



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

Mejora en el flujo y áreas de producción en
empresa de helados, del centro de Veracruz,
aplicando técnicas de ingeniería industrial

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN

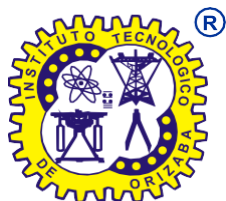
INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:

Lic. Víctor Jesús Sánchez Ramírez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Fernando Ortiz Flores



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

MAYO 2026



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, **8/mayo/2026**
Dependencia: **División de Estudios de
Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

C. SANCHEZ RAMIREZ VICTOR JESUS
Candidato(a) a Grado de Maestro(a) en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

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

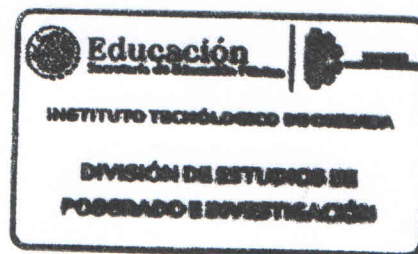
**"MEJORA EN EL FLUJO Y AREAS DE PRODUCCION EN EMPRESA DE HELADOS, DEL CENTRO DE VERACRUZ,
APLICANDO TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL"**

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

DR. OSCAR BAEZ SENTIES
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



OBS/IARH

OG-13-F06





Orizaba Veracruz, 10/abril/2026
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OSCAR BAEZ SENTIES
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

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

SANCHEZ RAMIREZ VICTOR JESUS

La cual lleva el título de:

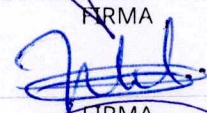
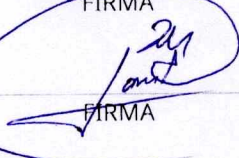
MEJORA EN EL FLUJO Y AREAS DE PRODUCCION EN EMPRESA DE HELADOS, DEL CENTRO DE
VERACRUZ, APLICANDO TECNICAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. FERNANDO ORTIZ FLORES
SECRETARIO: M.C. JORGE LUIS HERNANDEZ MORTERA
VOCAL: DR. OSCAR BAEZ SENTIES
VOCAL SUP.: M.C. JORGE ARTURO RAMIREZ HERNANDEZ


FIRMA

FIRMA

FIRMA

TA-09-F18



2026
año de
Margarita
Maza





LICENCIA DE USO OTORGADA POR Víctor Jesús Sánchez Ramírez,
de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en
Fraccionamiento Valle Alegre etapa 2, avenida pico de Orizaba, calle Tulcan 26A, Orizaba,
en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada
Mayoría en el Flujo y Circuitos de Producción en empresa de helados del
Centro de Veracruz aplicando técnicas de ingeniería industrial en adelante
"LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL AUTOR Y/O EL TITULAR", a favor
del Instituto Tecnológico de Orizaba del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrará por las cláusulas
siguientes:

PRIMERA -OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de
Orizaba del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA",
para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en
forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página:
(<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial
alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier
formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes
medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.
en medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA - EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto
Tecnológico de Orizaba; por lo tanto, "EL AUTOR Y/O TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y
morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA - CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico de Orizaba y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el
"AUTOR Y/O TITULAR" es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto,
siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA - AUTORÍA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de
"LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de
propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único
responsable.

Dado en la Ciudad de Orizaba, a los 15 días del mes de mayo de 2026.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

Víctor Jesús Sánchez Ramírez

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE Orizaba"

[Firma]



2026
año de
Margarita
Maza

Agradecimientos

A mi esposa, por su paciencia infinita, su comprensión y por ser mi refugio en los momentos de mayor presión. Gracias por acompañarme y por motivarme a seguir adelante con cada palabra de aliento. Tu presencia ha sido la luz que guió este proceso hasta su culminación exitosa.

A mis padres y hermanas, por ser el pilar fundamental de mi vida y por su apoyo incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por creer en mis sueños, incluso cuando el camino se volvía difícil. Su amor ha sido el motor que me impulsó.

A mis suegros, por abrirme las puertas de su familia y brindarme su apoyo incondicional desde el primer día. Gracias por sus palabras de aliento y por estar siempre pendientes de mi bienestar en los momentos más intensos de este proceso. Su cariño ha sido un refugio fundamental que me permitió avanzar con tranquilidad hacia esta meta.

A mis maestros, quienes fueron mucho más que instructores en un aula; gracias por ser mentores que me enseñaron con el ejemplo. Valoro profundamente el tiempo que dedicaron a escuchar mis ideas. Este título también les pertenece, pues su confianza en mi capacidad fue lo que me llevó hasta aquí.

A mis amigos y colegas de posgrado, con quienes compartí las dudas, las desveladas y la presión de este proyecto. Gracias por estar ahí para intercambiar ideas, por las palabras de ánimo cuando el cansancio pesaba y por celebrar juntos cada pequeño éxito.

A Vainilla, por aguantar conmigo cada desvelada y no dejarme solo ni un minuto frente al monitor. Gracias por esas horas de sueño que sacrificaste a mis pies, dándome ánimos en silencio.

Resumen

En el sector alimentario mexicano, las pequeñas y medianas empresas enfrentan el desafío de elevar su competitividad mediante la optimización de sus recursos y procesos operativos. Una disposición física deficiente y flujos de materiales fragmentados a menudo actúan como cuellos de botella que incrementan los costos de manufactura y degradan la eficiencia global del sistema. En este contexto, el diseño de instalaciones se posiciona como una variable estratégica fundamental para maximizar el rendimiento operativo, reducir desperdicios logísticos y responder con agilidad a las crecientes demandas de un mercado de alto potencial de crecimiento.

Este trabajo se desarrolla en una empresa de Helados ubicada en la zona centro de Veracruz, México. A través de un diagnóstico integral, se detectó que la planta operaba con una distribución de áreas inadecuada, lo que generaba recorridos excesivos de materiales y de personal, así como desorden en las zonas de producción. Asimismo, se identificó una problemática específica en el área de paletas relacionada con la colocación manual de los palitos de madera, lo que derivaba en un alto índice de unidades defectuosas y en mermas debido a la falta de estandarización del proceso.

El objetivo general de la investigación consistió en mejorar el flujo y las áreas de producción de la planta mediante la aplicación de técnicas de ingeniería industrial para optimizar la logística interna y reducir los niveles de desperdicio. Para ello, se planteó una intervención técnica basada en la reconfiguración de la disposición física de la planta y en la implementación de controles de calidad desde el origen. El estudio buscó específicamente reducir la distancia total recorrida semanalmente por los elementos del proceso y mitigar la variabilidad en la línea de producción de paletas de hielo.

La metodología empleada consistió en aplicar el SLP (*Systematic Layout Planning*) y utilizar herramientas de Lean Manufacturing. El proceso inició con un diagnóstico FODA y un análisis PQRST para caracterizar los productos y los volúmenes de producción, seguido de la elaboración de diagramas de flujo y de espagueti para visualizar los recorridos actuales. Posteriormente, se utilizó el método de evaluación por puntos para seleccionar el área piloto y se aplicaron herramientas como la carta DE-A, la tabla de relación de actividades y el diagrama

de relación de espacios para generar y seleccionar la mejor alternativa de redistribución. De forma complementaria, se utilizó un diagrama de Ishikawa para analizar las causas de los defectos del producto y se diseñó un dispositivo Poka-Yoke destinado a estandarizar la inserción de los palitos en los moldes.

Como resultado de la implementación, se logró una optimización significativa de los indicadores clave de desempeño. La distancia semanal recorrida por los productos, personas e información se redujo de 17090 metros por semana a 12608 metros por semana, lo que representó una disminución de 4482 metros por semana: mejora del 26.23%. Por otro lado, la implementación del dispositivo *Poka-Yoke* permitió reducir las unidades defectuosas de 648 a solo 102 por semana, lo que representa una diferencia de 546 unidades y una reducción del 84.25%. Estas mejoras operativas se tradujeron en un beneficio económico estimado, con un retorno de la inversión (ROI) del 1,685%, derivado principalmente del ahorro en costos de no calidad.

Finalmente, el estudio demuestra que la combinación de la metodología SLP y el control preventivo de errores constituye una ventaja competitiva sostenible para las organizaciones del sector. La aportación principal del trabajo radicó en la creación de una estructura operativa funcional y escalable que elimina movimientos improductivos y fortalece la cultura de mejora continua. La validación de los resultados confirma que el uso de herramientas técnicas de ingeniería industrial permite estandarizar procesos y optimizar la capacidad instalada, lo que asegura un flujo de trabajo más seguro, fluido y alineado con los objetivos estratégicos de la empresa.

Abstract

In the Mexican food sector, small and medium-sized enterprises face the challenge of increasing their competitiveness by optimizing resources and operational processes. Deficient physical layouts and fragmented material flow often act as bottlenecks, increasing manufacturing costs and degrading the system's overall efficiency. In this context, facilities design is positioned as a fundamental strategic variable for maximizing operational performance, reducing logistical waste, and responding with agility to the growing demands of a high-potential market.

This work was conducted at an ice cream company located in the central region of Veracruz, Mexico. Through a comprehensive diagnosis, it was determined that the plant operated with an inadequate distribution of area, resulting in excessive travel distances for both materials and personnel, as well as disorder in the production zones. Likewise, a specific problem was identified in the popsicle machine area regarding the manual placement of wooden sticks, resulting in a high rate of defective units and waste due to a lack of standardized processes.

The general objective of the research was to improve the plant's flow and production areas by applying industrial engineering techniques to optimize internal logistics and reduce waste. To this end, a technical intervention was proposed to reconfigure the plant's physical layout and implement quality controls at the source. The study specifically sought to reduce the total weekly distance traveled by process elements and mitigate variability in the ice popsicle production line.

The methodology employed consisted of applying Systematic Layout Planning (SLP) and utilizing Lean Manufacturing tools. The process began with a SWOT diagnosis and a PQRSST analysis to characterize products and production volumes, followed by the development of flowcharts and spaghetti diagrams to visualize current routes. Subsequently, a point-scoring evaluation method was used to select the pilot area, and tools such as the From-To Chart, activity relationship charts, and space relationship diagrams were applied to generate and select the best redistribution alternative. In parallel, an Ishikawa diagram was used to analyze the causes of product defects, and a Poka-Yoke device was designed to standardize the insertion of sticks into the molds.

As a result of the implementation, significant improvements in key performance indicators were achieved. The weekly distance traveled by products, people, and information decreased from 17090 meters to 12608 meters, representing a 4482-meter decrease (26.23% improvement). Furthermore, the implementation of the Poka-Yoke device reduced defective units from 648 to 102 per week, representing a 546-unit reduction and an 84.25% reduction. These operational improvements translated into an estimated economic benefit, with a Return on Investment (ROI) of 1,685%, primarily derived from savings in non-quality costs.

