACIÓN DISEÑO N°4

RESPECTO AL 11			RESPECTO A 4		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
11	4	1	4	8	3
11	8	1	4	10	1
-	-	-	4	5	81
-	-	-	4	2	3
RESPECTO A 8			RESPECTO A 2		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
8	10	9	2	3	81
8	5	9	2	5	27
-	-	-	2	9	1
RESPECTO A 5			RESPECTO A 10		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
5	3	1	10	9	1
5	9	1	10	1	1
5	1	1	-	-	-
5	10	1	-	-	-
RESPECTO A 3			RESPECTO A 9		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
3	9	1	9	7	1
3	7	1	9	6	1
-	-	-	9	1	1
RESPECTO A 1			RESPECTO A 7		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	7	27	7	6	27
1	6	81	-	-	-
Puntuación final		363			

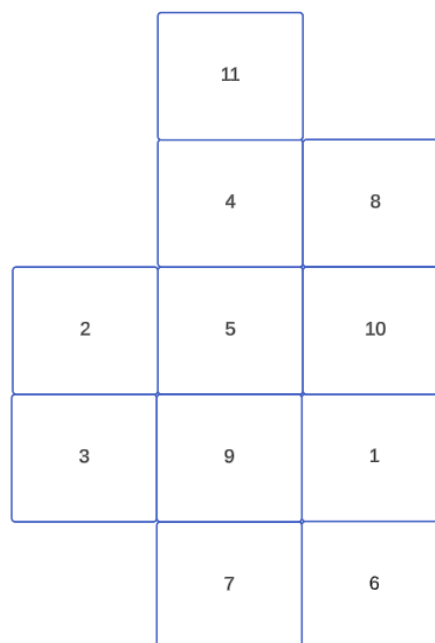


Figura 43. Propuesta de diseño adimensional N°4

TABLA XVII.
EVALUACIÓN DISEÑO N°5

RESPECTO AL 7			RESPECTO A 6		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
7	6	27	6	1	81
7	1	27	6	5	81
-	-	-	6	4	1
RESPECTO A 1			RESPECTO A 5		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	5	1	5	4	81
1	4	1	5	3	1
-	-	-	5	2	27
RESPECTO A 4			RESPECTO A 3		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
4	3	81	3	2	81
4	2	3	3	9	1
4	11	1	-	-	-
RESPECTO A 2			RESPECTO A 9		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
2	9	1	9	8	1
2	11	9	9	10	1
RESPECTO A 8					
Áreas	Puntos				
8	10	9			
Puntuación final		516			

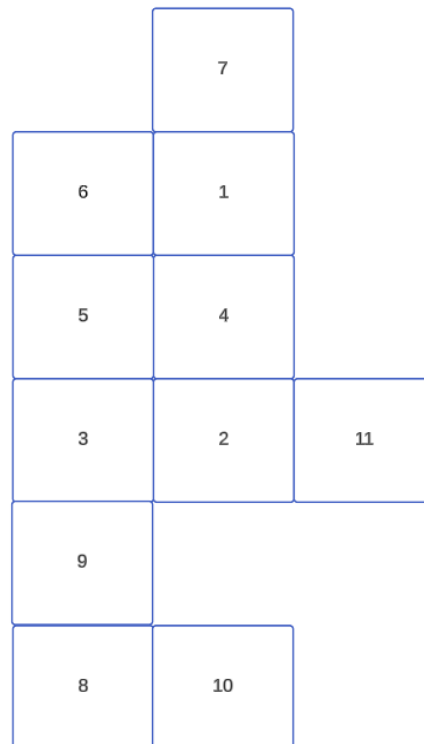


Figura 44. Propuesta de diseño adimensional N°5

Tras la evaluación de los cinco diseños propuestos, se ha seleccionado la propuesta correspondiente a la *Figura 41*, la cual obtuvo una puntuación total de 530 puntos. Ya que esta alternativa no solo cumple con todos los requerimientos y especificaciones de diseño planteados, sino que también garantiza una mejor distribución de planta. Gracias a esta elección, se logra una solución integral que mejora tanto la eficiencia operativa como la disposición del espacio, alineándose con los objetivos de mejora continua y productividad establecidos. Por lo tanto, se procedió a elaborar el diagrama de flujo de materiales y personas, lo que facilita la visualización de los flujos según el modelo propuesto. Esta herramienta, a su vez, permite evaluar con mayor claridad el impacto de cada flujo en los indicadores clave de mejora, contribuyendo a una toma de decisiones más informada y eficiente.

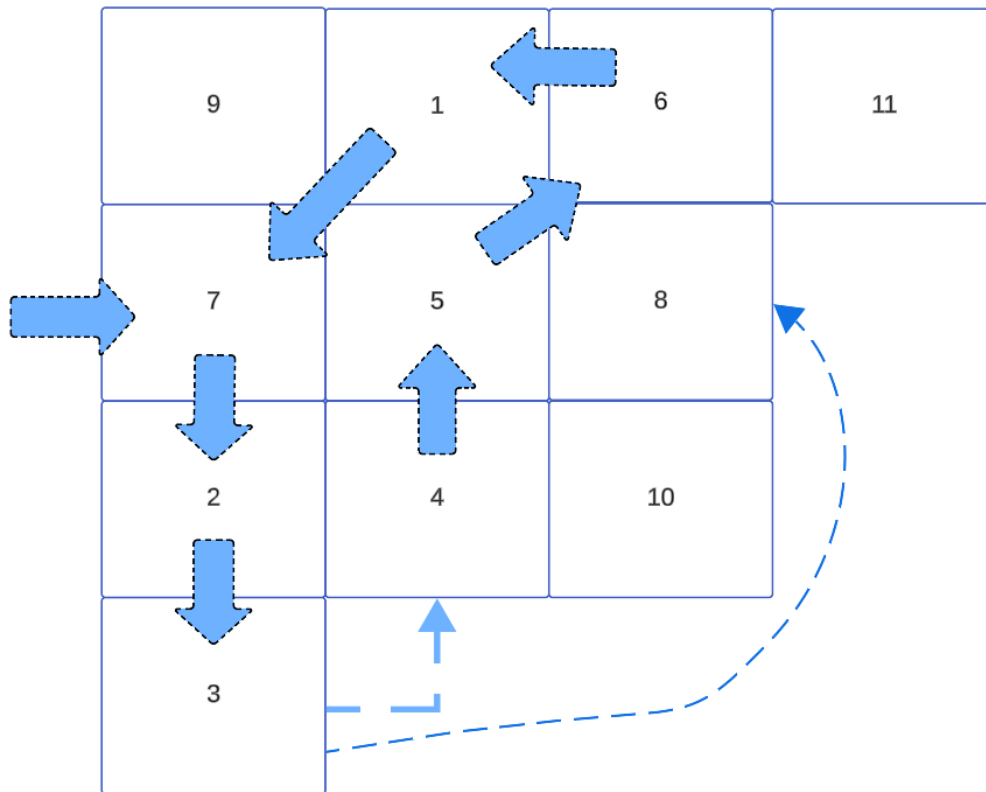


Figura 45. Diagrama flujo de materiales

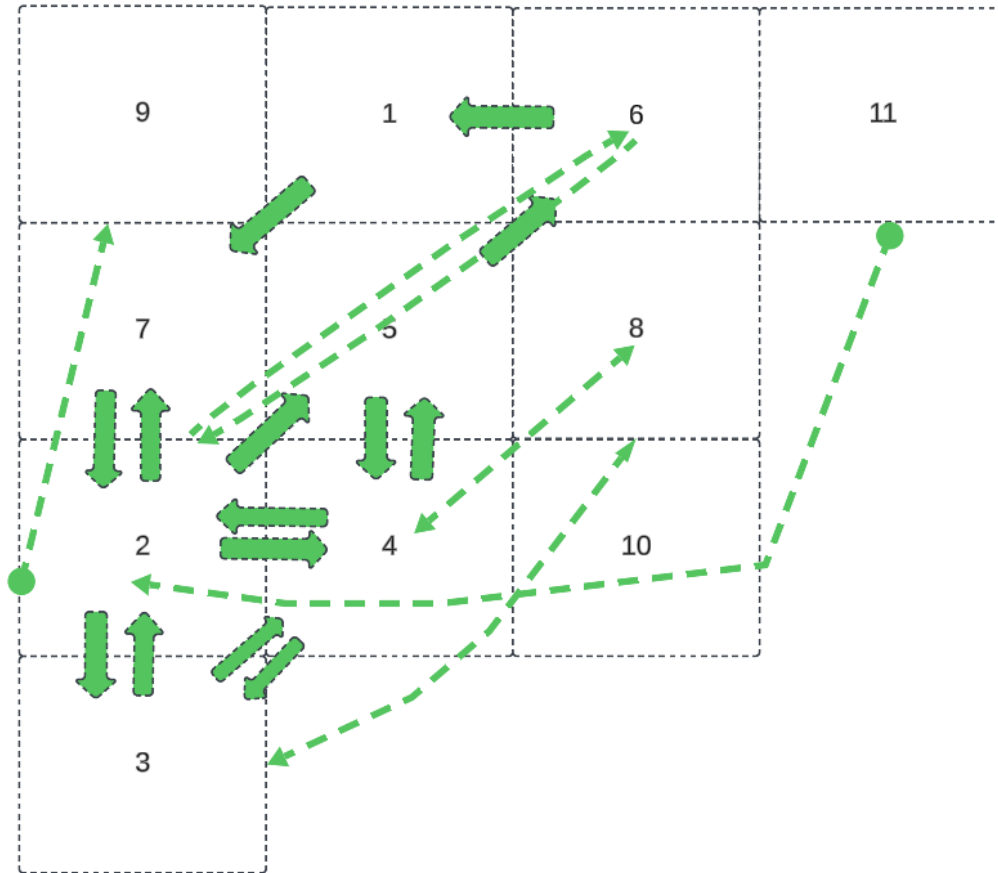


Figura 46. Diagrama de flujo de personas

b) Plano dimensional

a) Requerimientos áreas Mínimas

Para iniciar la fase detallada del diseño, es necesario identificar las áreas y sus respectivos metros cuadrados, esto con el objetivo de cumplir con las especificaciones del diseño tales como, utilización del 100% de los recursos (activos fijos), y el cumplimiento de los siguientes puntos de acuerdo con la teoría de Muther para garantizar una buena distribución de planta [12]:

- Disminución del riesgo para la salud e incremento de la seguridad de los trabajadores.
- Aumentar la producción.
- Minimizar los retrasos en la producción.
- Reducir el manejo de insumos y materia prima.
- Optimizar el uso de herramientas maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios.
- Eliminar material no necesario en proceso.
- Disminuir los tiempos de operación de la planta.
- Acortar las labores administrativas relacionadas con la planta de producción.
- Supervisar la operación de manera más fácil.
- Facilitar el ajuste a los cambios de condiciones.

Por lo tanto, se presenta las áreas mínimas de los centros de trabajo. A través del método de Guerchet se calcula las siguientes superficies con las cuales se construye el análisis de áreas [21].

- Superficie estática: Espacio ocupado por maquinaria, equipos y mobiliario.
- Superficie de giro: Espacio necesario para el movimiento de personas y materiales (incluyendo áreas de paso y maniobra).
- Superficie de evolución: Margen adicional para futuras modificaciones, crecimiento de la producción, flujos de personas o materiales.