Finally, the study demonstrates that the combination of the SLP methodology and preventive error control constitutes a sustainable competitive advantage for organizations in this sector. The main contribution of this work is the creation of a functional, scalable operational structure that eliminates unproductive movements and strengthens a culture of continuous improvement. The validation of the results confirms that the use of technical industrial engineering tools allows for the standardization of processes and the optimization of installed capacity, ensuring a safer, more fluid workflow aligned with the company's strategic objectives.

Contenido

Agradecimientos.....	I
Resumen.....	II
Abstract.....	IV
Contenido.....	VI
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XII
Introducción	1
Planteamiento del problema	2
Hipótesis.....	3
Contenido de la tesis	3
Capítulo 1 Antecedentes	5
1.1 Antecedentes del helado en México	5
1.2 Helados en el sector económico mexicano	6
1.3 Tesis y artículos con aplicación de <i>Lean Manufacturing</i> y <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP)	7
1.3.1 Aplicación de la filosofía <i>Lean Manufacturing</i>	7
1.3.2 Aplicación de las 5'S	10
1.3.3 Aplicación de <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP).....	12
1.4 Generalidades de la empresa en estudio	16
1.4.1 Antecedentes	16
1.4.2 Misión	17
1.4.3 Visión	17
1.4.4 Valores	18
1.4.5 Política de Calidad.....	18
1.4.6 Distribución de planta actual de la empresa en estudio	19
1.4.7 Marco Geográfico.....	21
1.4.8 Estructura Organizacional	22
1.4.9 Diagrama de proceso de la empresa en estudio	26
1.5 Objetivos	26
1.5.1 Objetivo General	27

1.5.2 Objetivos específicos.....	27
1.6 Justificación.....	27
1.7 Conclusión.....	28
Capítulo 2 Marco teórico.....	30
2.1 Técnicas de diagnóstico	30
2.1.1 Análisis FODA	30
2.1.2 Método de evaluación de factores por puntos.....	33
2.2 Técnicas de generación de ideas y priorización	35
2.2.1 Lluvia de ideas.....	35
2.2.2 Diagrama de afinidad	39
2.3 Herramientas de visualización y análisis de información.....	41
2.3.1 Diagrama de flujo	41
2.3.2 Diagrama de espagueti	43
2.4 Técnica para determinar centro de gravedad	46
2.4.1 Ventajas de la técnica de centro de gravedad	46
2.4.2 Desventajas de la técnica de centro de gravedad	47
2.4.3 Proceso de aplicación de la técnica de centro de gravedad	47
2.5 Fundamentos de distribución de planta	48
2.5.1 Conceptos de distribución de planta	48
2.5.2 Tipos de distribución de planta.....	49
2.5.3 Objetivos de la distribución de planta.....	49
2.5.4 Ventajas de la distribución de planta	50
2.5.5 Desventajas de la distribución de la aplicación de distribución de planta.....	50
2.6 Metodología para distribución de planta: <i>Systematic Layout Planning (SLP)</i>	51
2.6.1 Ventajas del uso de la metodología SLP	51
2.6.2 Desventajas del uso de la metodología SLP	52
2.6.3 Paso 0: Análisis PQRS (Product, Quantity, Resources, Service, Time)	52
2.6.4 Paso 1: Flujo de materiales.....	54
2.6.5 Paso 2: Relación entre actividades	55
2.6.6 Paso 3: Diagrama de relaciones de actividades	57
2.6.7 Paso 4: Requerimiento de espacios.....	58
2.6.8 Paso 5: Disponibilidad de espacios.....	61
2.6.9 Paso 6: Diagrama de relación de espacio.....	61
2.6.10 Paso 7: Factores influyentes	63
2.6.11 Paso 8: Limitaciones prácticas.....	63
2.6.12 Paso 9: Generación de alternativas	64
2.6.13 Paso 10: Selección de alternativa.....	65
2.6.14 Paso 11: Detallado.....	66
2.7 <i>Poka-Yoke</i> : como herramienta de optimización y estandarización de procesos.....	66
2.7.1 Definición y Origen.....	67
2.7.2 Tipos de <i>Poka-Yoke</i>	67
2.7.3 Ventajas de los dispositivos <i>Poka-Yoke</i>	68

2.7.4 Desventajas de los dispositivos <i>Poka-Yoke</i>	68
2.8 Conclusión.....	69
Capítulo 3 Implementación de mejoras	70
3.1 Metodología	70
3.2 Exploración integral de la empresa	71
3.2.1 Revisión de antecedentes.....	71
3.2.2 Recorridos por la empresa	71
3.2.3 Reconocimiento de los procesos de la empresa.....	72
3.3 Diagnóstico empresarial: FODA	72
3.4 Identificación de problemáticas.....	74
3.5 Selección de área piloto.....	76
3.5.1 Definición de áreas operativas.....	76
3.5.2 Definición de factores de decisión.....	78
3.5.3 Selección de área piloto.....	80
3.6 Definición de indicadores clave de desempeño (KPI).....	83
3.7 3 Realización de análisis PQRST (<i>Product, Quantity, Resources, Space, Time</i>).....	84
3.7.1 Identificación de producto principal (P)	84
3.7.2 Identificación de volumen de producción (Q)	84
3.7.3 Identificación de recorridos (R).....	85
3.7.4 Identificación de servicios auxiliares (S).....	90
3.7.5 Consideración del tiempo de procesos (T).....	91
3.8 Medición de distancia semanal recorrida del <i>Layout</i> (Antes de aplicación de SLP).....	91
3.8.1 Definir áreas del proceso productivo de las paletas de hielo	91
3.8.2 Visualizar el flujo de producción de las paletas de hielo	94
3.8.3 Medir la distancia recorrida por cada elemento, desde materia prima hasta producto terminado del <i>layout</i> actual	95
3.9 Presentación de propuesta de mejora respaldada por la metodología SLP	105
3.9.1 Paso 0. Análisis PQRST	105
3.9.2 Paso 1: Flujo de materiales.....	107
3.9.3 Paso 2: Relación entre actividades	111
3.9.4 Paso 3: Diagrama de relación de actividades.....	113
3.9.5 Paso 4: Requerimientos de espacio.....	116
3.9.6 Paso 5: Disponibilidad de espacio	119
3.9.7 Paso 6: Diagrama de relación de espacio.....	119
3.9.8 Paso 7: Factores influyentes	121
3.9.9 Paso 8: Limitaciones prácticas.....	122
3.9.10 Paso 9: Generación de alternativas	123
3.9.11 Paso 10: Selección de alternativa.....	125
3.10 Medición de la distancia semanal recorrida del nuevo <i>Layout</i> (después de aplicación de SLP)	127
3.10.1 Determinar los centroides de las áreas de la nueva distribución	128
3.10.2 Determinar los flujos de los elementos entre las áreas de la nueva distribución.....	130
3.10.3 Calcular distancias entre centroides de las áreas en la nueva distribución.....	132

3.10.4 Determinar distancia recorrida por los elementos a través de las áreas de producción.....	132
3.11 Implementación de mejora: <i>Poka-Yoke</i> en área de paletas.....	135
3.11.1 Medir el indicador “Unidades defectuosas” antes del <i>poka-yoke</i> de mejora.....	135
3.11.2 Diseño de un dispositivo <i>Poka-Yoke</i> para la colocación de palitos de madera	137
3.11.3 Presentación del diseño del dispositivo <i>Poka-Yoke</i> a la dirección.....	140
3.11.4 Implementación del dispositivo <i>Poka-Yoke</i>	142
3.11.5 Medir el indicador “unidades defectuosas” después del <i>Poka-Yoke</i>	146
3.12 Comparación de indicadores: distancia recorrida y unidades defectuosas	148
3.12.1 Comparación de la distancia total recorrida por semana antes y después de la implementación de redistribución	148
3.12.2 Comparación de las unidades defectuosas antes y después de la implementación del <i>Poka-Yoke</i>	150
3.13 Determinación del impacto económico y ahorro en costos de no calidad.....	151
3.14 Análisis de resultados.....	153
3.15 Conclusión.....	155
Capítulo 4 Resultados	157
4.1 Discusión.....	157
4.2 Productos académicos	159
Conclusiones y recomendaciones.....	161
4.3 Conclusiones	161
4.4 Recomendaciones.....	162
Fuentes de información	164
Anexo 1 Hojas de inventario	166
Anexo 2 Hojas de maquinaria y equipo por área.....	181

Índice de figuras

Figura 1.1 Distribución de áreas planta alta.....	20
Figura 1.2 Distribución de áreas de planta baja.	21
Figura 1.3 Localización geográfica de la empresa en estudios	22
Figura 1.4 Organigrama de la empresa en estudio.....	25
Figura 1.5 Diagrama de proceso de paletas de hielo de la empresa en estudio: en la parte superior, los departamentos. En la parte inferior, el proceso de producción.	26
Figura 2.1 Ejemplo de ideas generadas escritas en notas	39
Figura 2.2 Ejemplo de un diagrama de afinidad	40
Figura 2.3 Diagrama de llave del análisis PQRS	53
Figura 2.4 Ejemplo de Carta De-A de Distancia entre áreas	55
Figura 2.5 Ejemplo de carta de relación de actividades.....	56
Figura 2.6 Ejemplo de diagrama de relaciones.	59
Figura 2.7 Concentrado de áreas total para requerimiento de espacio	59
Figura 2.8 Ejemplo de hoja de inventario para requerimiento de espacio	60
Figura 2.9 Diagrama de relación de espacios: Áreas de producción	62
Figura 2.10 Ejemplo de alternativa elaborada en Layout	65
Figura 3.1 Análisis FODA de la empresa en estudio.....	75
Figura 3.2 Diagrama de proceso de paletas de hielo RESUMIDO	87
<i>Figura 3.3 Diagrama de espagueti: recorrido de productos.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 3.4 Diagrama de espagueti: recorrido de personas e información</i>	<i>90</i>
Figura 3.5 Áreas que interactúan en la producción de paletas de hielo	95
Figura 3.6 Diagrama de espagueti: Recorrido del elemento “productos”	96
Figura 3.7 Diagrama de espagueti: Recorrido de elementos “personas e información”	97
Figura 3.8 Centroides de figuras regulares de la empresa en estudio	97
Figura 3.9 Centroide de la figura irregular de la empresa en estudio	98
Figura 3.10 Flujo entre áreas de producción, del elemento “ Productos ”	100
Figura 3.11 Flujo entre áreas de producción, del elemento “ Personas ”	100
Figura 3.12 Flujo entre áreas de producción de paletas de hielo: Información	100
<i>Figura 3.13 Carta DE-A del flujo por semana, de los elementos entre áreas de producción</i>	<i>101</i>
<i>Figura 3.14 Carta DE-A de la distancia entre las áreas del proceso de producción de la empresa en estudio</i>	<i>103</i>
<i>Figura 3.15 Carta DE-A de distancia total recorrida en metros por semana</i>	<i>104</i>
<i>Figura 3.16 Suma de flujos de elementos por semana entre áreas de producción</i>	<i>109</i>
Figura 3.17 Carta de relación de actividades (Elaboración propia)	113
Figura 3.18 Diagrama de relación de actividades, primera interacción A’s.	114
Figura 3.19 Diagrama de relación de actividades, segunda interacción E’s.	115
Figura 3.20 Diagrama de relación de actividades, tercera interacción I’s.	115
Figura 3.21 Diagrama de relación de actividades, cuarta y quinta interacción O’s y X’s.	116

Figura 3.22 Plano del espacio disponible en la planta baja	119
Figura 3.23 Diagrama de relación de espacio	121
Figura 3.24 Alternativa de redistribución de planta 1	124
Figura 3.25 Alternativa de distribución de planta 2	125
Figura 3.26 Alternativa de distribución de planta 3	125
Figura 3.27 Centroides de las áreas regulares en la nueva distribución.....	128
Figura 3.28 Centroides de figuras irregulares de la nueva distribución.....	129
<i>Figura 3.29 Carta DE-A del flujo por semana, de los elementos entre áreas de producción</i>	<i>131</i>
<i>Figura 3.30 Carta DE-A de la distancia entre las áreas del proceso de producción de la nueva distribución.</i>	<i>133</i>
<i>Figura 3.31 Carta DE-A de distancia total recorrida en metros por semana de la nueva distribución.</i>	<i>134</i>
Figura 3.32 Unidades defectuosas de paletas de hielo por día.....	137
Figura 3.33 Diagrama de Ishikawa del proceso de colocación de palitos de madera	138
Figura 3.34 Diseño de dispositivo poka-yoke de molde.....	140
Figura 3.35 Prototipo de dispositivo Poka-Yoke.....	141
Figura 3.36 Molde de acero inoxidable para paletas de hielo 24 cavidades	143
Figura 3.37 Colocación de mezcla en los moldes de acero inoxidable.....	144
Figura 3.38 Dispositivo para la colocación de los palitos.....	144
Figura 3.39 Colocación de los moldes en las paletas.....	145
Figura 3.40 Colocación del Poka-Yoke en proceso de producción	145
Figura 3.41 Secuencia operativa de dispositivo Poka-Yoke.....	146
Figura 3.42 Gráfica de unidades defectuosas de paletas de hielo por semana	147
Figura 3.43 Comparación de distancia semanal recorrida en metros.....	149
Figura 3.44 Comparativa de unidades defectuosas antes y después del poka-yoke.....	151
Figura 3.45 Comparativa de unidades defectuosas semanales.....	151

Índice de tablas

Tabla 2.1 Ejemplo de matriz MEFI	32
Tabla 2.2 Ejemplo de matriz MEFE	32
Tabla 2.3 Ejemplo de definición de criterios	33
Tabla 2.4 Ejemplo de asignación de pesos	34
Tabla 2.5 Ejemplo de aplicación del método de evaluación de factores por puntos	34
Tabla 2.6 Simbología estándar del diagrama de flujo	43
Tabla 2.7 Clasificación de la relación de actividades	56
Tabla 2.8 Valuación y simbología para el diagrama de relación de actividades	58
Tabla 3.1 Definición de factores prioritarios	80
Tabla 3.2 Descripción de factores prioritarios	81
Tabla 3.3 Pesos de factores prioritarios	81
Tabla 3.4 Escala de vocales	82
Tabla 3.5 Método por puntos: selección de área piloto	82
Tabla 3.6 Datos de inventario de producción: cajas producidas por semana	85
Tabla 3.7 Datos de ventas: cajas vendidas por semana	86
Tabla 3.8 Abreviatura de las áreas del proceso productivo de la empresa en estudio	88
Tabla 3.9 Recorridos de cada elemento por las áreas de la empresa en estudio	89
Tabla 3.10 Áreas de servicios auxiliares de producción	90
Tabla 3.11 Centroides de las áreas de la empresa en estudio	99
Tabla 3.12 Servicios auxiliares del proceso de producción	107
Tabla 3.13 Flujo entre áreas de los elementos en el proceso de producción	110
Tabla 3.14 Códigos de colores y ponderación de rangos de flujos entre áreas	111
Tabla 3.15 Simbología para el diagrama de relación de actividades	114
Tabla 3.16 Ejemplo de hoja de inventario	117
Tabla 3.17 Hoja de maquinaria y equipo por área	118
Tabla 3.18 Hoja de concentrado total	118
Tabla 3.19 Criterios para evaluar alternativas de redistribución	126
Tabla 3.20 Escala de vocales	126
Tabla 3.21 Selección de la alternativa de redistribución de planta	127
Tabla 3.22 Centroides de las áreas de la empresa en estudio	130
Tabla 3.23 Registro de producción semanal de paletas de hielo semana 42	136
Tabla 3.24 Registro de producción semanal de paletas de hielo semana 46	147
Tabla 4.1 Hoja de requerimiento de maquinaria y equipo: escritorio	166
Tabla 4.2 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Congelador	167
Tabla 4.3 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: paleta	168
Tabla 4.4 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Rebanadora	169
Tabla 4.5 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Licuadora Industrial	170

Tabla 4.6 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Mesa para bascula.....	171
Tabla 4.7 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Tanque mezclador	172
Tabla 4.8 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Bascula	173
Tabla 4.9 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Refrigerador	174
Tabla 4.10 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Rack de garrafrones	175
Tabla 4.11 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Anaquel.....	176
Tabla 4.12 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Estante	177
Tabla 4.13 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Estante	178
Tabla 4.14 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Lockers	179
Tabla 4.15 Hoja de requerimiento de maquinaria y equipo: Carrito de transporte	180
Tabla 4.16 Hoja de maquinaria y equipo del área de almacén de materia prima.....	181
Tabla 4.17 Hoja de maquinaria y equipo del área de Almacén de leches.....	182
Tabla 4.18 Hoja de maquinaria y equipo del área de almacén de agua	183
Tabla 4.19 Hoja de maquinaria y equipo del área de almacén de yogurt	184
Tabla 4.20 Hoja de maquinaria y equipo por área de almacén de materia prima refrigerada	185
Tabla 4.21 Hoja de maquinaria y equipo por área de Mezclado y formulación	186
Tabla 4.22 Hoja de maquinaria y equipo por área de Picado y despulpado	187
Tabla 4.23 Hoja de maquinaria y equipo por área de Enmoldado	188
Tabla 4.24 Hoja de maquinaria y equipo por área de Cocción	189
Tabla 4.25 Hoja de maquinaria y equipo por área: Paleteras.....	190
Tabla 4.26 Hoja de maquinaria y equipo por área: Desmolde.....	191
Tabla 4.27 Hoja de maquinaria y equipo por área: Pre almacenado.....	192
Tabla 4.28 Hoja de maquinaria y equipo por área: Almacén de utensilios.....	193
Tabla 4.29 Hoja de maquinaria y equipo por área: Empaquetado	194
Tabla 4.30 Hoja de maquinaria y equipo por área: Almacén de cajas desarmadas	195
Tabla 4.31 Hoja de maquinaria y equipo por área: Almacén de producto final.....	196
Tabla 4.32 Hoja de maquinaria y equipo por área: Lockers	197
Tabla 4.33 Hoja de maquinaria y equipo por área: Baños	198
Tabla 4.34 Hoja de maquinaria y equipo por área: Compras.....	199
Tabla 4.35 Hoja de maquinaria y equipo por área: Dirección	200

Introducción

En el entorno macroeconómico actual, las organizaciones del sector alimentario enfrentan el desafío de elevar sus niveles de productividad y competitividad mediante la optimización exhaustiva de sus recursos tangibles e intangibles. El presente proyecto se centra en la reingeniería de los procesos operativos de una planta productora de helados ubicada en la región central de Veracruz, partiendo de la premisa de que una disposición física deficiente y un flujo de materiales fragmentado actúan como cuellos de botella que incrementan los costos de manufactura y degradan la eficiencia global del sistema de producción. Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, el diseño de instalaciones no debe considerarse un elemento estático, sino una variable estratégica capaz de maximizar el rendimiento operativo. Bajo este enfoque, el proyecto integra la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) para reconfigurar las áreas que conforman el sistema de producción, con el fin de minimizar las distancias de transporte y eliminar las mudas (desperdicios) logísticos. Esta intervención se complementa con la filosofía *Lean Manufacturing*, específicamente mediante la implementación de dispositivos *Poka-Yoke*, diseñados para fortalecer el control de calidad en el origen y mitigar la variabilidad en las líneas de producción. El desarrollo del presente proyecto busca implementar un modelo de mejora continua basado en datos técnicos y en el análisis de ingeniería. A través de este proyecto, se pretende demostrar que la complementación entre la planeación sistemática de una distribución y el control preventivo de errores constituye una ventaja competitiva sostenible, lo que permite a la organización responder con mayor agilidad a las demandas del mercado mientras optimiza su estructura y costos operativos.

Planteamiento del problema

La empresa en estudio, fundada en 1990, se ubica en el centro del estado de Veracruz y se dedica a la producción de congelados en presentaciones como paletas de hielo y helados en vaso. Esta empresa ofrece una amplia variedad de productos, diferenciados por sus sabores y composiciones, lo que exige que sus procesos sean altamente flexibles. Esta flexibilidad es esencial para responder de manera eficiente a la demanda del mercado, ya que la empresa en estudio cuenta con una red de clientes, tanto dentro como fuera del estado, que realizan compras diarias en diversas presentaciones.

Para identificar las áreas que integran la planta y las posibles áreas de oportunidad, se realizó un recorrido por la planta y una estancia.

El recorrido permitió observar que la empresa en estudio cuenta con dos secciones separadas, dedicadas al proceso productivo de las paletas de hielo y de los helados en vaso; tres cámaras frigoríficas que funcionan como almacenes de materias primas, de productos en proceso y de productos terminados; y un espacio improvisado utilizado como almacén de materiales en producción. Adicionalmente, se observó que su distribución de planta provoca recorridos innecesarios para localizar insumos y materiales durante el turno.

Una estancia en la empresa permitió detectar la falta de descripciones claras de los puestos de trabajo, lo que genera inconsistencias en la elaboración de los productos. Asimismo, surgen problemas con frecuencia en la preparación de los productos debido al deterioro de las instalaciones y las herramientas de trabajo, así como a la falta de estandarización de los procesos. Estas situaciones fueron corroboradas mediante pláticas con los colaboradores del turno.

Con base en lo observado, se identificaron diversas áreas de oportunidad para desarrollar un proyecto de mejora en el área de producción. Este proyecto tendrá como objetivo analizar las posibles causas raíz de la situación actual y aplicar herramientas de ingeniería industrial, como los diagramas de Ishikawa, la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP), la estandarización de procesos, el *Value Stream Mapping* (VSM) y las 5S, para mejorar tanto los procesos como la distribución de las diferentes áreas del departamento de producción.

Hipótesis

Se espera que la propuesta establecida para la mejora en los procesos de producción y la distribución de planta tenga resultados óptimos, bajo la siguiente hipótesis:

La implementación de las técnicas de ingeniería industrial en el área de producción, de la empresa en estudio, reducirán los desperdicios y la distancia recorrida en el flujo de proceso.