TABLA XVIII.
REQUERIMIENTOS ÁREA DE PRODUCCIÓN

		Producción							
		Elementos	Ss (m ²)	Sg (m ²)	Ss*n	Ss*n*H	Se (m ²)	ST (m ²)	Área sugerida (m ²)
Fijos	Marmita 100 litros	1,42	2,84	1,42	2,84	2,04	6,29	7,00	
	Marmita 250 litros	1,85	3,70	1,85	3,70	2,66	8,21	9,00	
	Marmita 300 Litros	1,13	2,26	1,13	2,26	1,63	5,02	6,00	
	Marmita 500 Litros	1,41	2,82	1,41	2,82	2,03	6,26	7,00	
	Marmita 750 Litros	1,65	3,30	1,65	3,30	2,37	7,33	8,00	
	Marmita 1100 Litros	2,01	4,02	2,01	4,02	2,89	8,92	9,00	
	Envasadora 1	3,00	3,00	3,00	6,00	2,88	8,88	9,00	
	Envasadora 2	3,00	3,00	3,00	6,00	2,88	8,88	9,00	
	Envasadora 3	3,00	3,00	3,00	6,00	2,88	8,88	9,00	
	Túnel de termo encogido	3,00	3,00	3,00	6,00	2,88	8,88	9,00	
	Máquina codificadora	3,00	3,00	3,00	6,00	2,88	8,88	9,00	
	Punto de espera 1	Ajuste	Ajuste			Ajuste	Ajuste	Ajuste	
	Punto de espera 2	Ajuste	Ajuste			Ajuste	Ajuste	Ajuste	
	Cuarto de personal							9,00	
	Almacén de MP							30,00	
Oficina producción							6,00		
Embalado							20,00		
					24,4707	48,9413			
Móviles	Carrito transportador	0,90		0,8960	0,8960				
	Moto eléctrica	2,93		2,9295	5,8590				
	Operario	0,50		7,0000	14,0000				
					10,8255	20,7550			
Área total sugerida							151,41	156,00	

TABLA XIX.
REQUERIMIENTOS ÁREA DE PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS

		Fabricación de plásticos						
Elementos		Ss (m ²)	Sg (m ²)	Ss*n	Ss*n*H	Se (m ²)	ST (m ²)	Área sugerida (m ²)
Fijos	Máquina de moldeo por soplado	5,88	11,76	5,88	11,76	15,64	33,28	34,00
	Máquina de moldeo por extrusión	4,16	8,32	8,32	8,32	11,06	23,54	24,00
	Almacenamiento de insumos	6,72	6,72	47,04	47,04	11,91	25,35	26,00
	Recepción de MP. (corrugado-material de envase-almacenamiento de plástico)	10,35	10,35	10,35	10,35	18,35	39,05	40,00
	Encajado	4,00	4,00	16,00	16,00	7,09	15,09	16,00
	Devolución	4,00	0,00	4,00	4,00	3,55	7,55	8,00
	Oficina							8,00
				91,59	97,47			
Móviles	Carrito transportador	0,90		0,90	0,90			
	Operario	0,50		7,00	14,00			
				7,90	14,90			
Área total							143,85	156,00

Basados en los datos recopilados en las tablas XVIII y XIX, se determina los requerimientos de área necesarios para las secciones de producción y fabricación de plásticos. Los resultados iniciales obtenidos mediante el método de Guerchet proporcionaron una estimación de 156 m² para producción y 156 m² para fabricación de plásticos. Sin embargo, es importante considerar que este método calcula los requerimientos mínimos y no incluye factores constructivos como las paredes. Por esta razón, se realizaron ajustes a los valores iniciales para incorporar estos elementos. Además, se identificó que, para obtener una mayor precisión en la determinación de las áreas, es necesario realizar una simulación del sistema productivo. Esta simulación permitirá considerar variables reales como los bloqueos, tiempos de ciclos, los flujos de material y las restricciones de espacio, por lo que las superficies evolutivas que comprende la variabilidad del incremento de la producción y flujo de trabajo deben ser diseñadas de manera que puedan adaptarse rápidamente a las fluctuaciones en la demanda y los cambios en el layout de la planta, permitiendo así un crecimiento escalable.

Se realiza un análisis detallado de las áreas de espera dentro de la producción mediante la simulación del proceso productivo utilizando el software Flexsim, donde se logra exitosamente modelar el flujo de materiales y determinar la capacidad máxima del sistema bajo diferentes escenarios. Este análisis permite identificar los cuellos de botellas para definir con precisión el área necesaria en cada estación de espera, mejorando el flujo y especificando las colas del sistema para minimizar bloqueos.

Dando inicio a la simulación del sistema se tiene en cuenta que este diseño de planta toma como referencia el sistema de producción actual, sistema el cual no cuenta con la capacidad suficiente de producción tal y como se muestra en la *Tabla II*, por lo tanto la simulación busca alcanzar el cumplimiento de la meta del indicador clave de la capacidad de planta (Meta: 60.000.000 g), por lo tanto se presentan la parametrización de los datos de entrada para obtener información confiable, por este motivo, es necesario establecer los siguientes parámetros:

- Lotes estándar pedido (*Tabla XX.*)
- Jornada laboral actual e indicador de capacidad - (*Actual Tabla XXI. - Propuesta Tabla XXII.*)
- Capacidad de máquinas (*Tabla XXIII.*)
- Pedidos - (*Actual Tabla XXIV. – Meta Tabla XXV.*)
- Tiempos en máquina por pedido (*Tabla XXVI.*)
- Parámetros de entrada del sistema (*Tabla XXVIII.*)

TABLA XX.
LOTES ESTÁNDAR PEDIDO

Pedidos tamaño estándar	
100	Kg
250	Kg
300	Kg
500	Kg
750	Kg
1100	Kg
500	kg/pedido promedio

TABLA XXI.
JORNADA LABORAL ACTUAL

Tabla de datos	
Horas/día	8
Días/mes	22
Indicador de capacidad (Ton/Mes)	25

TABLA XXII.
JORNADA LABORAL PROPUESTA

Datos	
Horas/día	8
Días/mes	22
Indicador de capacidad (Ton/Mes)	60

TABLA XXIII.
CAPACIDAD DE MÁQUINAS

Capacidad de máquinas Und/ Horas	
700	Cap envasadora (und/hora)
1000	Cap termo-codificado (und/hora)
600	Cap codificado manual (und/hora)

TABLA XXIV.
PEDIDOS ACTUALES

Ton/ familia		pedidos/mes		pedidos/día	pedidos/hora	hora/pedido
semilíquidos	13,75	semilíquidos	27,50	1,25	0,15625	6,4
líquidos	7,5	líquidos	15,00	0,68181818	0,08522727	11,7333333
viscosos	3,75	viscosos	7,50	0,34090909	0,04261364	23,4666667
Hora/pedido						
3,52						

TABLA XXV.
PEDIDOS META

Ton/ familia		pedidos/mes		pedidos/día	pedidos/hora	hora/pedido
semilíquidos	33	semilíquidos	66,00	3	0,375	2,66666667
líquidos	18	líquidos	36,00	1,636363636	0,204545455	4,88888889
viscosos	9	viscosos	18,00	0,818181818	0,102272727	9,77777778
Hora/pedido						
1,46666667						

TABLA XXVI.
TIEMPOS EN MAQUINA POR PEDIDO

Mediciones					
Presentación (ml)	Peso (g)	Und/pedido promedio	Tiempo envasado (h)	Tiempo termo-codificado (h)	Tiempo codificado manual (h)
320	330	1515,151515	2,164502165	1,515151515	2,525252525
360	370	1351,351351	1,930501931	1,351351351	2,252252252
400	410	1219,512195	1,742160279	1,219512195	2,032520325
600	630	793,6507937	1,133786848	0,793650794	1,322751323
1000	1030	485,4368932	0,693481276	0,485436893	0,809061489



TABLA XXVIII.
PARÁMETROS DE ENTRADA DEL SISTEMA

Distribución (parámetros)		
1	Marmita N°.1	Triangular (1.5,4, 2.5)
2	Marmita N°.2	Triangular (1,2.5,1.5)
3	Marmita N°.3	Triangular (1,2.5,1.5)
4	Marmita N°.4	Triangular (1,2.5,1.5)
5	Marmita N°.5	Triangular (1,2.5,1.5)
6	Marmita N°.6	Triangular (1,2.5,1.5)
7	Envasadora N°1	Triangular (0.69, 1.74, 2.16)
8	Envasadora N°2	Triangular (0.69, 1.74, 2.16)
9	Envasadora N°3	Triangular (0.69, 1.74, 2.16)
10	Codificadora - Etiquetadora	Triangular (0.80, 2.03, 2.52)
12	Túnel de termo encogido	Triangular (0.48, 1.21, 1.51)
13	Báscula Industrial	Uniforme (2,5)

Dado que la moda de la *tabla XXVII* se estimó a partir de un rango de valores por pedido, es importante tener en cuenta que se empleó un enfoque iterativo para obtener un valor preciso. Mediante la función 'Buscar Objetivo' en Excel, se realizó una búsqueda del valor que maximizara la frecuencia dentro del rango establecido, obteniendo así el valor más cercano a la moda. Los resultados de este análisis se detallan en la *tabla XXVIII*:

TABLA XXVIII.
PARÁMETROS DE ENTRADA DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR

Elemento	Min	Moda	Max	Promedio
Envasado (h)	0,693481276	1,740676059	2,164502165	1,5328865
Termo-codificado (h)	0,485436893	1,07302055	1,515151515	1,024536319
codificado manual (h)	0,809061489	1,788367583	2,525252525	1,707560532

Una vez ingresados los parámetros detallados previamente, la simulación incorpora variables adicionales para modelar de forma más precisa el comportamiento del sistema real. Estos parámetros adicionales se presentan en la siguiente tabla:

TABLA XXIX.
PARÁMETROS ADICIONALES DEL SISTEMA (FLEXSIM)

Parámetros adicionales del sistema (flexsim)		
Tiempo disponible (operarios)	77%	
Tiempo promedio entre fallas (operarios)	3,00	hr
Tiempo promedio de recuperación (operarios)	0,89	hr
Set up time marmitas (limpieza)	20	minutos

Tras la parametrización del área de producción, se realizó una simplificación del sistema real, incluyendo solo los parámetros más relevantes para el análisis, Dado que el software utilizado tiene una capacidad limitada de 30 elementos ya que no se cuenta con la licencia educativa. Una vez establecidos estos parámetros, se procedió a conectar los componentes del modelo, obteniendo así la representación simulada del sistema:

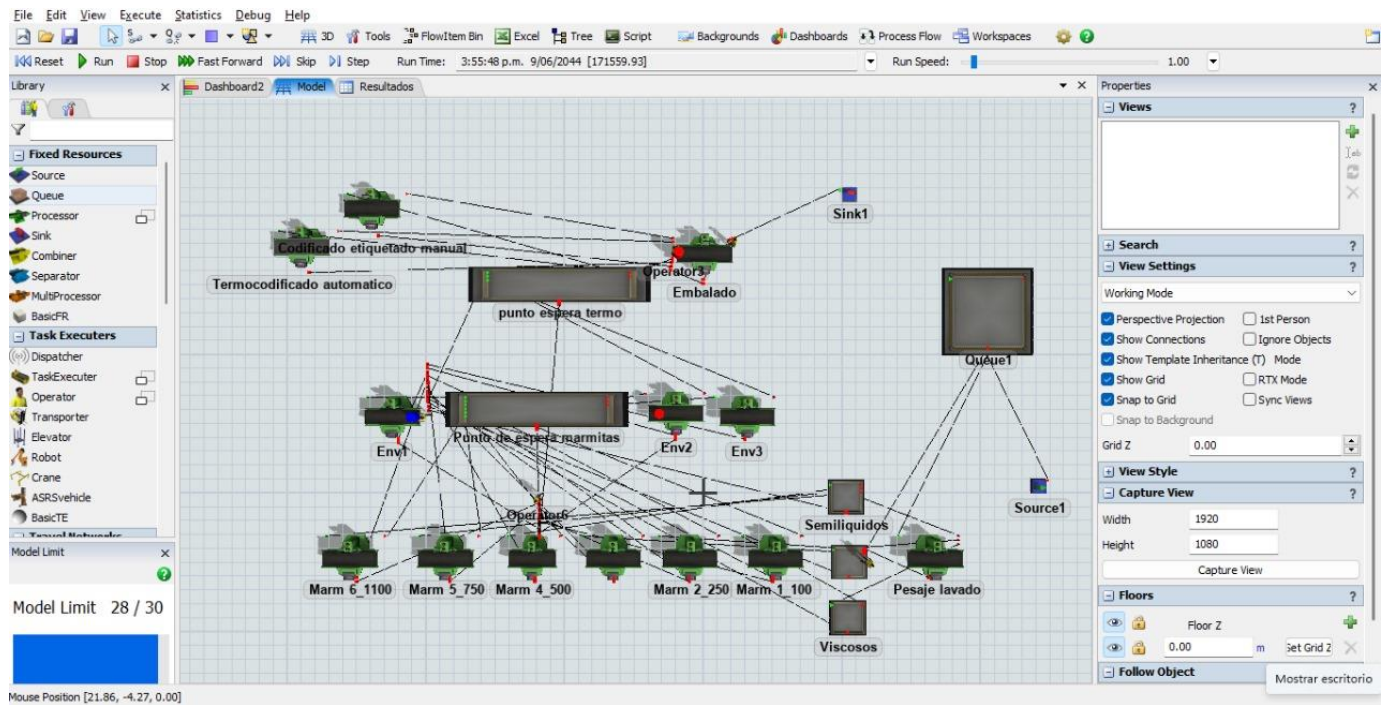


Figura 47. Simulación -Modelo productivo actual

El modelo de simulación fue diseñado siguiendo una secuencia lineal, adoptando el modelo de *make to order*, se inicializa la simulación teniendo en cuenta los parámetros de la situación actual, además se configura un *source* con una distribución exponencial con parámetro $\lambda = 3,52$. Posteriormente, se establecieron las conexiones entre las máquinas, reflejando el flujo de materiales y la secuencia de operaciones tal como se muestra en la Figura 48