Contenido de la tesis

El presente proyecto de tesis está estructurado en cuatro capítulos, una sección de conclusiones y recomendaciones, y una sección de fuentes de información.

El primer capítulo establece el contexto de la industria de helados en México, desde sus orígenes históricos hasta su relevancia económica actual, y presenta formalmente a la empresa objeto de estudio, detallando su estructura organizacional, misión y visión. Asimismo, se revisan casos de éxito de la aplicación de la filosofía *Lean Manufacturing* y de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP), que sirven de base para identificar las áreas de oportunidad en la planta, lo que culmina en la definición de los objetivos y la justificación del proyecto.

El segundo capítulo se centra en fundamentar las herramientas de ingeniería industrial empleadas para el diagnóstico y la mejora, así como en explorar técnicas de análisis, como la matriz FODA y el método de evaluación por puntos. Asimismo, se detalla la metodología SLP para optimizar la distribución de planta, se explica el análisis PQRST (Producto, Cantidad, Recorrido, Servicio y Tiempo) y se introduce el concepto de Poka-Yoke como técnica para la prevención de errores y la estandarización de procesos.

El tercer capítulo describe la fase práctica del proyecto, que consistió en el diagnóstico detallado mediante diagramas de flujo y de "espaguetti" para visualizar los recorridos actuales; en la descripción del proceso de selección de un área piloto y en la aplicación de los 10 pasos de la metodología SLP para generar y seleccionar la alternativa de redistribución más adecuada. También se detalla cómo se diseñó e implementó un dispositivo Poka-Yoke en el área de paletas para reducir las unidades defectuosas.

Por último, el cuarto capítulo sintetiza los hallazgos tras la implementación y presenta una comparación técnica de los indicadores clave de desempeño (*KPI*) antes y después de la intervención, destacando la eficiencia ganada en el flujo de materiales y la reducción de las unidades defectuosas.

Capítulo 1

Antecedentes

Este capítulo ofrece un contexto general sobre la empresa en estudio y el sector de helados y congelados en México. Se describen los antecedentes históricos y económicos de la industria, así como la situación específica de la empresa, incluyendo su misión, visión, valores y políticas de calidad.

El capítulo también presenta diversos trabajos de aplicación de la filosofía *Lean*, las 5S y la metodología SLP, con la intención de mostrar las problemáticas actuales que enfrenta la empresa y cómo fueron aplicadas con el objetivo de mejorar los procesos productivos y la organización interna.

Finalmente, el capítulo presenta los objetivos generales y específicos de la presente investigación, seguidos de una justificación de la necesidad de implementar herramientas de ingeniería industrial para optimizar el flujo de trabajo, reducir desperdicios y mejorar la productividad de la planta.

1.1 Antecedentes del helado en México

Los antecedentes del helado en México se remontan a la época precolombina y a la introducción de técnicas europeas durante la colonización. En las antiguas civilizaciones, como la de los aztecas, ya se conocía el uso del hielo como refrigerante. Transportaban nieve desde las montañas, especialmente desde el Iztaccíhuatl, mediante mensajeros veloces, y este hielo se utilizaba tanto en ceremonias como en la alimentación, reservándose como lujo para los nobles.

Con la llegada de los colonizadores españoles, el concepto del helado se introdujo en la Nueva España. En el siglo XVI, comenzaron a fabricarse nieves y sorbetes, que se convirtieron en una forma de entretenimiento y en un símbolo de estatus para la élite colonial. Para regular la producción y venta de nieve y helados, se estableció en 1598 un monopolio real que controlaba estos productos a través del Real Estanco de la nieve, considerados bienes escasos y valiosos. Este sistema de estancos impactó significativamente tanto en la economía como en el acceso a los productos helados en la sociedad, lo que elevó su estatus social.

La derogación del estanco en 1823 marcó un cambio importante en la producción y comercialización de helados, al abrir el mercado a nuevas empresas y métodos de elaboración, lo que facilitó una mayor difusión de este dulce entre la población. Con la llegada de la Revolución Industrial en el siglo XX, se experimentó una considerable industrialización del helado en México, influida por las técnicas desarrolladas en Estados Unidos. Esta transformación llevó a la creación de campañas especializadas en helados y al crecimiento del mercado, lo que, finalmente, democratizó su consumo, haciéndolos accesibles a un mayor número de personas (González de la Vara, 1989).

1.2 Helados en el sector económico mexicano

El crecimiento de los helados en México ha sido significativo en los últimos años. En 2024, su valor se estimó en aproximadamente 2,32 mil millones de dólares y se proyecta que alcanzará 3,69 mil millones de dólares en 2034, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 5,3 % entre 2025 y 2034. Esto resalta el interés y la demanda por la expansión constante del producto en el mercado mexicano (El Economista, 2024).

En términos de consumo, los mexicanos consumen en promedio 2,4 litros de helado por persona al año, lo que sitúa al país en la posición 53 a nivel mundial. Si bien esta cifra refleja un consumo considerable, sigue siendo baja en comparación con la de otros países. Por ejemplo, en Estados Unidos, el consumo per cápita alcanza los 20,8 litros. Esto indica un alto potencial de crecimiento en la industria del helado en México, con amplias oportunidades para incrementar el consumo nacional (Informe de expertos, 2024).

El sector de helados está dominado por grandes empresas multinacionales como Unilever y Nestlé, que concentran la mayor parte del mercado. Sin embargo, alrededor del 80% de las empresas de la industria son pequeñas y medianas, muchas de ellas de carácter familiar. Esta estructura ofrece un panorama de diversificación y competencia en el sector, con un equilibrio entre grandes corporaciones y negocios locales que continúan contribuyendo al dinamismo del mercado (El Economista, 2024).

El comercio internacional también es un componente relevante del sector. En 2023, México intercambió helados de chocolate por un total de 112 millones de dólares, con exportaciones

de 18,4 millones e importaciones de 93,1 millones. Esto refleja la importancia de México como un actor clave en el comercio de helados en América Latina, y su potencial para seguir expandiendo las exportaciones (Secretaría de Economía, 2023).

1.3 Tesis y artículos con aplicación de *Lean Manufacturing* y *Systematic Layout Planning* (SLP)

En este apartado se presenta un listado de trabajos en los que se emplearon técnicas de ingeniería industrial para resolver diversas problemáticas detectadas en empresas de distintos giros.

En cada trabajo se presenta, a modo de resumen, la problemática abordada, el proceso de detección, la metodología planteada para su resolución, las técnicas de ingeniería industrial implementadas, los resultados obtenidos y un breve comentario sobre por qué cada trabajo resulta útil para el presente proyecto.

1.3.1 Aplicación de la filosofía *Lean Manufacturing*

En este apartado se presentan cuatro trabajos que describen la implementación de la filosofía *Lean Manufacturing* y cómo se abordaron las problemáticas detectadas.

- Alanoca Pilco y Flores Navarro (2022), en su tesis: *Propuesta de aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la línea de paletas en una empresa agroindustrial*; identificaron una problemática en la línea de paletas con mayor producción, referente al faltante de unidades, muchos procesos innecesarios y un indicador OEE deficiente.

El impacto en la productividad, producción, costos e ingresos fue el punto que requería atención, por lo que propuso la siguiente metodología para solucionar la problemática planteada:

- Analizar los procesos en la línea de paletas mediante el diagrama de Ishikawa (causa y efecto).
- Analizar los datos estadísticos en los procesos.
- Generación de sistemas de control de insumos para el llenado de tanques.
- Implementación de *Poka-Yoke* en la paleta semiautomática.
- Implementación de mantenimiento autónomo.

Con las propuestas generadas de este trabajo se estimó una disminución de faltantes de 4.14% a 1.50%, una mejora del OEE del 55.52% a 59.19%, reducción de procesos de 3.30% a 1.94% y aumento de la productividad global de 2.14 a 2.23 por cada sol invertido.

Este trabajo de tesis fue de interés para el autor porque mostró la implementación de diversas técnicas de *Lean Manufacturing*, combinadas con el análisis estadístico, que se complementan para generar proyecciones con base en los resultados del análisis.

- Burbano Pasaje y Torres Román (Octubre, 2020), en sus tesis: *Diseño de modelo de gestión de Lean Manufacturing empleando herramientas Kaizen en el área de producción de la empresa aplanchados doña chepa*; abordó una problemática detectada en el área de producción de alimentos, debido a que se tenía un alto desperdicio de materias primas y retrabajos, los cuales incentivaban la creación de cuellos de botella en diferentes puntos del proceso de calidad optima. Para dar solución a esta problemática se planteó la siguiente metodología:
 - Diagnóstico de puntos focales en las áreas de la problemática.
 - Consulta bibliográfica para obtener un panorama real del desarrollo del proyecto.
 - Diseño de sistemas de mejoramiento continuo (*Kaizen*).
 - Planteamiento de la estrategia para el diseño e implementación de Lean Manufacturing y de la herramienta *Kaizen*, de acuerdo con los lineamientos.
 - Identificación del valor en la producción mediante formatos y procesos.
 - Formular una propuesta de implementación del modelo de gestión *Lean Manufacturing* empleando la herramienta *Kaizen*.
 - Realizar el mapeo de flujo de valor.
 - Consolidación del diseño del modelo de *Lean Manufacturing* y de la herramienta *Kaizen*, mediante planes y actividades de mejora.

Los resultados obtenidos de la implementación del sistema de gestión de *Lean Manufacturing* y *Kaizen*, fueron la elaboración de perfiles de cargo, elaboración de manuales de procedimientos, instructivos y formatos para el área de producción, elaboración de un plan maestro de producción.

Este trabajo fue de interés debido al enfoque utilizado de la filosofía *Lean* para la realización de un sistema de gestión. Con este sistema, que buscó la mejora continua en el área de producción mediante la estandarización de procesos y la creación de manuales e instructivos, se logró disminuir errores y cuellos de botella.

- Carreño Dueñas et al. (2019), en su artículo: *Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario*; abordaron la problemática de una gestión ineficiente de inventarios en pequeñas y medianas empresas (PyMEs) del sector alimentario, en especial las que se encargan de la producción y comercialización de dulces. Para resolver esta problemática se aplicó la siguiente metodología:
 - Revisión bibliográfica.
 - Diagnóstico inicial.
 - Tabulación de datos.
 - Pronóstico de demanda.
 - Modelo EOQ.
 - Desarrollo de *software*.

Los resultados derivados de la aplicación de la metodología fueron los siguientes:

- Mejoró el control de inventarios, evitando el sobreabastecimiento y las pérdidas económicas asociadas a las fluctuaciones de la demanda.
- Aumentó la productividad mediante la implementación de códigos QR, lo que permitió actualizaciones en tiempo real.
- Se redujeron los costos de almacenamiento y de personal.
- Se implementó el modelo EOQ para calcular las cantidades óptimas a ordenar, lo que permitió minimizar los costos de inventario.

Este trabajo fue de interés porque mostró cómo se implementó un modelo híbrido de tecnología y de aprovisionamiento para la correcta gestión de inventarios en una planta del sector de pequeñas y medianas empresas (PyMEs). El modelo propuesto puede aplicarse para resolver la problemática detectada en la empresa en estudio, como objetivo del presente proyecto.

- Arboleda Zúñiga y Rubiano Del Chiaro (2017), en su artículo: *Aplicación de técnicas de Lean Manufacturing en el proceso de cambio de molde en una pequeña empresa de alimentos*; identificaron una problemática de pérdida de eficiencia en una de las máquinas principales que fabrican conos de helado. Ésta impactaba en la productividad y capacidad de respuesta de la empresa ante la demanda de sus clientes. Para la solución se aplicó SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) mediante las siguientes cuatro fases:
 - Fase preliminar. Se realizó un análisis para comprobar si las actividades internas y externas estaban identificadas.

- Primera fase. Separación de la preparación interna y externa previamente identificada y clasificada.
- Segunda fase. Conversión de la preparación interna a la externa mediante la reevaluación.
- Tercera fase. Perfeccionamiento de todos los aspectos de la preparación a lo largo del tiempo.

Los resultados recolectados de la aplicación de SMED fueron los siguientes:

- Se redujeron los tiempos de preparación en el proceso de cambio de moldes de la máquina 2 en un 66,77 %, lo que equivale a 439.623 unidades/año y permite una mayor capacidad de respuesta ante la demanda.
- Se ahorraron \$3,041,000 al año, lo que incrementó la utilidad.

El presente trabajo se tomó en consideración debido a que implementó la técnica SMED, derivada de la filosofía Lean Manufacturing, enfocada en aumentar la productividad y la eficiencia del proceso productivo.

1.3.2 Aplicación de las 5'S

En este apartado se presentan tres trabajos que describen cómo se aplicaron las 5'S (*Seiri, Seiso, Seiton, Seiketsu, Shitsuke*) para solucionar una problemática planteada dentro de las empresas. En cada uno se menciona la problemática abordada, la metodología utilizada para su resolución, los resultados obtenidos y la utilidad de estos proyectos para el presente trabajo.

1. Hernández Crisóstomo et al. (2023), en su artículo: *Aplicación de la metodología 5S en un almacén para mejora en una industria azucarera*, detectaron una problemática relacionada con la incorrecta gestión de la recepción y el etiquetado de materiales, el desconocimiento de los sitios destinados a cada elemento, la falta de organización y limpieza, aunada a la incorrecta distribución del espacio y al exceso de materiales obsoletos. Estas deficiencias afectaban la eficacia y la productividad del almacén. Para la solución de la problemática se planteó la metodología de las 5S:
 - *Seiri* (Selección). Identificación y clasificación de los materiales indispensables para el proceso, eliminando o separando lo innecesario.
 - *Seiton* (Orden). Orden de todos los materiales y herramientas indispensables de manera que facilite su localización, uso y reposición.

- *Seiketsu* (Estandarizar). Establecimiento de estándares para mantener el orden y la limpieza logrados.
- *Shitsuke* (Autodisciplina). Se cultivó la disciplina como un valor primordial dentro de la empresa para perseguir la mejora continua a lo largo del tiempo.

Los resultados obtenidos tras la implementación de la metodología 5S fueron la disminución de los tiempos de búsqueda de materiales en casi un 50% y el aumento de la efectividad del almacén del 48% al 93%.

Este trabajo fue de utilidad para el autor, ya que mostró el enfoque que se le da a la metodología de las 5S en el área destinada a un almacén. Por lo tanto, el uso de este trabajo como referencia resulta valioso para una correcta aplicación en los almacenes de la planta objeto del estudio.

2. Guevara Agreda (2021), en su tesis: *Implementación de las 5S para mejorar la productividad en el almacén de la empresa Ingenieros Perú, callao 2021*; abordó la problemática de una baja productividad en el sector de la construcción, especialmente en el almacén, ya que se estimó que un 40% del trabajo realizado era no productivo, el cual generaba desperdicios y pérdidas económicas. Esta problemática se abordó mediante la aplicación de las 5S promoviendo la mejora continua del lugar de trabajo, utilizando la siguiente metodología:

- Estudio de tipo aplicado, con un nivel explicativo y enfoque cuantitativo
- Definición de las variables a medir: productividad, eficiencia y eficacia en el almacén.
- Definición de la población, la muestra y el tipo de muestreo.
- Aplicación de técnicas como la revisión de documentos y la observación.
- Utilización de instrumentos *checklist* y tablas de recolección de datos sobre 5s.
- Implementación paso a paso de las 5S.
- Análisis inferencial de datos para la evaluación de impacto.

La aplicación de las 5S, en el almacén de la empresa, permitió aumentar la productividad en un 28%, la eficiencia operativa mejoró 16.79% y la eficacia incrementó 10.30%. Estos resultados fueron validados mediante un análisis inferencial. Este trabajo fue de interés para el autor debido al enfoque puesto en las 5S y en las herramientas estadísticas utilizadas para validar la mejora de la productividad de un almacén, así como por la comprobación de la efectividad de la implementación de las 5S.

3. Chilón Aguilar et al. (2017), en su artículo: *Implementación de las 5S para incrementar la productividad de una planta embotelladora de agua*; identificaron, mediante un análisis situacional, una problemática centrada en una baja productividad y una alta desorganización. Esto se debía a que el 100% de los empleados no tenía conocimiento alguno sobre las 5S; además, no existía un plan sistemático para la gestión de la organización y la limpieza de la línea de producción. Como resultado, se observaron la acumulación de materiales, la alta rotación de personal y las condiciones laborales inadecuadas. Para la solución de esta problemática se planteó la siguiente metodología:
- Clasificación. Se seleccionaron los materiales en las áreas de trabajo, identificando lo necesario y eliminando lo innecesario.
 - Ordenar. Se organizó cada área de trabajo para que cada herramienta o material tuviera su lugar específico.
 - Limpiar. Se estableció un programa de limpieza que los trabajadores debían cumplir al inicio y al final de la jornada.
 - Estandarizar. Se desarrollan normas y procedimientos para mantener los estándares de limpieza y organización alcanzados en las primeras 3S.
 - Disciplina. Este último paso enfatizó la importancia de la autodisciplina y del cumplimiento de las normas establecidas.

Los resultados obtenidos de la aplicación de las 5S fueron los siguientes:

- Incremento de la productividad en un 29%, pasando de 103,41 litros de agua ozonizada por hora a 133,39.
- Se identificó que el 55% de los materiales eran necesarios y el 45% eran innecesarios.
- Se estandarizó el 60% de las áreas y se logró una adopción positiva de las nuevas prácticas mediante el cumplimiento de las normas establecidas.

Este artículo mostró la implementación de las 5S tal como se describe en la teoría, por lo que es una buena referencia para enfocar cada uno de los pasos y aumentar la productividad y la eficiencia de la planta embotelladora.

1.3.3 Aplicación de *Systematic Layout Planning* (SLP)

En este apartado se presentan cuatro trabajos que describen cómo se aplicó la metodología SLP (*Systematic Layout Planning*). En cada uno de ellos se mencionan, a modo de resumen, la

problemática planteada, la metodología y los resultados obtenidos. Además, se incluye un breve párrafo que explica por qué estos trabajos resultan útiles para el presente proyecto.

- Brem Vilas (Julio, 2021), en su tesis: *Diseño y dimensionamiento de una planta de elaboración de helados con una capacidad de producción de 30.000 L/Día en Alcobendas, Madrid*; identificó una problemática relacionada con diferentes desafíos, como la necesidad de cumplir con los requisitos del promotor, que abarcan localización y respecto a normativas ambientales, la fluctuación estacional, la planificación de la producción y la viabilidad financiera del proyecto. Estos factores eran cruciales para garantizar el éxito y la sostenibilidad de la planta, por lo que se consideró la siguiente metodología para la solución de la problemática:
 - Análisis de situación actual. Se realizó un diagnóstico inicial que evaluó el contexto del sector del helado en España, considerando datos de consumo, precios y canales de distribución.
 - Definición de condicionantes. Se establecieron los requisitos específicos impuestos por el promotor (Localización, cumplimiento normativo y prácticas ambientales)
 - Diseño del proceso productivo. Se detalló el proceso productivo necesario para alcanzar la capacidad de 30.000 litros diarios, incluyendo la selección de materias primas, la descripción de cada etapa del proceso y la planificación logística para manejar la fluctuación estacional de la demanda.
 - Estudio de viabilidad financiera. Se llevó a cabo un análisis financiero que incluyó proyecciones de costos, ingresos y márgenes de beneficio.
 - Planificación y distribución. Se diseñó la distribución de planta y se elaboraron los planos necesarios para la instalación, garantizando una operación eficiente.

Los resultados que se obtuvieron de este trabajo fueron los siguientes:

- Capacidad de producción. Se estableció una capacidad de producción diaria de 30.000 litros.
- Distribución de productos. De los 30.000 litros, se destinaron 19.976 a envases familiares y 10.024 a la producción de paletas en diferentes sabores.
- Diseño eficiente. Se desarrolló un diseño detallado para la distribución de la planta, con el fin de optimizar el flujo del proceso productivo.

Este proyecto fue de interés para el presente trabajo debido a que detalló los pasos para la implementación de una nueva planta de helados, con énfasis en su capacidad de

producción y distribución, a fin de asegurar un flujo de trabajo eficiente y una capacidad de respuesta a la demanda pronosticada.

- Bartmus et al. (2019), en su proyecto: *Elaboración y comercialización de helado artesanal*; abordaron la problemática relacionada con la factibilidad de establecer una nueva heladería que fuera rentable y lograra capturar una porción del mercado, actualmente dominado por otras empresas del sector. Esto desencadenó un análisis riguroso de los puntos clave, como la competencia del mercado, la percepción del producto artesanal, los costos de producción y la diversificación del producto. Para la solución de la problemática planteada se presentó la siguiente metodología:
 - Investigación de mercado. Se realizó un estudio exhaustivo del mercado local, identificando competidores, consumidores y proveedores.
 - Definición del producto. Se trabajó en la creación de recetas innovadoras y se realizaron pruebas de sabor con grupos focales para satisfacer las expectativas del consumidor.
 - Planificación organizacional. Se definieron los roles y responsabilidades de la empresa en el organigrama y se capacitó al personal en técnicas de producción artesanal.
 - Estrategias de *marketing*. Se desarrolló una estrategia de *branding* que enfatizó la calidad artesanal y la frescura de los ingredientes, y exploró los canales de distribución.
 - Análisis financiero. Se elaboraron las proyecciones financieras que incluyeron los costos de producción, el precio de venta y el análisis de rentabilidad.
 - Implementación de control. Se establecieron procedimientos claros para la producción diaria, asegurando mantener los estándares de calidad y se implementaron métricas para evaluar el desempeño del negocio

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Diversificación de productos. Se decidió ofrecer postres y café para diversificar las oportunidades de venta.
- Sostenibilidad operativa. La metodología implementada permitió que la producción y la operación contaran con procedimientos claros para asegurar la calidad del producto y la eficiencia del servicio.