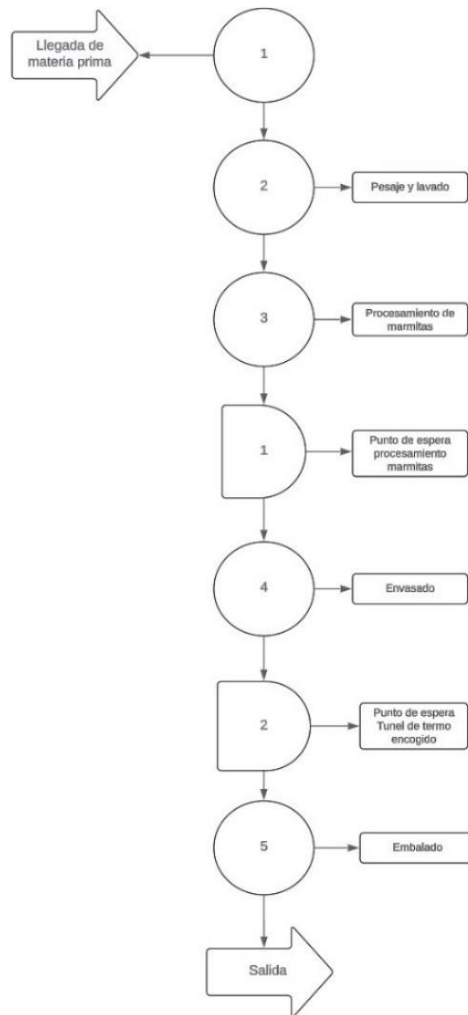


Figura 48. Flujo de materiales y la secuencia de procesos

Finalmente se establecen los puntos de espera de cuarto de materia prima, marmitas, termo encogido y embalado, áreas claves para el análisis de los bloqueos que presenta el sistema, de esta manera se obtienen los siguientes resultados:

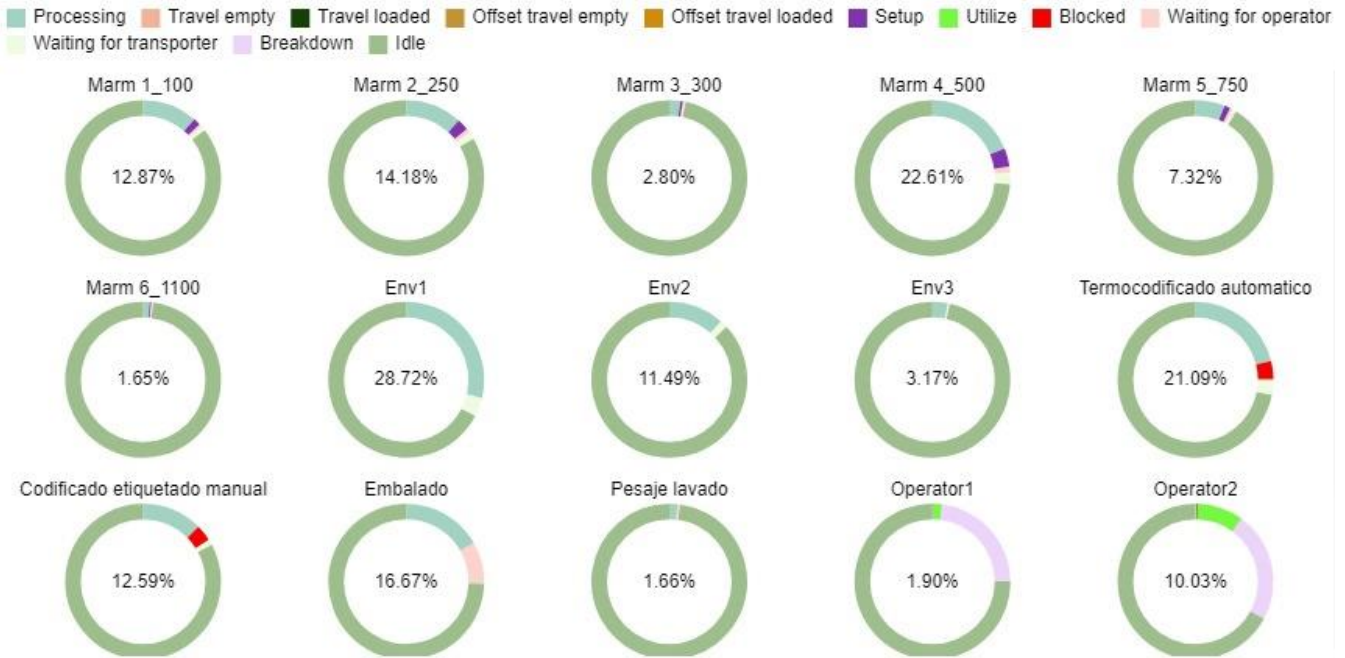


Figura 49. Estado sistema actual

TABLA XXX.
CONTENIDO MÁXIMO SISTEMA ACTUAL

Object	Maximum
Punto de espera marmitas	4
Punto de espera termo	7
Semilíquidos	5
Líquidos	4
Viscosos	3
Cuarto materia prima	6

TABLA XXXI.
TIEMPO DE CICLO DEL SISTEMA ACTUAL

Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
7.72	3.62	25.70

Los resultados obtenidos evidencian cuellos de botella en el proceso productivo, específicamente en las máquinas de codificado debido a la cantidad de colas que se están generando en el sistema. La máquina de termo codificado automático presenta un

bloqueo del 3.8%, mientras que la máquina de codificado-etiquetado manual tiene un bloqueo del 3.36%. Estos bloqueos, junto con la sobrecarga de los puntos de espera y la insuficiente capacidad de estibas (según las tablas XXX y XXXIII), los bloqueos observados en las máquinas de codificado y la sobrecarga de los puntos de espera provocan interrupciones en el flujo de producción, lo que a su vez afecta directamente el nivel de servicio. A pesar de estos desafíos, los datos presentados en la tabla XXXIV indican que el sistema en general mantiene un buen desempeño, con un nivel de servicio promedio por familia de producto que oscila entre el 95% y el 99%. Esto sugiere que, si bien existen áreas de mejora, el sistema actual es capaz de satisfacer la demanda de los clientes en la mayoría de los casos.

TABLA XXXII.
INACTIVIDAD MÁQUINAS – TIEMPO ACTUAL

Tiempo inactivo	
Marmita 1	85%
Marmita 2	83%
Marmita 3	96%
Marmita 4	73%
Marmita 5	91%
Marmita 6	97%
Envasadora 1	67%
Envasadora 2	86%
Envasadora 3	96%

TABLA XXXIII.
POSICIONES DE ESTIBAS DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

	Posiciones de estibas
Punto de espera Fabricación	3
Punto de espera envasado	4
Punto de espera termo codificado	5
Cuarto de materia prima	12

TABLA XXXIV.
NIVEL DE SERVICIO POR FAMILIA DE PRODUCTO

Nivel de servicio	
Familia 1	0,9653481013
Familia 2	0,98850992655
Familia 3	0,984125



Una vez conocido los resultados del sistema actual, se procede a realizar la simulación con base a los parámetros objetivos (meta), de esta manera se busca identificar si el sistema es capaz de enfrentar las variaciones de mercado especificadas por la empresa, a continuación, se presenta la simulación del sistema propuesto:

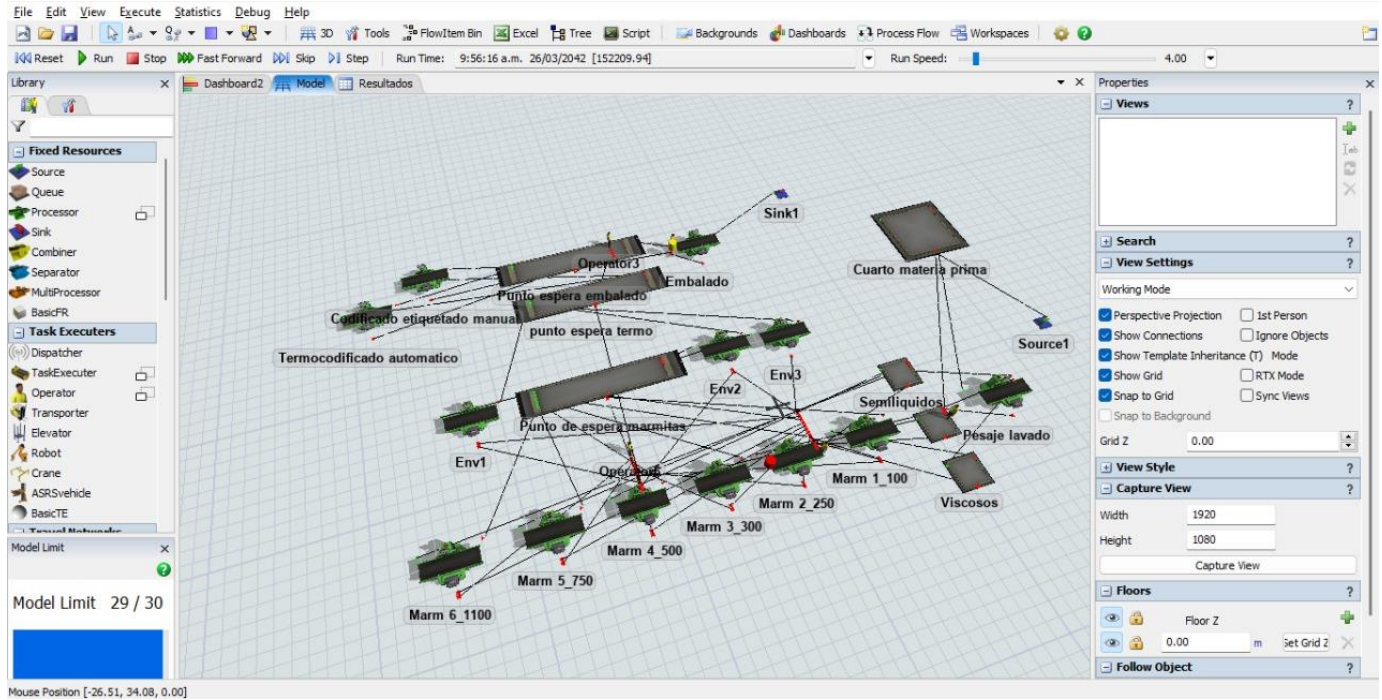


Figura 50. Simulación – modelo productivo propuesto

Con el objetivo de evaluar el impacto de un aumento en la producción a 60.000.000 g, se desarrolló un nuevo modelo de simulación con un $\lambda = 1,46$ (Figura 50). Este modelo se basó en el modelo original, manteniendo inalterados los tiempos de setup (limpieza), las capacidades de las máquinas y los tiempos de inactividad de los operarios. A pesar de esta ampliación, se decidió mantener la configuración del punto de espera n°2 por razones prácticas de programación. Los resultados de esta simulación permitirán analizar cómo el sistema responde a este incremento en la demanda.

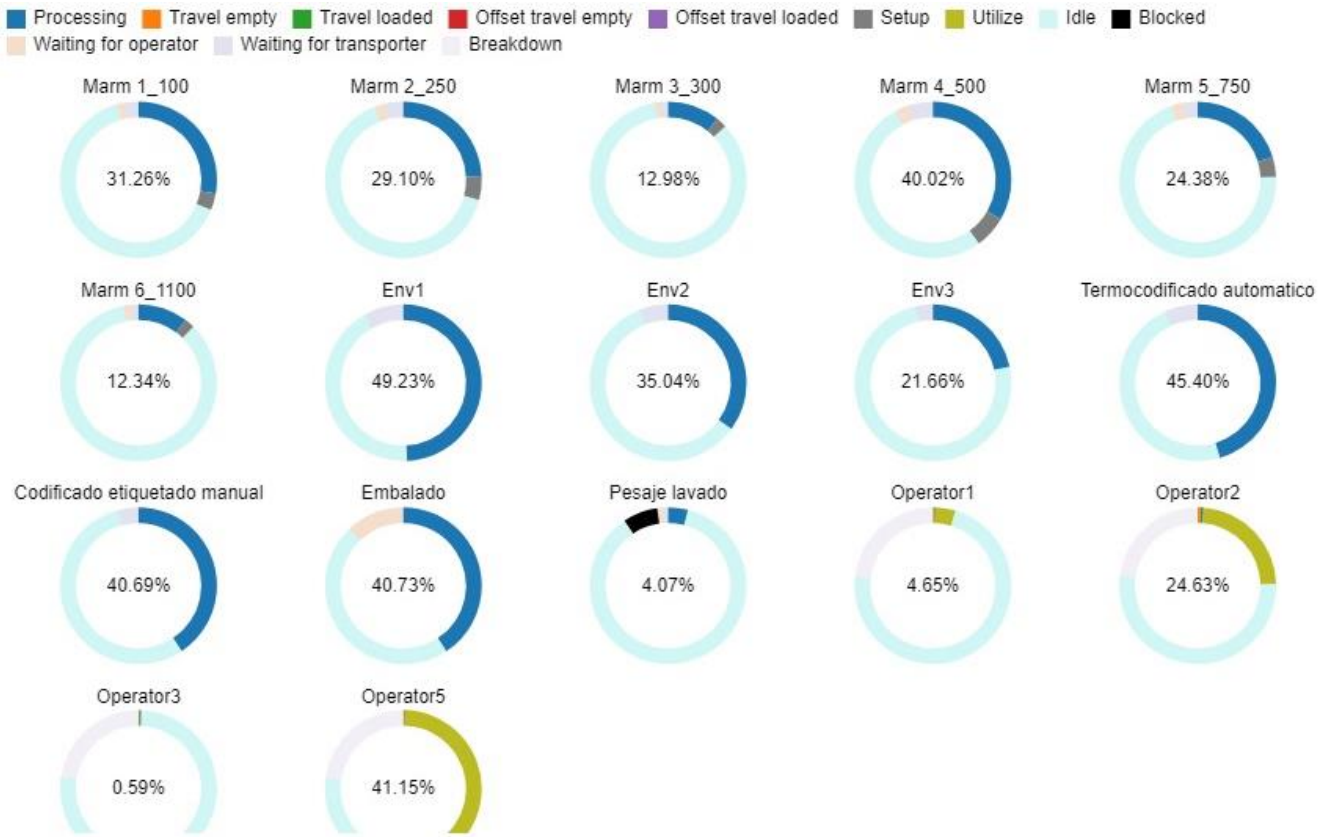


Figura 51. Estado sistema propuesto

TABLA XXXV.
CONTENIDO MÁXIMO SISTEMA PROPUESTO

Object	Maximum
Punto de espera marmitas	9
Punto de espera termo	11
Punto de espera embalado	15
Semilíquidos	1
Líquidos	1
Viscosos	1
Cuarto materia prima	13

TABLA XXXVI.
TIEMPO DE CICLO DEL SISTEMA ACTUAL

Avg Staytime	Min Staytime	Max Staytime
9.12	3.71	34.60

De acuerdo con la *Figura 51*, se observa que las marmitas, aumentan su tiempo de procesamiento y generan menos tiempos de inactividad en ellas como en las envasadoras. Sin embargo, el sistema ha demostrado ser capaz de adaptarse al aumento de la demanda, a pesar de un bloqueo del 7.16% en el área de lavado y pesaje, debido a que cuenta con una sola máquina. Este bloqueo era esperado debido a la alta demanda sobre esta área. Sin embargo, a pesar de este bloqueo, el sistema ha mostrado ser resiliente, pues como se puede observar en la *Tabla XXXVII* el nivel de servicio por cada familia de servicio del 87% al 95%, lo que refleja un desempeño consistente, mayoritariamente efectivo y competitivo en la capacidad del sistema para cumplir con las demandas satisfactoriamente. Pero para mejorar aún más el sistema y hacerlo más flexible ante futuras variaciones en la demanda, se han ajustado los tamaños de los puntos de espera 1 y 2 a $24 m^2$ y $15 m^2$, respectivamente. Estos ajustes permitirán almacenar de 20 y 12 estibas, respectivamente, en cada punto de espera. Es importante destacar que las tres estibas adicionales que se requieren se han considerado en las áreas evolutivas de las máquinas, es por esto por lo que los resultados obtenidos demuestran que con los ajustes propuestos, el sistema es capaz de adaptarse a un aumento en la demanda y minimizar los tiempos de espera a corto y largo plazo, además se debe tener en cuenta que se requiere especificar el área total de los pasillos en los diseños dimensionales, ya que estos refuerzan la superficie evolutiva de los espacios de trabajo garantizando una mayor flexibilidad a las colas generadas por la demanda.

TABLA XXXVII.
NIVEL DE SERVICIO SISTEMA PROPUESTO

Nivel de servicio	
Familia 1	0,8775709720
Familia 2	0,94677224996
Familia 3	0,896453

En cuanto a las áreas de logística y almacén de producto terminado, detalladas en las tablas *XXXVIII*. y *XXXIV*, se aplicó el modelo de optimización de dimensiones de la *Figura 52* para minimizar la distancia del viaje promedio, para la solución de este modelo se utilizó el solver de Excel ilustrado en la *Figura 53* y *Figura 54*, en donde se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Alpha (α): Este valor indica la cantidad de metros específicos que se encuentran en una cantidad de estibas determinadas a lo ancho.
- Beta (β): Este valor indica la cantidad de metros específicos que se encuentran en una cantidad de estibas determinadas a lo Largo.

Estos parámetros son la densidad de estibas en la dirección correspondiente a X (*ancho*) y Y (*largo*).

Estos factores α y β afectan la distancia de viaje promedio en función de la cantidad de estibas encontradas a medida que avanza en la trayectoria de X y Y .

- La fórmula en la celda E10 para almacén de producto terminado y la celda H14 para logística calculan la función objetivo, función que busca equilibrar el número de filas y columnas, mientras se cumplen las restricciones del problema. (ver anexo - hoja Alm. PT y Logística).
- La fórmula ubicada en la celda D14 para almacén de producto terminado y G18 para logística ejecuta la restricción del modelo (ver anexo hoja -Alm. PT y Logística). En donde asegura que el área de almacenamiento (XY) sea suficiente para alojar N unidades de estibas, considerando una densidad de almacenamiento L (estibas por área).

Por lo tanto, a través del desarrollo del solver, se obtiene un área sugerida de 7,58 m x 15,14 m para almacén de producto terminado y 7,14 m x 14,28 m para el área de logista, en donde se realizó un reajuste de 10 m x 20 m para ambos espacios.

$$\begin{aligned} \min: & \frac{\alpha X}{2} + \frac{\beta Y}{4} \\ \text{St: } & XY \geq \frac{N}{L} \\ & X, Y \in \text{integer} \end{aligned}$$

Figura 52. Modelo de optimización para dimensiones de almacenes
Fuente: Askin, R. G., & Standridge, C. R [22]

TABLA XXXVIII.
REQUERIMIENTOS ÁREA DE LOGÍSTICA

Datos	
Alpha	3
beta	1,2

			S. T	Sugerida
Alto (m)	Y	2,38	2,380476278	7,1414288
Ancho (m)	X	11,90	11,90238008	14,282856
Dist. del viaje prom (m)		7,141428441		
N		85		
L		3		
Criterio	0,000000100	Mayor que cero		

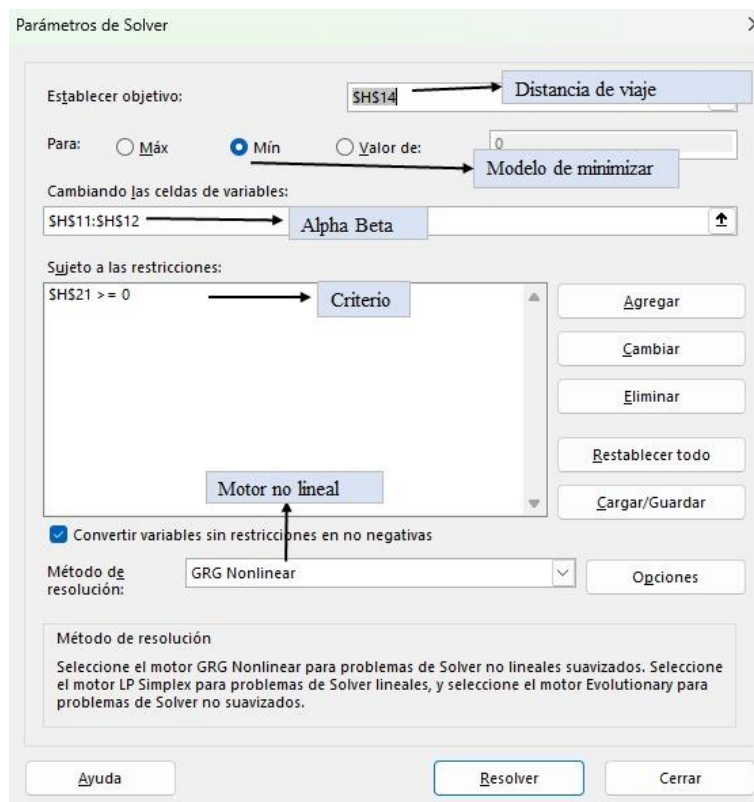


Figura 53. Parámetros Solver área logística

TABLA XXXIX.
REQUERIMIENTOS ÁREA DE ALMACENAMIENTO PRODUCTO TERMINADO

Datos	
Alpha	2,25
beta	1,2

				S.T	Sugerida
Alto (m)	Y	7,00	7	15,75	10,00
Ancho (m)	X	26,00	26	31,2	20,00
Dist. del viaje prom (m)		15,675			
	N	85			
	L	2			
Criterio		-0,000000814			

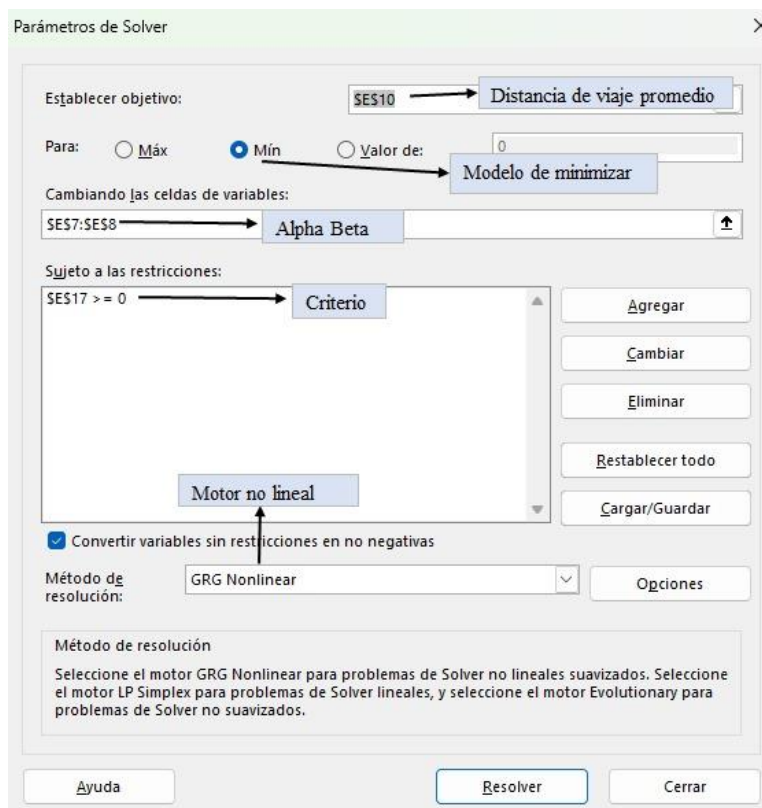


Figura 54. Parámetros Solver área producto terminado

Finalmente, para las áreas de calidad, oficinas, patio de carga y descarga y casino se tomaron áreas establecidas:

- Calidad 90 m^2
- Oficina 126 m^2
- Patio de carga y descarga 120 m^2
- Casino 81 m^2

Por lo tanto, a partir de la suma de las áreas requeridas, se obtiene un total 1.313 m^2 para la planta. Es importante destacar que el área destinada al casino se encuentra distribuida en dos niveles. Mientras que las operaciones principales del casino se ubican en la planta baja, las oficinas administrativas se han asignado al segundo piso. Por lo tanto, el segundo nivel no se considera en el cálculo del área total requerida para la planta, ya que las oficinas están incluidas en el área total asignada al casino y parte del área de calidad. Con base en estos requerimientos de espacio, se procederá a desarrollar el diseño detallado de la planta.