El trabajo presentado fue de interés porque abordó la implementación de una nueva empresa dedicada a la fabricación de helado artesanal, lo que brindó un punto de vista

sobre los aspectos más importantes a considerar al llevar a cabo un proyecto de instalación de una planta en el sector artesanal de una comunidad.

- Palomino Aguirre (2019), en su tesis: *Distribución de planta para mejorar la productividad en la empresa metalmecánica Fissa Import S.A., Lima-2019*; detectó un déficit en la distribución en el área de producción en la planta *Fissa Import S.A.*, el cual afectó el flujo de trabajo y la productividad en planta. Se observó que la disposición ineficiente de los espacios en el área de producción generaba tiempos de proceso prolongados, lo que afectaba la efectividad y la eficiencia operativas. Para solucionar la problemática planteada se aplicó la siguiente metodología:
 - Identificación y análisis mediante los diagramas de Ishikawa y de Pareto.
 - Se utilizó la metodología SLP para el rediseño de la distribución del área productiva.
 - Se presentaron propuestas de reestructuración basadas en análisis detallados de los nuevos flujos de trabajo y de las necesidades operativas.
 - Análisis de datos. Se recolectaron datos sobre los tiempos y las distancias recorridas antes y después de la implementación de las mejoras.
 - Evaluación de los resultados. Se realizaron análisis estadísticos para comparar la productividad, la eficiencia y la eficacia antes y después de la implementación de mejoras.

Los resultados de este trabajo incluyeron un aumento de 50% en la productividad, un incremento del 15% en la eficiencia, una reducción de 1,5 horas en los tiempos de producción (equivalente a un 37,5%) y una disminución de 120 metros en las distancias recorridas (equivalente a un 40%). Estos resultados reflejaron mejoras significativas en la productividad y la eficiencia, lo que demuestra el impacto positivo de la nueva distribución de la planta en Fissa Import S.A.

Este trabajo fue útil porque mostró un enfoque práctico y analítico en la implementación de la metodología SLP y en el análisis estadístico, y constituye un buen punto de referencia para aplicaciones híbridas de estas herramientas.

- Paredes Rodríguez et al. (2016), en su artículo: *Rediseño de una planta de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT Y QAP*; identificaron como problemática que la planta fue diseñada para un solo producto (queso); sin embargo, conforme creció su portafolio de productos, la demanda incrementó, generando la necesidad de almacenar materia prima y dar respuesta a las fluctuaciones aleatorias de

la demanda. Para la resolución de la problemática se planteó la metodología SLP desglosada a continuación:

- Localización de las áreas con las que cuenta la planta de producción.
- Elaboración de la matriz de relaciones y ponderaciones.
- Creación de diagrama de relaciones.
- Construcción inicial de la planta.
- Implementación de CRAFT y QAP.
- Construcción de nueva distribución.
- Cálculo del indicador de aprovechamiento del recurso espacial.
- Análisis costo-beneficio.

Con este proyecto se apreció la gran importancia de una óptima distribución de las áreas en la organización, ya que mejoró la productividad y el porcentaje de aprovechamiento del recurso de espacio se incrementó del 92,43 % al 95,48 %.

Este proyecto fue de interés para el autor debido a que mostró que el enfoque de la metodología SLP, mediante una redistribución de planta, aumentó los productos manejados por la empresa y la demanda de los clientes, lo que obligó a la empresa a buscar una distribución flexible para un funcionamiento óptimo.

1.4 Generalidades de la empresa en estudio

En esta sección se presentará una visión general de la empresa Helados del Centro, abordando aspectos clave como su origen, ubicación, diagrama de procesos y estructura organizacional, con el objetivo de proporcionar una comprensión tanto del contexto histórico como del estado actual de la empresa.

1.4.1 Antecedentes

La empresa en estudio es una empresa familiar fundada en 1990 por la C. Martha M., en la ciudad de Río Blanco, Veracruz. Durante más de 30 años se ha dedicado a la elaboración de paletas artesanales tradicionales de la región, reconocidas por su forma, sabor y textura distintivos, lo que ha consolidado la marca como Helados del Centro.

La empresa en estudio inició la elaboración de paletas congeladas, que se destacaban por su alto contenido de fruta natural de la mejor calidad. Gracias a esto, ganó gran popularidad en la

región. Los consumidores de la región y de las ciudades circundantes destacaban las cualidades de las paletas con el adjetivo "deliciosas".

Actualmente, la empresa en estudio continúa con la tradición de producir “cubitos” en gran volumen, siempre cuidando los principios de calidad y tradición que la caracterizan. Sus productos incluyen ingredientes como leche y yogurt natural, elaborados internamente, y logran su sabor único gracias a la alta concentración de pulpa de fruta natural, lo que los diferencia de otros en el mercado.

Uno de los puntos importantes que distinguen a la empresa en estudio es no utilizar bases comerciales de grasa vegetal ni saborizantes artificiales ni aditivos, que usualmente se emplean en la industria de helados y paletas congeladas. El proceso tradicional y el uso de materias primas de calidad permiten ofrecer un producto competitivo y apto para cualquier público.

1.4.2 Misión

La empresa en estudio, al igual que cualquier empresa profesional, cuenta con la siguiente misión, la cual sienta las bases de su filosofía de trabajo:

“Potenciar la calidad y comercialización del producto, mediante la diversificación, imagen y expansión, utilizando recursos publicitarios, reduciendo costos, mejorando los precios, desarrollando los recursos humanos e implementando la automatización en los procesos de elaboración, innovación y distribución de nuestros productos, comprometidos con nuestro entorno” (Empresa en estudio, 2025).

1.4.3 Visión

La visión de una empresa es una representación del futuro deseado; define su aspiración a largo plazo y proporciona una dirección clara que guía sus esfuerzos y decisiones. En este caso, la visión de la empresa en estudio se expresa como:

*“Deleitar a los consumidores ofreciendo los mejores helados y paletas”
(Empresa en estudio, 2025)*

1.4.4 Valores

Los valores de una empresa son los principios fundamentales que guiarán el comportamiento y las decisiones de todos los colaboradores de la organización, desde el eslabón más pequeño hasta el más grande. En estos valores se reflejan la cultura y la identidad de la empresa, y sirven como marco de referencia para las acciones y estrategias a seguir. La empresa en estudio cuenta con los siguientes valores (Empresa en estudio, 2025):

- ***“Honestidad.*** *Conducirse con honradez y la verdad.*
- ***Compromiso.*** *Realizar y obtener los mejores resultados en las actividades de la empresa.*
- ***Puntualidad.*** *Cumplir en tiempo y forma con los compromisos adquiridos.*
- ***Respeto.*** *Conducir con honradez y la verdad.*
- ***Responsabilidad.*** *Cumplir las actividades con rapidez y calidad.*
- ***Lealtad.*** *Sentir como propia la empresa”.*

1.4.5 Política de Calidad

La calidad es un pilar fundamental en la industria de los helados, donde la seguridad alimentaria, el sabor único y los insumos utilizados en la elaboración del producto juegan un papel clave en la satisfacción del cliente. Una política de calidad bien estructurada permite garantizar que todos los productos y procesos cumplan con los estándares más altos. La empresa en estudio entiende la importancia de este aspecto y, por ello, ha adoptado la siguiente política de calidad:

“Estamos comprometidos con la excelencia en la fabricación de paletas de hielo, helados en vaso y los diferentes insumos para restaurantes. Nuestra misión es ofrecer productos de la más alta calidad que satisfagan y superen las expectativas de nuestros clientes, garantizando la seguridad alimentaria y el cumplimiento de todas las normativas de regulación aplicables” (Empresa en estudio, 2025).

1.4.6 Distribución de planta actual de la empresa en estudio

La empresa en estudio cuenta con una distribución de planta conformada por dos niveles: planta alta y planta baja; que incluyen un total de 18 áreas destinadas a diversas funciones, las cuales contribuyen al funcionamiento global de la empresa.

La identificación de las áreas y sus delimitaciones servirá como punto de partida para el análisis del flujo de trabajo y la interacción entre todas las áreas; asimismo, ayudará a comprender cómo cada área contribuye al proceso productivo general y cómo se relacionan entre sí.

1.4.6.1 Áreas que integran la planta alta

La planta alta (Figura 1.1) está conformada por las siguientes seis áreas dedicadas a producción y áreas administrativas:

1. Cuarto de máquinas. En esta área se ubican los equipos y sistemas mecánicos y eléctricos esenciales para el funcionamiento de las instalaciones.
2. Taller de mantenimiento. El taller está equipado con herramientas, maquinaria y espacio de trabajo necesarios para realizar tareas de reparación y mantenimiento, tanto correctivas como preventivas.
3. Área de freído. En esta área se preparan insumos para otras áreas, como tostadas y papas fritas, que posteriormente se envían a diferentes restaurantes de los que la empresa en estudio es proveedora.
4. Departamento de contabilidad. Esta sección está destinada al trabajo administrativo y contable, en el que se realizan trámites ante las autoridades fiscales.
5. Almacén de insumos. En el almacén se guardan todos los insumos necesarios para realizar las diferentes actividades, como cucharas, platos, vasos, empaques y servilletas, entre otros.
6. Área de producción de helados. Esta área está destinada a la preparación y al empaquetado de helados de diferentes sabores, en distintas presentaciones: de 190 ml/7 oz y de un litro.

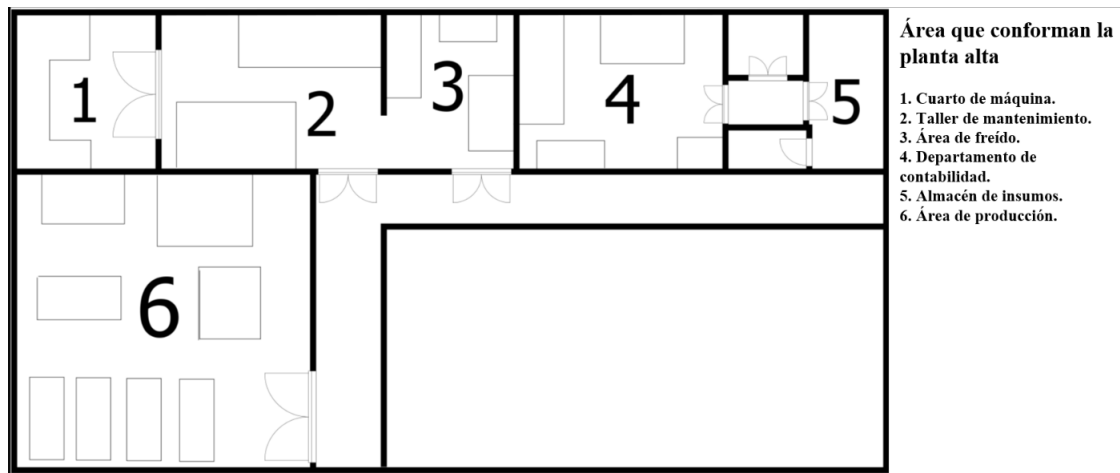


*Figura 1.1 Distribución de áreas planta alta
(Elaboración propia).*

1.4.6.2 Áreas que integran la planta baja

La planta baja (Figura 1.2) está conformada por las siguientes doce áreas dedicadas a producción y áreas administrativas:

1. Área administrativa. En esta sección se realizan todas las transacciones del área operativa (ventas, proveedores, suministro, producción).
2. Cocina. Área destinada a la preparación de alimentos para el personal.
3. Almacén de producción. Esta área funciona como un almacén de materiales e insumos para el área de producción de cubitos.
4. Área de producción. Esta área está destinada a la producción de los diferentes productos que ofrece la empresa: cubitos, helados, pozoles y diferentes productos destinados al consumo en restaurantes; ya que la empresa es proveedora de varios restaurantes de la región.
5. Paleteras. En esta área se encuentran las máquinas paleteras encargadas de la congelación en el proceso productivo de las paletas heladas.
6. Área de empaquetado. Esta área está destinada al empaquetado de paletas de hielo listas para su agregación al stock de venta.
7. Cámara de refrigeración 1. Esta área está designada para la preservación del producto terminado empaquetado y colocado en cajas.
8. Cámara de refrigeración 2. Esta área está designada para la preservación del producto terminado listo para la entrega.