G. Propuesta de diseño

A partir del diseño conceptual de mayor puntaje *Figura 41*, se desarrolló el layout dimensional. Este diseño se basa en la matriz de relaciones *Figura 36*, que establece las interrelaciones óptimas entre las áreas, considerando los análisis de flujo de material, análisis carga distancia y la capacidad de la planta. Respaldados por los diagramas de recorridos, los resultados de la medición de indicadores y el diagrama relacional de actividades, los cuales permitieron definir las conexiones entre áreas, su ubicación y los m^2 requeridos para mejorar la capacidad de planta a partir de los cálculos realizados en la sección “Requerimientos áreas requeridas”. Por lo que a su vez se reconoce la importancia de diseñar una distribución física que minimice las distancias entre



todo obstáculo que permita actuar rápidamente y sin dificultad. El personal deberá ser instruido sobre el manejo de los extinguidores según el tipo, de acuerdo a la clase de fuego que se pueda presenta [23].

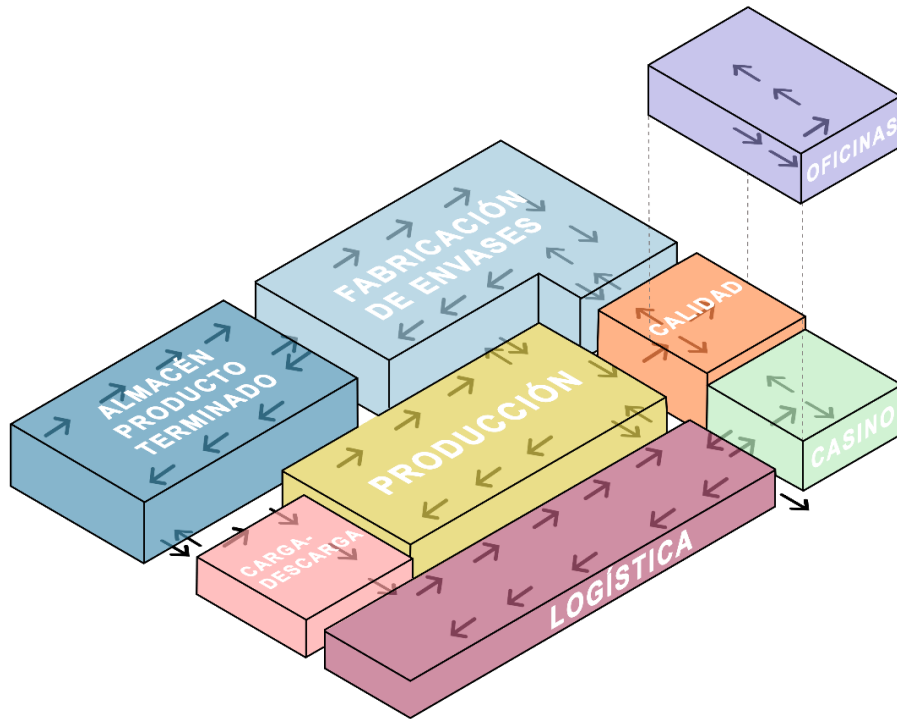


Figura 56. Zonificación planta

Concluida la etapa de zonificación, se da paso a la fase de diseño detallado de la planta industrial, en la cual se materializan las distribuciones propuestas con precisión y se incorporan los elementos técnicos necesarios para garantizar su funcionalidad. En esta fase, se definen las dimensiones exactas de cada área, la ubicación específica de maquinaria, equipos e instalaciones auxiliares, así como los recorridos óptimos para materiales y personal. Este diseño final integra todos los requisitos de producción, seguridad, normatividad y capacidad proyectada, asegurando que la planta opere de manera eficiente y que cumpla con las expectativas de desempeño a corto y largo plazo.



Figura 57. Diseño de planta vista aérea



Figura 59. Diseño de planta vista con perspectiva

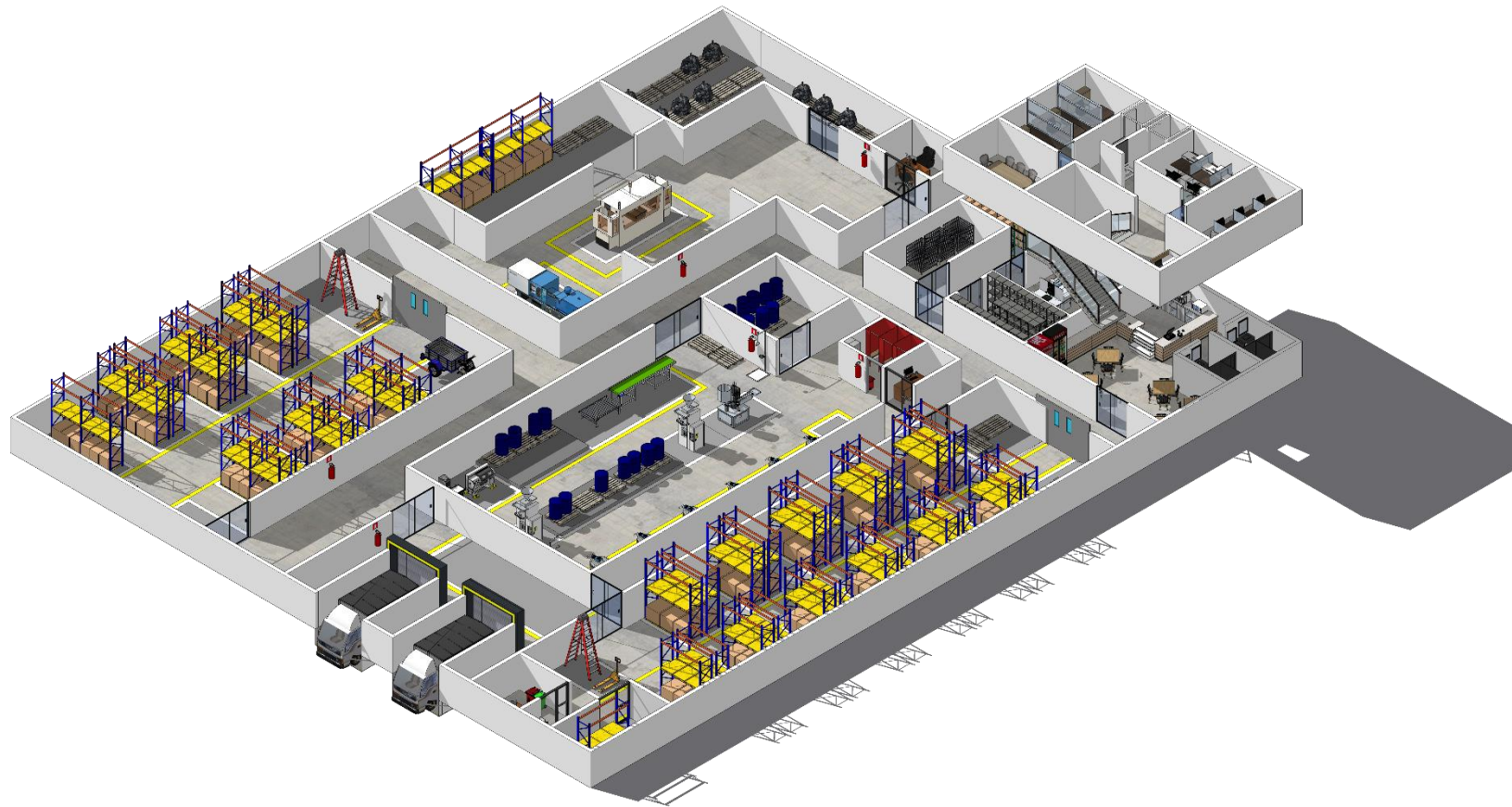


Figura 60. Diseño de planta vista panorámica

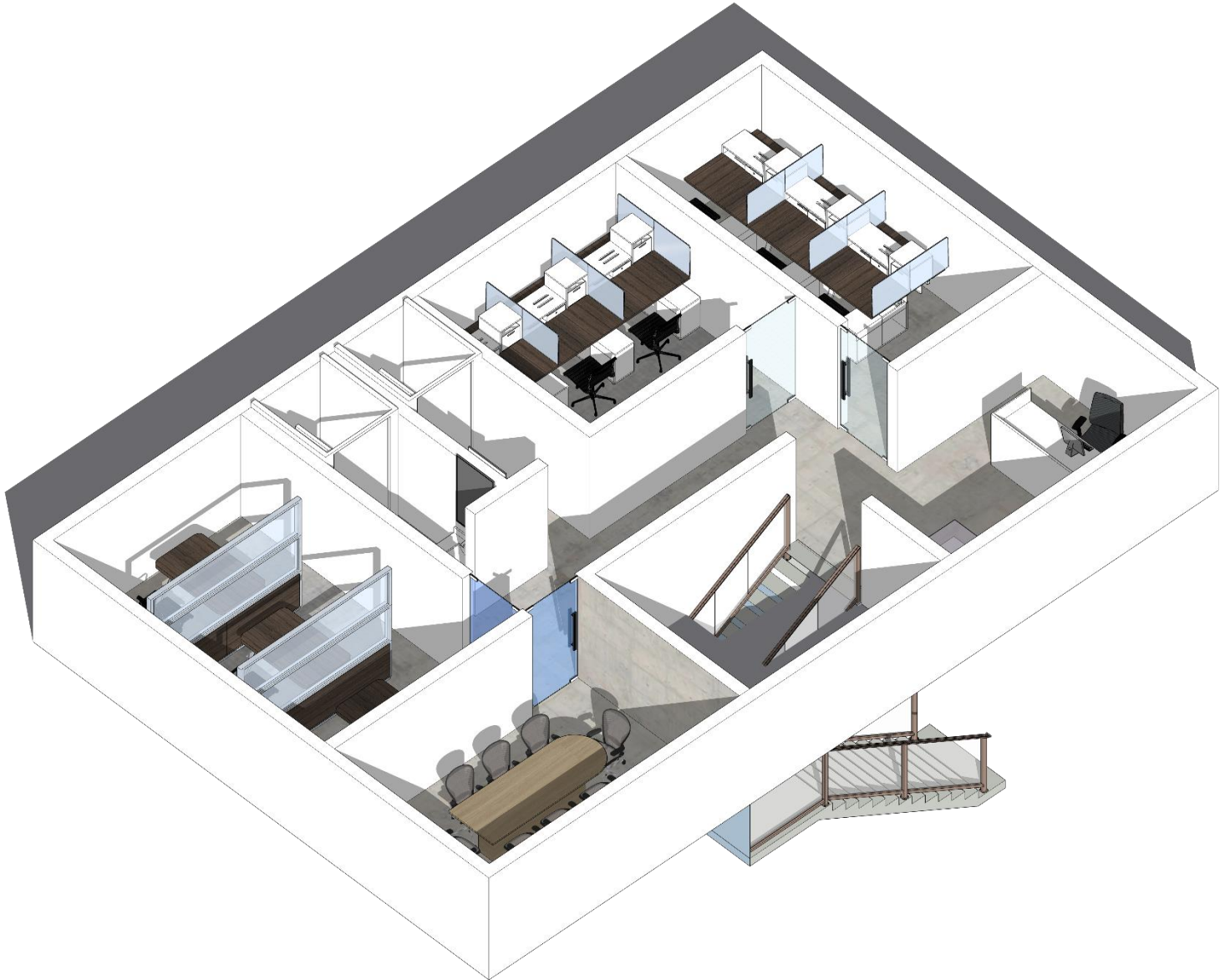















Figura 61. Diseño de planta segundo piso

H. Evaluación de indicadores

En el presente apartado, se realiza la evaluación integral de los indicadores de desempeño relacionados con los KPI'S medidos en el presente proyecto para llevar a cabo el diseño de la planta propuesto. Este análisis busca determinar como la nueva distribución de planta impacta los indicadores previamente establecidos, enfocándose no solo en cumplir con las metas específicas fijadas por la dirección, sino también en garantizar que el sistema sea capaz de adaptarse de manera eficiente ante el crecimiento exponencial de las ventas. Por lo que el enfoque de esta evaluación trasciende los objetivos, al considera la flexibilidad de la planta frente a escenarios de cambios, asegurando que su operación continúe siendo competitiva y funcional en un entorno dinámico, por lo que a continuación se presenta el desempeño alcanzado en este nuevo diseño por cada indicador:

TABLA XLI.
EVALUACIÓN INDICADORES DE DESEMPEÑO – SISTEMA PROPUESTO

Indicador	Actualidad	Meta	Alcanzado	Valor	Gradiente porcentual
Capacidad	25.000.000 g	60.000.000		60.000.000 g	 140%
Carga - Distancia	4.840	≤ 4.840		2443	 50%
Distancia manejo de materiales	11.410	< 11.410		6.074,00	 47%
Flujo de personal	10.612	< 10.612		8.248,00	 22%
Proporción de tiempo perdido por operario	23,07%	≤ 23,07%		23,07%	
Número de posiciones de estibas en bodega	85	> 85		239	 181%
Productividad	6.349,13 g / hr- h	> 6.349,13 gramos por hora hombre		13.636,36	 115%

De acuerdo con la *Tabla XLI* se logra satisfacer en su totalidad los resultados esperados del diseño del proyecto. El sistema propuesto garantiza la capacidad de producción mensual de 60.00.000 de gramos, cumpliendo así la proyección de las demandas del mercado. Este logro no solo posiciona a la compañía como competitiva en el sector, sino que la proyecta hacia un futuro prometedor gracias a su capacidad de adaptación ante las variaciones del mercado. El ajuste en las dimensiones de las áreas y la utilización total de los activos fijos permite una producción más constante y eficiente. Este nuevo diseño minimiza los cuellos de botella identificados previamente, mejorando el flujo de materiales y reduciendo tiempos de inactividad. Por lo que, al contar con un sistema flexible y escalable, la compañía podrá absorber variaciones significativas en la demanda sin comprometer la calidad ni la continuidad de sus operaciones, lo que hace que este diseño sea una inversión estratégica, alineada con los objetivos de competitividad y posicionamiento de la organización.

Con respecto al indicador de carga distancia, se realizó la medición de la distancia entre las áreas, las cuales cuentan con flujo constante de materiales, teniendo en cuenta el número de viajes que se realicen en cada desplazamiento entre las mismas.

obteniendo el siguiente resultado:

TABLA XLII.
INDICADOR CARGA DISTANCIA DISEÑO PROPUESTO

Áreas	Viajes	Distancia (m)	
Producción hacia almacén de producto terminado	23	20	460
Producto terminado hacia patio carga y descarga	21	25	525
Patio carga descarga hacia logística	32	15	480
Logística hacia producción (Cuarto Mp)	9	18	162
Producción de envases hacia producción (Cuarto Mp)	15	48	720
Logística hacia producción de envases	4	24	96
Total, metros recorridos de área origen a área destino			2443

En la *tabla XLI* se evidencia una disminución significativa en las distancias recorridas entre áreas del 50% en comparación con el sistema anterior, lo que representa un total de recorridos de 2443 m. Este cambio impacta positivamente la eficiencia operativa, ya que un mejor recorrido implica una reducción de costos asociados al manejo de materiales, como el tiempo invertido y el desgaste de equipos de transporte interno.

Por otro lado, el indicador de distancia de manejo de materiales también presenta una mejora destacable, con una disminución del 47%, reduciendo el recorrido total a 6074 m. El nuevo flujo de materiales de acuerdo con el diseño de distribución en planta ha sido clave para lograr este resultado (*Figura 62*), dado que implementa una configuración lineal e interconectada que mejora el flujo de materiales. Esto asegura que las actividades dentro de las áreas principales estén alineadas de forma secuencial y eficiente, reduciendo los movimientos innecesarios y mejorando la sincronización entre procesos. Además, esta reconfiguración genera beneficios adicionales, como la disminución del flujo de personal en un 22%, lo que implica una menor fatiga para las operaciones y una mejor asignación de recursos humanos. Este indicador es crucial, ya que un menor flujo de personal no solo mejora los desplazamientos, sino que también mejora la seguridad laboral. Los resultados detallados de estos cálculos se encuentran en la *tabla XLIV* y en la *figura 63* se puede observar el flujo del personal en la planta. Este nivel de ajuste en la distribución contribuye directamente a un sistema más eficiente, seguro y competitivo.

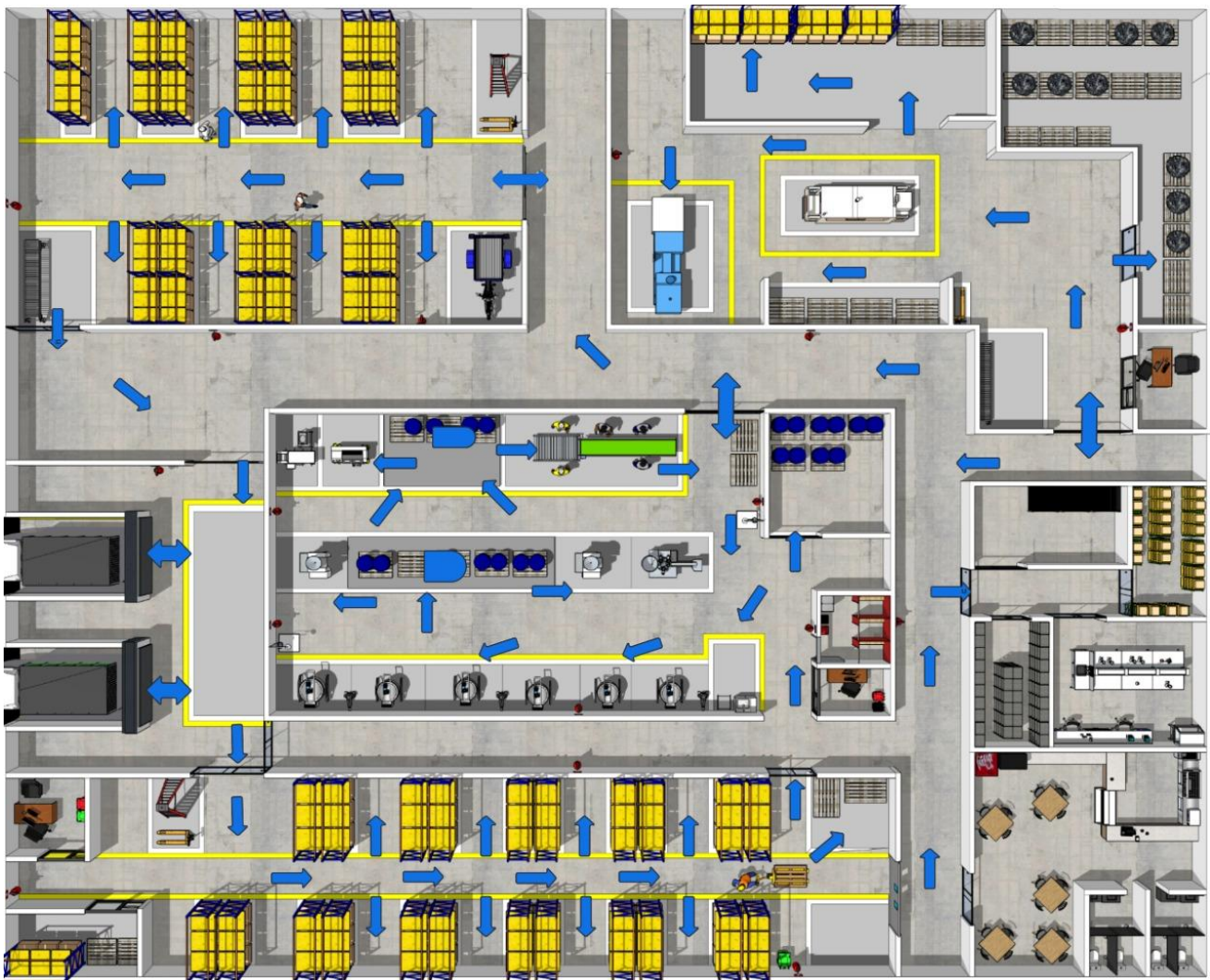


Figura 62. Flujo de materiales diseño propuesto

TABLA XLIII.
MEDICIÓN INDICADOR DISTANCIA MANEJO DE MATERIALES

Actividades por áreas	Personas	Distancia (m)	Viajes	
Área logística				
Transporte de materia prima de muelle a logística	4	10	25	1000
Transporte de insumos de logística a producción	2	15	30	900
Transporte de insumos de logística a fabricación de envases	1	29	30	870



Área producción				
Transporte de muestra desde punto de espera de marmitas a calidad	1	33	10	330
Transporte de muestra desde embalado a calidad	1	33	10	330
Transporte de producción al área de producto terminado	1	20	26	520
Área de producción de envases				
Transporte de envases a logística	1	24	26	624
Área de producto terminado				
Transporte de pedidos a área de muelle	2	25	30	1500
Total				6.074,00

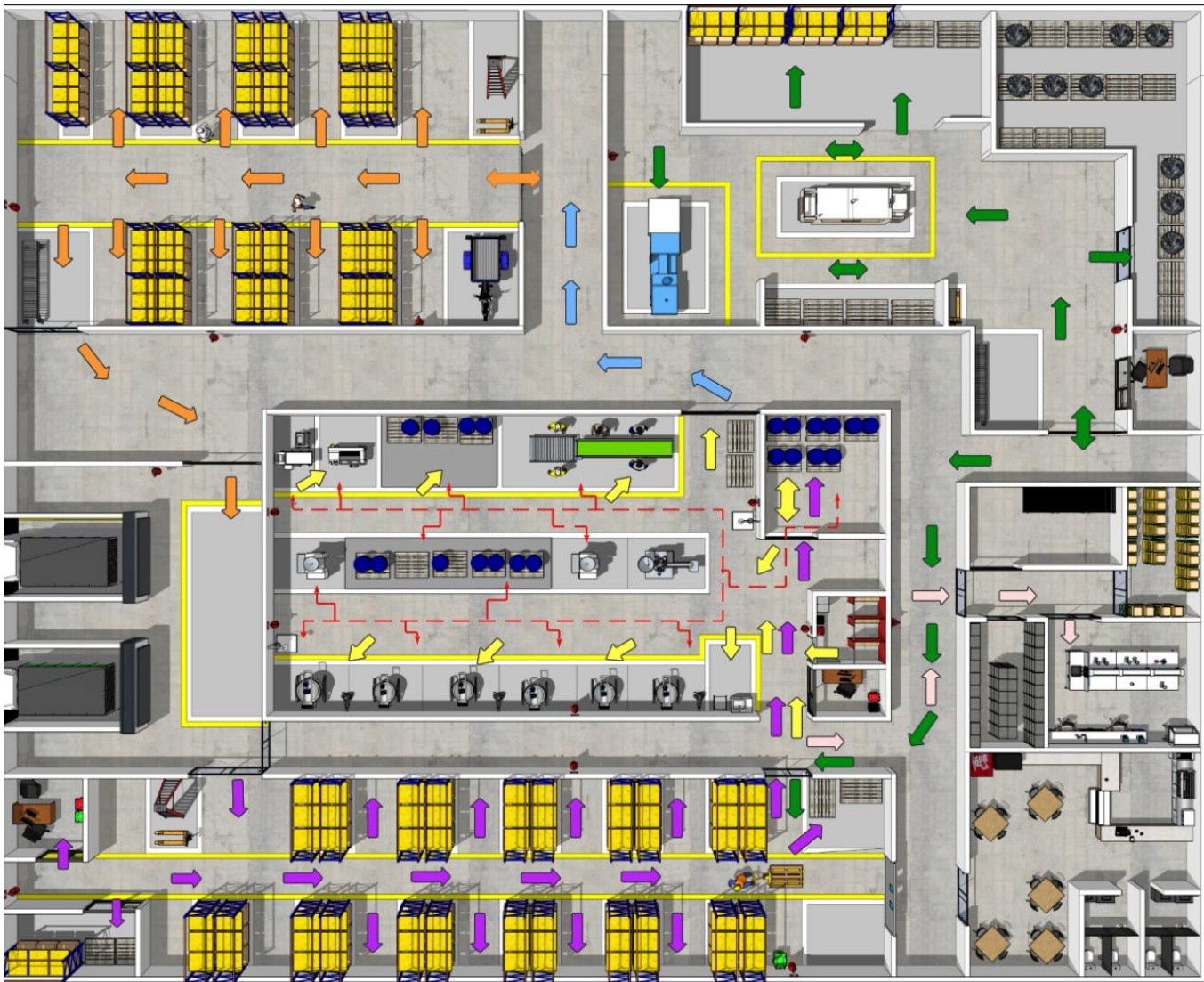


Figura 63. Flujo de personal diseño propuesto

TABLA XLIV.
MEDICIÓN INDICADOR FLUJO DE PERSONAL

Actividades por áreas	Viajes totales	Metros recorridos	
Área logística			
Transporte de materia prima de muelle a logística	25	10	500
Transporte de insumos de logística a producción	30	15	900
Transporte de insumos de logística a fabricación de envases	30	29	1740
Área producción			
Transporte de muestra desde punto de espera de marmitas a calidad	10	33	660
Transporte de muestra desde embalado a calidad	10	33	660
Transporte de producción al área de producto terminado	26	20	1040
Área de producción de envases			
Transporte de envases a logística	26	24	1248
Área de producto terminado			
Transporte de pedidos a área de muelle	30	25	1500
Flujo de personas total			8.248,00