Figura 1.2 Distribución de áreas de planta baja.
(Elaboración propia).

9. Cámara de refrigeración 3. En esta área se resguardan las materias primas para la producción de paletas de hielo, pulpas y otros insumos del proceso productivo.
10. Cámara de refrigeración 4. En esta área se reúnen y preservan todos los insumos propios de los restaurantes.
11. Área de camionetas. Esta área está destinada a funcionar como estacionamiento para las cuatro unidades destinadas a la repartición de los productos a los diferentes clientes.
12. Área de embarque. Esta área es para cargar los productos listos para la entrega y la recepción de los insumos que los proveedores traen.

1.4.7 Marco Geográfico

En el ámbito industrial, el posicionamiento geográfico de cualquier empresa desempeña un papel clave tanto en el éxito de sus operaciones como en su proyección. En este contexto, la empresa objeto de estudio se encuentra estratégicamente posicionada en la República de los Estados Unidos Mexicanos, específicamente en la zona de las Altas Montañas, en Río Blanco, Veracruz, centro, como se muestra en la Figura 1.3.



*Figura 1.3 Localización geográfica de la empresa en estudios
(ORFIS, 2013)*

1.4.8 Estructura Organizacional

En esta sección se da una descripción de las actividades que se realizan en los siguientes departamentos que integran la empresa en estudio:

- Dirección General. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Desarrollar y liderar estrategias a largo plazo que identifiquen oportunidades de crecimiento y mejora.
 - Gestionar los recursos humanos mediante el liderazgo y la motivación.
 - Tomar decisiones estratégicas mediante la evaluación de riesgos y beneficios.
 - Gestionar los recursos financieros y supervisar una salud financiera adecuada, asegurando el cumplimiento de los objetivos.
 - Supervisar, gestionar y planear las operaciones mediante programas de trabajo, asegurando el cumplimiento de los procesos conforme a las normas y políticas.
 - Relacionar públicamente la marca con el entorno comercial para ampliar su alcance.
 - Mantener una comunicación abierta y transparente con todos los niveles de la organización, para asegurar que todos los colaboradores tengan presentes los objetivos y desafíos de la empresa.
- Departamento de contabilidad. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:

- Contabilizar las operaciones financieras y mantener los libros contables actualizados.
- Preparar, elaborar y analizar los estados financieros.
- Controlar las cuentas por pagar y por cobrar.
- Calcular y procesar la nómina de los empleados (salarios, deducciones e impuestos).
- Controlar los inventarios mediante registros precisos.
- Cumplir con las obligaciones fiscales (declaraciones, facturación, devoluciones y requisiciones).
- Auditar internamente y revisar la situación fiscal.
- Departamento de compras. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Planificar estratégicamente compras y presupuesto.
 - Identificar y evaluar posibles proveedores que puedan ofrecer los productos deseados a tiempo y con la calidad necesaria.
 - Gestionar los proveedores mediante una comunicación efectiva y la resolución de dudas y conflictos.
 - Negociar los precios y condiciones para obtener los mejores precios y condiciones favorables.
 - Gestionar los pedidos y las entregas a los proveedores.
 - Realizar reportes y análisis de compras para obtener el mayor ahorro.
- Departamento de ventas. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Desarrollar estrategias de ventas a corto y largo plazo para cumplir las metas establecidas.
 - Analizar los datos de ventas y las tendencias del mercado.
 - Reclutar, capacitar y gestionar el equipo de ventas.
 - Supervisar el rendimiento del equipo y brindar retroalimentación constructiva que mejore el trabajo en equipo.
 - Preparar análisis y reportes de ventas programados.
 - Construir redes de comunicación sólidas con los clientes (contratos, acuerdos y quejas).
 - Trabajar de forma interdepartamental para alinear objetivos y estrategias.

- Departamento de Almacenes. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Realizar registros precisos de los niveles de inventario.
 - Realizar auditorías periódicas para corroborar que los registros sean verídicos.
 - Gestionar la recepción, el almacenamiento y la distribución de insumos y productos.
 - Gestionar el exceso y la escasez de *stock*.
 - Asegurar que las normativas y políticas de la empresa se apliquen.
 - Desarrollar e implementar procedimientos de mejora para una gestión eficiente de los inventarios.
- Departamento de producción área de postres. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Preparar recetas específicas de postres, galletas, tartas y otros productos de pastelería.
 - Controlar la calidad de los productos elaborados.
 - Seleccionar y manejar los ingredientes para evitar el desperdicio.
 - Planear la producción para cumplir en tiempo y forma.
 - Innovar y desarrollar nuevos productos, novedosos y atractivos para los clientes.
- Departamento de producción. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Supervisar la producción, desde la preparación de las mezclas hasta el empaquetado final.
 - Monitorear que el producto final cumpla con los estándares de calidad requeridos.
 - Coordinar con cada colaborador del equipo de producción, asignar tareas y verificar su cumplimiento.
 - Realizar planificación de mantenimiento preventivo.
 - Realizar las requisiciones de materias primas e insumos para la producción del turno.
- Flotilla de ventas. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Interactuar directamente con los clientes de manera amable y profesional.
 - Proporcionar el catálogo de productos, las promociones y las transacciones.
 - Atender las dudas y quejas de los clientes.

- Realizar inventarios periódicos, así como la requisición de productos.
- Revisar las unidades proporcionadas por la empresa.
- Manejar efectivo, y realizar cuentas diarias.
- Cuadrilla auxiliar de producción. Este departamento está relacionado con las siguientes actividades:
 - Asistir en las principales operaciones y en las operaciones auxiliares del proceso productivo.
 - Operar la maquinaria y los equipos necesarios para la producción.
 - Inspeccionar y controlar el proceso de producción.
 - Mantener en correcto funcionamiento la maquinaria, los equipos y los utensilios.
 - Manejar materiales en el flujo de trabajo.
 - Cumplir con las normas de seguridad e higiene en el área de producción.

La Figura 1.4 presenta el organigrama de la empresa en estudio, que refleja la distribución de responsabilidades y funciones para garantizar una gestión eficiente y alineada con los objetivos de calidad y crecimiento.

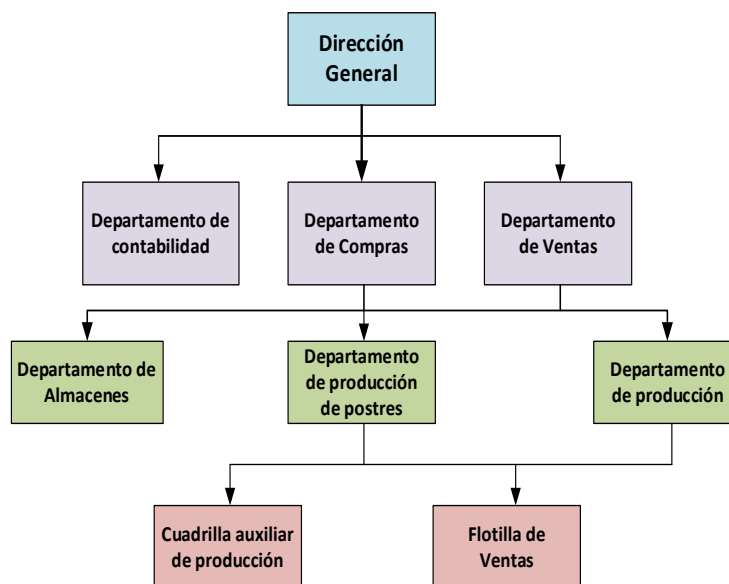


*Figura 1.4 Organigrama de la empresa en estudio.
(Elaboración propia).*

1.4.9 Diagrama de proceso de la empresa en estudio

La empresa en estudio se dedica a la fabricación de paletas de hielo. Este producto representa la principal fuente de ingresos de la empresa. En la

Figura 1.5 se representa gráficamente el proceso productivo de la empresa, desde la primera etapa, que inicia con la solicitud de los clientes, hasta el último paso, que concluye con la entrega del producto final por parte de los vendedores.

1.5 Objetivos

Los objetivos de un proyecto son fundamentales para guiar el desarrollo y la evaluación, ya que permiten establecer una dirección clara y específica para alcanzar los resultados esperados. Por esta razón, en esta sección se presenta el objetivo general y los objetivos específicos que guiarán el rumbo del presente proyecto.