De acuerdo al indicador de proporción de tiempo perdido el cual permanece constante, ya que el sistema aún no ha sido implementado, lo cual limita su medición en esta etapa. Sin embargo, se proyecta que, una vez en operación, el rediseño contribuirá a una reducción significativa de tiempos improductivos gracias a la fluidez de los procesos internos.

En cuanto al número de posiciones de almacenamiento, se observa un incremento considerable, pasando de 85 posiciones a 239 posiciones. Este aumento, detallado en la *Tabla XLV*, se debe a los reajustes realizados en las áreas de almacenamiento y el aumento de la producción. Lo que permite no solo almacenar un mayor volumen de materiales o producto terminado, sino también facilita un acceso más rápido y eficiente a ellos. Esto representa un avance importante para la compañía, ya que contar con mayor capacidad de almacenamiento asegura continuidad operativa frente a picos de demanda o imprevistos en la cadena de suministro. Además, por otro lado, es importante destacar que esta adaptación minimiza el riesgo de provisión desorganizada, mejorando la trazabilidad de los materiales y garantizando un flujo constante hacia las áreas productivas.

TABLA XLV.
POSICIONES DE ESTIBAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO

Logística	88
Producción	53
Producto terminado	56
Producción envases	42
Total, de estibas	239

TABLA XLVI.
PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA PROPUESTO

Gramos mensuales	Trabajadores	horas/día	días/mes	Total, horas - hombre /mes	Productividad (gramos / hora - hombre)
60.000.000,00	25	8	22	4400	13.636,36

Finalmente, en el sistema propuesto se logra alcanzar una productividad de a 13.636,36 gramos / hora -hombre (*Observar tabla XLVI*), como resultado directo del diseño simulado y el mejoramiento en los procesos internos. Este incremento en la ampliación de la capacidad productiva comparado con el sistema anterior refleja el impacto positivo en la configuración del nuevo diseño de planta con respecto a la eficiencia operativa y el aprovechamiento de los recursos.

Este valor no solo demuestra un desempeño sobresaliente del sistema, sino que también demuestra la capacidad de este diseño para aumentar la producción con un mínimo de recursos adicionales. Al integrar las áreas de trabajo de forma más eficiente y disminuir los metros recorridos, el nuevo sistema no solo cumple con los objetivos actuales, sino que también establece una base sólida para el crecimiento de la planta.

I. Evaluación financiera

El análisis comparativo entre el sistema actual y el sistema propuesto revela un incremento significativo en la capacidad operativa mensual de 25 a 60 toneladas, lo que representa una mejora sustancial en la capacidad productiva de la empresa. Este cambio está respaldado por el precio estimado de venta de \$540,472,174 COP por tonelada, lo que para el sistema propuesto generaría ingresos mensuales de \$32,428,329,845 COP. Esta proyección, basada en estimaciones de la junta directiva, toma en cuenta la división de las ventas proyectadas por la capacidad de producción, además en términos de utilidad operativa, el sistema actual genera un margen del 23%, mientras que el sistema propuesto incrementa este margen al 24.37%. Este aumento, aunque modesto, se justifica por la optimización de indicadores de desempeño estimados derivados de la mejora en la eficiencia operativa. Este análisis considera que los costos representan el 77% de las ventas proyectadas, evidenciando una gestión más eficiente de los recursos operativos, para presentar un informe más detallado sobre todos los datos estimados proporcionados por la junta directiva de la empresa se presenta la *Tabla XLVII* en la cual para evaluar el impacto financiero completo del proyecto, se incorporaron los gastos financieros estimados en un 4%, reflejando compromisos por intereses de créditos e inversiones relacionadas. Una vez descontados estos gastos financieros, se calculan las utilidades antes de impuestos, las cuales son sujetas al impuesto de rentabilidad del 34%. Finalmente, al considerar un 3% adicional por conceptos de depreciaciones y amortizaciones, se obtiene el EBITDA, que es fundamental para estimar el flujo de caja bruto del proyecto. Por lo tanto, se realizó una estimación de \$10,562,886,979 COP para la inversión de este proyecto (este valor se estimó en conjunto con los miembros directivos de acuerdo a datos históricos).

TABLA XLVII.
EVALUACIÓN ECONÓMICA

	Situación Actual	Aumento capacidad
Toneladas	25	60
Ventas	\$ 13.511.804.102	\$ 32.428.329.845
Promedio por tonelada	\$ 540.472.164	\$ 540.472.164
Margen operativo (% Utilidad operativa)	23,00%	24,37%
UAII o Utilidad Operativa	\$ 3.107.714.943	\$ 7.902.799.162
Intereses o gastos financieros	\$ 540.472.164	\$ 1.297.133.193
Utilidad antes de impuestos	\$ 2.567.242.779	\$ 6.605.665.969
- Impuesto de renta 34%	\$ 872.862.544	\$ 2.245.926.429
Utilidad después de impuesto	\$ 1.694.380.235	\$ 4.359.739.540
Depreciaciones y amortizaciones (3% de costos y gastos)	\$ 312.122.674	\$ 735.765.920
EBITDA	\$ 3.419.837.617	\$ 8.638.565.082
FCB Flujo de caja bruta	\$ 2.546.975.073	\$ 6.392.638.653
Incremento de caja mensual		\$ 3.845.663.580
Inversiones requeridas para el proyecto		Costos
Compra de Bodega		\$ 6.500.000.000
Adaptaciones de la propiedad		\$ 1.300.000.000
Traslado de cada planta		\$ 460.000.000
Adaptación de salida del inmueble que desocupa		\$ 115.000.000
Inversión en diseños de software y etc. para cumplir niveles de facturación masiva		\$ 80.000.000
Publicidad, actualización registros en diferentes bases de datos, controles, Dian		\$ 10.000.000
Inventario deteriorado en movimiento, acople, reubicación, cambio de temperatura		\$ 1.248.490.699
Incremento de materia prima		\$ 350.000.000,00
Almacenamiento temporal de máquinas y/o inventarios		\$ 499.396.280
TOTAL, INVERSIÓN INICIAL		\$ 10.562.886.979

Sin embargo, es imprescindible tomar tiempos considerando la implementación, que incluyen traslados, adecuaciones (instalaciones de red eléctrica, maquinas, software, sistema de filtros, entre otros), además de la puesta en marcha de la nueva bodega, y ajustes operativos en las líneas de producción y organización de las áreas de logística y almacén de producto terminado, lo cual puede generar acumulación de pedidos durante los primeros meses dado la naturaleza del sistema. Estas consideraciones deben ser incluidas en la planificación financiera y operativa para controlar los resultados proyectados. Es por estas razones que se realiza la evaluación económica proyectada a un año seccionada por trimestres como se muestra en la *Tabla XLVIII* y *Figura 64*.

TABLA XLVIII.
PROYECCIÓN TRIMESTRAL FLUJO DE CAJA BRUTO

Trimestre 1		Trimestre 2	
Toneladas	30	Toneladas	40
Ventas	\$ 16.214.164.922	Ventas	\$ 21.618.886.563
Promedio por tonelada	\$ 540.472.164	Promedio por tonelada	\$ 540.472.164
Margen operativo (% Utilidad operativa)	15,00%	Margen operativo (% Utilidad operativa)	18,00%
UAI o Utilidad Operativa	\$ 2.432.124.738	UAI o Utilidad Operativa	\$ 3.891.399.581
Intereses o gastos financieros	\$ 648.566.597	Intereses o gastos financieros	\$ 864.755.463
Utilidad antes de impuestos	\$ 1.783.558.141	Utilidad antes de impuestos	\$ 3.026.644.119
- Impuesto de renta 34%	\$ 606.409.768	- Impuesto de renta 34%	\$ 1.029.059.000
Utilidad antes de impuestos	\$ 1.177.148.373	Utilidad antes de impuestos	\$ 1.997.585.119
Depreciaciones y amortizaciones (3% de costos y gastos)	\$ 413.461.205	Depreciaciones y amortizaciones (3% de costos y gastos)	\$ 531.824.609
EBITDA	\$ 2.845.585.943	EBITDA	\$ 4.423.224.190
FCB Flujo de caja bruto	\$ 2.239.176.175	FCB Flujo de caja bruto	\$ 3.394.165.190
Trimestre 3		Trimestre 4	
Toneladas	50	Toneladas	60
Ventas	\$ 27.023.608.204	Ventas	\$ 32.428.329.845
Promedio por tonelada	\$ 540.472.164	Promedio por tonelada	\$ 540.472.164
Margen operativo (% Utilidad operativa)	21,00%	Margen operativo (% Utilidad operativa)	24,00%
UAI o Utilidad Operativa	\$ 5.674.957.723	UAI o Utilidad Operativa	\$ 7.782.799.163
Intereses o gastos financieros	\$ 1.080.944.328	Intereses o gastos financieros	\$ 1.297.133.194
Utilidad antes de impuestos	\$ 4.594.013.395	Utilidad antes de impuestos	\$ 6.485.665.969
- Impuesto de renta 34%	\$ 1.561.964.554	- Impuesto de renta 34%	\$ 2.205.126.429
Utilidad antes de impuestos	\$ 3.032.048.841	Utilidad antes de impuestos	\$ 4.280.539.540
Depreciaciones y amortizaciones (3% de costos y gastos)	\$ 640.459.514	Depreciaciones y amortizaciones (3% de costos y gastos)	\$ 739.365.920
EBITDA	\$ 6.315.417.237	EBITDA	\$ 8.522.165.083
FCB Flujo de caja bruto	\$ 4.753.452.683	FCB Flujo de caja bruto	\$ 6.317.038.654

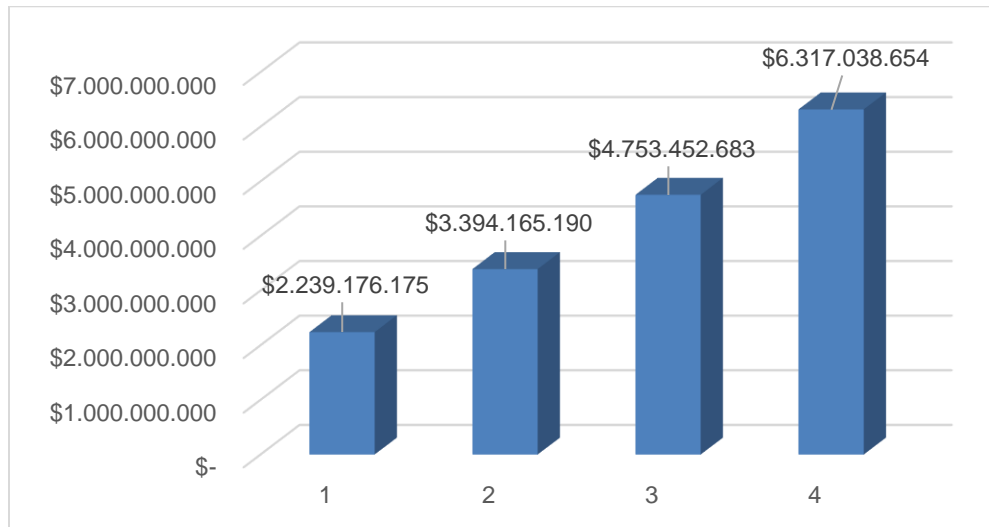


Figura 64. Proyección flujo de caja bruto trimestral

Los resultados obtenidos del análisis financiero muestran que el aumento en la capacidad de producción no solo permitirá a la empresa incrementar sus ingresos, sino también reducir los costos unitarios gracias a las economías de escala. En la *Figura 64* se ilustra cómo el flujo de caja crece de manera constante, alcanzando un total de \$16.703.832.702 COP al final del período, superando así la inversión inicial del proyecto.

Este proyecto no solo es financieramente viable, sino también estratégico para la empresa, ya que incrementa la capacidad productiva, optimiza la eficiencia operativa y genera un flujo de caja positivo a corto plazo. Si bien existen retos iniciales en la implementación, estos son plenamente gestionables dentro del horizonte de planificación. La estructura financiera propuesta cubre aspectos clave como gastos operativos, impuestos, depreciaciones y amortizaciones, lo que permite una evaluación integral del impacto del proyecto en los resultados financieros. Además, este análisis justifica la inversión inicial, no solo por el retorno financiero proyectado, sino también por los ahorros y mejoras en la competitividad operativa que se lograrán a largo plazo.

Entre los beneficios adicionales, el nuevo sistema de distribución de planta traerá ahorros significativos en áreas como:

- Contratación de operarios adicionales
- Adquisición de equipos
- Personal administrativo
- Alquiler de espacios adicionales
- Horas extras

Aunque estos ahorros no pueden ser cuantificados de manera exacta sin contar con información financiera específica y detalles sobre la medición del diseño propuesto, su impacto será clave para fortalecer la competitividad y eficiencia a largo plazo.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño de distribución de planta propuesto cumple con todos los requisitos establecidos por las partes interesadas. Además, se presenta un sistema viable y aplicable, respaldado por las simulaciones realizadas, las cuales garantizan la factibilidad del proyecto para su implementación en la vida real. Este diseño destaca por su capacidad de adaptación a los cambios dinámicos del mercado, lo que lo convierte en una solución flexible y alineada con las expectativas del entorno competitivo. Además, el proyecto no solo asegura la viabilidad técnica y el cumplimiento de los indicadores clave de desempeño, sino que también demuestra una sólida viabilidad económica. Los resultados del análisis financiero indican que el aumento en la capacidad de producción permitirá a la empresa incrementar sus ingresos y reducir los costos unitarios, aprovechando las economías de escala.

Como recomendaciones, se sugiere a la empresa desarrollar una planificación estratégica de producción que permita mitigar riesgos como cuellos de botella y desequilibrios en la carga operativa, optimizando así los tiempos y recursos. También es recomendable estandarizar los procesos y procedimientos en cada área de la planta, lo que contribuirá a mejorar la eficiencia operativa y reducir la variabilidad. Por último, se propone realizar un análisis detallado de cargas laborales para identificar una estructura de cargas mínima, costeable y globalmente eficiente, alineada con los objetivos estratégicos de la organización.

V. REFERENCIAS

- [1] Published Statista Research Department and 20, F. (2024) Global: Cosmetics market revenue 2018-2028, Statista. Available at: <https://www.statista.com/forecasts/1272313/worldwide-revenue-cosmetics-market-by-segment> (Accessed: 12 February 2024).
- [2] Mondello, A., Salomone, R. and Mondello, G. (2024) Exploring circular economy in the cosmetic industry: Insights from a literature review, *Environmental Impact Assessment Review*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925524000301?pes=vor#bb0320> (Accessed: 12 February 2024).
- [3] Mondello, A., Salomone, R. and Mondello, G. (2024) Exploring circular economy in the cosmetic industry: Insights from a literature review, *Environmental Impact Assessment Review*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925524000301?pes=vor#bb0320> (Accessed: 12 February 2024).
- [4] Statista research department, La Industria de los Cosméticos en Colombia, Statista. Available at: <https://es.statista.com/temas/9760/la-industria-de-los-cosmeticos-en-colombia/#topicOverview> (Accessed: 12 February 2024).
- [5] Pulso Económico Regional (PER) - Estadísticas económicas regionales | Banco de la República. Available at: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas-economicas/pulso-economico-regional> (Accessed: 12 February 2024).
- [6] Freeman, R. E. 1984. Strategic management: A stakeholder approach. Boston: Pitman. Cambridge Universitario press (2010),1-43 (Accessed: 17 March 2024).
- [7] Dickinson-Delaporte, S., Beverland, M. and Lindgreen, A. (2010) Building corporate reputation with stakeholders: Exploring the role of message ambiguity for social marketers, *European Journal of Marketing*. Available at: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/03090561011079918/full/html> (Accessed: 18 March 2024).
- [8] Fernández, J.L. y Bajo, A. (2012). La Teoría del Stakeholder o de los Grupos de Interés, pieza clave de la RSE, del éxito empresarial y de la sostenibilidad. *Revista Internacional de Investigación en Comunicación aDResearch ESIC*. N° 6 Vol 6. Segundo semestre, julio-diciembre 2012. P 130 a 143 (Accessed: 18 March 2024).
- [9] Qué hacemos invima INVIMA. Available at: <https://www.invima.gov.co/el-instituto/que-hacemos> (Accessed: 18 March 2024).
- [10] Retos y Oportunidades de las Pymes (no date a) ANIF. Available at: [https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-pymes/#:~:text=Las%20micro%2C%20peque%C3%B1as%20y%20medianas,Producto%20Interno%20Bruto%20\(PIB\)](https://www.anif.com.co/comentarios-economicos-del-dia/retos-y-oportunidades-de-las-pymes/#:~:text=Las%20micro%2C%20peque%C3%B1as%20y%20medianas,Producto%20Interno%20Bruto%20(PIB)) (Accessed: 19 March 2024).

- [11] N. Carvajal & S. Cueter Inteligencia de negocios y relaciones públicas : GELSA como estudio de caso para la toma de decisiones basadas en datos. [online]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/64859>. (Accessed: 13 March 2024).
- [12] R. Muther, *Distribución en planta*. 2ª ed. España: Hispano Europea, 1982. (Accessed: 13 March 2024).
- [13] P. Martínez y B. Directora, “INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR, ICFES Subdirección General Técnica y de Fomento”. (Accessed: 13 March 2024).
- [14] Cudney, E. A., Elrod, C. C., & Stanley, S. M. (2014). A systematic literature review of Six Sigma practices in education. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(3-4), 163-175. (Accessed: 13 March 2024).
- [15] Pedro A. Marques, J. G. (2009). SIPOC: A Six Sigma Tool Helping on ISO 9000 Quality Management Systems. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, 1229-1238. Barcelona-Terrassa. (Accessed: 15 March 2024).
- [16] “CRAFT”. SlideShare. Accedido el 14 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://es.slideshare.net/slideshow/informe-craf/37937971>
- [17] B. Fernandez Marquez, “DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA BASADA EN EL ALGORITMO CORELAP PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES EN PLANTA”, Proyecto Final de Carrera, Univ. Sevilla, Sevilla. Accedido el 14 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30082/fichero/DOCUMENTOS%2FMEMORIA%2FMemoria+CORELAP+01.pdf>
- [18] F. Pérez. “El Método ALDEP Fue Desarrollado en 1967 Por Seehof y Evans | PDF | Programa de computadora | Programación”. Scribd. Accedido el 14 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/445253087/El-metodo-ALDEP-fue-desarrollado-en-1967-por-Seehof-y-Evans>
- [19] E. NANTES, “EL MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS PARA LA TOMA DE DECISIONES. REPASO DE LA METODOLOGÍA Y APLICACIONES”, Investigación Operativa, Univ. Nac. Del Sur, 2019. Accedido el 9 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/download/26474/28219/78112>.
- [20] P.R. Jorge “Planificación y control de la producción” 2001 Demanda; Organización de la empresa; Planificación de la producción; Comercialización. Accedido 10 de mayo 2024. [En línea] Disponible: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/diuc-ucuenca/20121115114754/teoria.pdf>
- [21] L. V. Vega-Vacca, R. Monroy-Sepúlveda, Y. A. Romero-Arcos, y J. F. Gelves-Díaz, “Determinación de las constantes “K” del método Guerchet para el cálculo de las superficies de distribución de planta para una empresa del sector confecciones en el área metropolitana de Cúcuta”, *Respuestas*, vol. 28, no. 2, pp. 49–62, 2023. <https://doi.org/10.22463/0122820X.3694> (Accessed: 12/11/2024)
- [22] Askin, R. G., & Standridge, C. R. (1993). *Modeling and analysis of manufacturing systems*. John Wiley & Sons
- [23] Resolución 2400 de 1979. Publicada el 22 de mayo de 1979, última revisión el 8 de abril de 2024. Emitida por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/61442826/0773.PDF/3047cc2b-eae1-e021-e9bf-d8c0eac23e05?t=1617984928238>. (Accedido el 8 de noviembre de 2024).
- [24] D. Muñoz, Propuesta de implementación de una distribución en planta en la empresa Estefan & Cía Ltda. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30318/2020danielamunoz.pdf>. [Accedido: Nov. 18, 2024].

[25] J. Rivera y C. Garzón, Una taxonomía del problema de distribución de planta por procesos y sus métodos de solución. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390015.pdf>. [Accedido: Nov. 18, 2024].

[26] Principios de diseño en distribución de planta, Capítulo 1, Biblioteca UTEC. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/auprides/30060/capitulo%201.pdf>. [Accedido: Nov. 18, 2024].

[27] Facility layout problems: A literature analysis. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667015359280>. [Accedido: Nov. 18, 2024].

[28] TXM Lean Solutions, Factory layout examples: Best practices. [En línea]. Disponible en: <https://txm.com/factory-layout-examples/>. [Accedido: Nov. 18, 2024].

[29] G. Bernal, A. Cajal y J. Refux, "La importancia de la revisión de la literatura en los proyectos de investigación," *Revista Española de Comunicación en Salud*, vol. 6, no. 2, pp. 146–154, 2015. [En línea]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2015000200002. [Accedido: 18-nov-2024].

V.ANEXOS

Tabla XLIX. Tabla de anexos

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo
Anexo 1	Matriz Poder Vs Impacto	Propio	Excel
Anexo 2	Tabla de indicadores	Propio	Excel
Anexo 3	Revisión de literatura	Propio	Excel
Anexo 4	Matriz AHP	Propio	Excel
Anexo 5	Análisis Multi-producto	Propio	Excel
Anexo 6	Precio productos	Propio	Excel
Anexo 7	Datos análisis P-Q	Propio	Excel
Anexo 8	Resultados análisis P-Q	Propio	Excel
Anexo 9	Matriz de relaciones	Propio	Excel
Anexo 10	Análisis Guerchet producción	Propio	Excel
Anexo 11	Análisis Guerchet fabricación de plásticos	Propio	Excel
Anexo 12	Modelo optimización almacén producto terminado	Propio	Excel
Anexo 13	Modelo optimización logística	Propio	Excel
Anexo 14	Dimensiones área de calidad	Propio	Excel
Anexo 15	Dimensiones área de oficinas	Propio	Excel
Anexo 16	Requerimientos de áreas	Propio	Excel
Anexo 17	Diseño	Propio	Excel
Anexo 18	Plano dimensional de bloques	Propio	Excel
Anexo 19	Ordenes situación actual	Propio	Excel
Anexo 20	Ordenes situación propuesta	Propio	Excel
Anexo 21	Parámetros de entradas	Propio	Excel

Anexo 22	Resultados sistema actual Flexsim	Propio	Excel
Anexo 23	Nivel de servicio actual	Propio	Excel
Anexo 24	Resultados de sistema propuesto Flexsim	Propio	Excel
Anexo 25	Nivel de servicio propuesto	Propio	Excel
Anexo 26	Evaluación indicadores	Propio	Excel
Anexo 27	Evaluación financiera	Propio	Excel