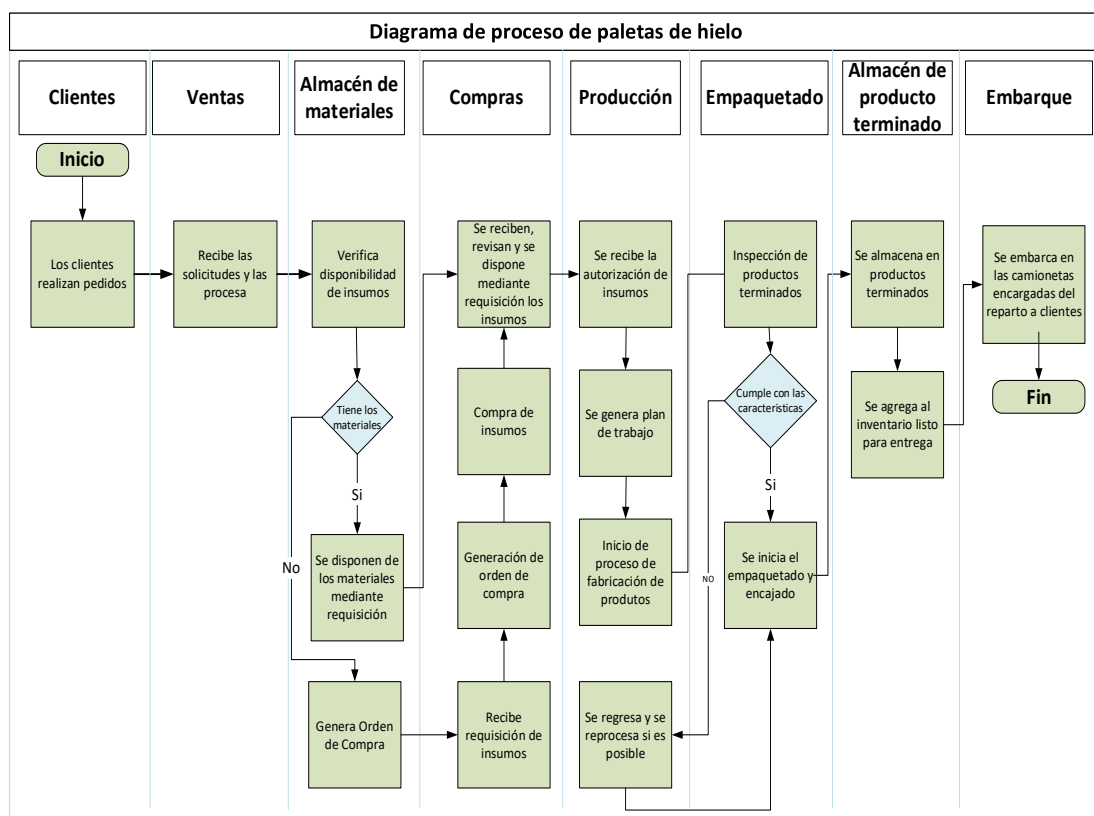


Figura 1.5 Diagrama de proceso de paletas de hielo de la empresa en estudio: en la parte superior, los departamentos. En la parte inferior, el proceso de producción. (Elaboración propia).

1.5.1 Objetivo General

En esta sección se presenta, de manera clara y precisa, el objetivo general del proyecto, que es fundamental para guiar las acciones y estrategias que se implementarán en la empresa en estudio.

“Mejorar el proceso de producción y distribución de la planta de Helados del Centro mediante herramientas de ingeniería industrial”.

1.5.2 Objetivos específicos

Una vez que se formuló el objetivo general del proyecto, se redactaron los siguientes objetivos específicos para cumplir con el objetivo general:

- Comprender los métodos de trabajo y los procesos de la planta.
- Identificar y analizar ineficiencias en los procesos productivos y en los flujos de trabajo.
- Identificar áreas de oportunidad y seleccionar un área piloto.
- Identificar los procesos y flujos de trabajo en el área piloto seleccionada.
- Identificar indicadores para evaluar el área piloto.
- Evaluar el impacto de las mejoras en los indicadores establecidos.
- Definir el plan de control y seguimiento para lograr la mejora continua.

1.6 Justificación

La implementación de un proyecto de mejora en el área de producción de helados y congelados de la empresa en estudio es necesaria para optimizar los procesos productivos, contar con un ambiente laboral más seguro y eficiente y generar un impacto económico en la región.

Problemas como el volumen de producción sin planeación, la demanda repentina, la mala distribución de las áreas de trabajo y de almacenamiento, aunados al desorden general del área, afectan la productividad, la eficiencia y la seguridad de los colaboradores. La aplicación de la filosofía *Lean Manufacturing* permitirá eliminar las actividades que no aportan valor al producto terminado. Por otro lado, la metodología *Systematic Layout Planning* contribuirá a diseñar espacios de trabajo mejor distribuidos, orientados a optimizar la eficiencia y el flujo de trabajo en el área de producción.

Estas mejoras no sólo incrementarán la capacidad competitiva de la empresa en el mercado, sino que también aumentarán su rentabilidad, convirtiéndola en una fuente de empleo para los residentes locales y favoreciendo una economía estable en la región. Un ambiente laboral organizado y limpio fomentará una cultura organizacional orientada al cumplimiento de las metas empresariales en los ámbitos económico, social y ambiental. La integración de estos factores impactará al área específica del proyecto, y generará beneficios globales dentro de la empresa, posicionándola como un actor clave en el sector socioeconómico.

La razón académica del estudiante, en el desarrollo del presente proyecto, se basa en la necesidad de aplicar teorías y metodologías aprendidas durante su estancia en la Maestría de Ingeniería Industrial para la solución de problemáticas reales detectadas en el ámbito laboral. La selección de las técnicas a implementar de *Lean Manufacturing* y SLP se fundamentó en el estado del campo presentado, porque se demostró su efectividad para optimizar procesos, reducir desperdicios, incrementar la eficiencia y mejorar la calidad del producto final.

1.7 Conclusión

Con la culminación de este primer capítulo, se han cumplido satisfactoriamente los objetivos de contextualización y de fundamentación de la investigación. Se logró establecer una base sólida que justifica la intervención técnica en la organización, alineando las necesidades operativas detectadas con las tendencias del sector económico.

Derivado del diagnóstico técnico realizado en la planta y el análisis del contexto operativo, se presentan a continuación los hallazgos fundamentales que sustentan la necesidad de la intervención técnica:

- El análisis del mercado de helados en México proyecta un crecimiento sostenido (tasa anual del 5.3% hacia 2034), lo que exige a la organización alcanzar niveles superiores de eficiencia operativa para mantener su competitividad regional.
- Se identificaron áreas de oportunidad críticas en la planta, principalmente relacionadas con flujos de materiales deficientes, la falta de estandarización de los procesos de producción y un aprovechamiento subóptimo de las áreas de trabajo.

- La revisión bibliográfica confirmó que el *Systematic Layout Planning* (SLP) y la filosofía *Lean Manufacturing* (específicamente 5S y Poka-Yoke) constituyen el soporte técnico idóneo para resolver la problemática de baja productividad detectada.
- Se formalizaron la hipótesis y los objetivos, orientando el proyecto a la reducción de desperdicios y a la optimización del diseño de las instalaciones para mejorar el rendimiento global de la planta.

Los resultados obtenidos en este capítulo han permitido delimitar con claridad el problema y las herramientas de ingeniería necesarias para su resolución. Una vez establecida la justificación y el contexto de la planta, es imperativo profundizar en el sustento científico que respaldará la propuesta de mejora. Por tal motivo, los hallazgos aquí presentados sirven como enlace directo al Capítulo 2, donde se desarrollará el marco teórico que permitirá aplicar las técnicas de ingeniería orientadas a la mejora de la planta de helados.

Capítulo 2

Marco teórico

En el presente capítulo se adentrará en los pilares teóricos que sientan las bases del proyecto. Se delineará un marco conceptual centrado en las herramientas de ingeniería industrial clave para el desarrollo del proyecto en la empresa en estudio. Estas herramientas fueron seleccionadas con el fin de cumplir el objetivo general planteado: optimizar el proceso de producción y distribución en Helados del Centro. Al explorar estos fundamentos, se busca ofrecer una base sólida para comprender la relevancia y la aplicación de las metodologías propuestas.

2.1 Técnicas de diagnóstico

Las técnicas de diagnóstico son esenciales para cualquier proyecto de mejora continua, ya que permiten identificar y analizar las causas raíz de los problemas en un sistema. Al recolectar datos y revelar patrones, estas herramientas aseguran que las soluciones se basen en una comprensión profunda del contexto actual de la organización. En esta sección se describirán las dos técnicas de diagnóstico empleadas en el presente proyecto:

1. Análisis FODA.
2. Método de evaluación de factores por puntos

2.1.1 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas también conocido como DAFO o SWOT por las siglas en inglés de *Strengths, Weaknesses, Opportunities y Threats*) es una herramienta estratégica utilizada para evaluar el desempeño de una organización en el mercado y, con base en ello, desarrollar ideas de mejora. Según Ponce Talancón (2007), esta metodología se utiliza ampliamente para la toma de decisiones y la formulación de estrategias en las organizaciones.

Para la aplicación de un análisis FODA, Ponce Talancón (2007) sugiere la siguiente estructura metodológica:

1. **Identificación de fortalezas y debilidades internas.** Las fortalezas se refieren a las capacidades o recursos que confieren una ventaja competitiva, como un equipo altamente capacitado o un sólido reconocimiento de marca. Por otro lado, las debilidades son aquellas áreas que requieren atención, tales como procesos ineficientes, falta de recursos o una cultura organizacional débil. Las fortalezas y debilidades son aspectos internos de la organización.
2. **Evaluación de oportunidades y amenazas externas.** Las oportunidades son condiciones favorables en el entorno que la organización puede aprovechar para crecer o mejorar, como cambios en la demanda del mercado o innovaciones tecnológicas. Las amenazas, por su parte, son factores fuera del control de la organización que podrían perjudicar su competitividad, tales como la entrada de nuevos competidores o las fluctuaciones de la economía. Las oportunidades y las amenazas son factores externos a la organización.
3. **Desarrollo de estrategias.** A partir de los datos obtenidos sobre fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, se diseñan estrategias específicas. Las estrategias se agrupan en cuatro tipos:
 - 1) **FO (fortalezas-oportunidades).** Aprovechar las fortalezas internas para aprovechar las oportunidades externas.
 - 2) **DO (debilidades-oportunidades).** Superar las debilidades internas aprovechando las oportunidades externas.
 - 3) **FA (fortalezas-amenazas).** Usar las fortalezas para mitigar los efectos negativos de las amenazas externas.
 - 4) **DA (debilidades y amenazas).** Buscar estrategias defensivas para superar tanto las debilidades internas como las amenazas externas.
4. **Implementación y seguimiento.** Para proporcionar una evaluación más detallada de los factores que influyen en la organización y asegurar que las estrategias formuladas sean efectivas y viables, el análisis FODA debe complementarse con matrices adicionales, como la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI) y la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE). Ambas se muestran en la Tabla 2.1 y la Tabla 2.2, respectivamente.

El análisis FODA permite a las organizaciones comprender su situación actual y proporciona una guía clara para la formulación de estrategias que conduzcan a un mejor rendimiento y competitividad en los mercados.

*Tabla 2.1 Ejemplo de matriz MEFI.
(Ponce Talancón, 2007).*

Factor para analizar	Peso	Calificación	Peso ponderado
Fortalezas			
1. Adquisición de maquinaria moderna	0.06	4	0.24
2. El margen de utilidad subió a 6.94%	0.16	4	0.64
2. La moral del personal es alta	0.18	4	0.72
4. Hay un sistema nuevo de informática	0.08	3	0.24
5. La participación en el mercado se incrementó en 24%	0.12	3	0.36
Debilidades			
1. Demandas legales sin resolver	0.05	2	0.1
2. La capacidad de la planta ha disminuido en 74%	0.15	2	0.3
3. Falta un sistema para la administración estratégica	0.06	1	0.06
4. El gasto para investigación incremento 31%	0.08	1	0.08
5. Los incentivos para distribuidores no es eficaz	0.06	1	0.06
Total	1.00		2.80

*Tabla 2.2 Ejemplo de matriz MEFE.
(Ponce Talancón, 2007).*

Factor para analizar	Peso	Calificación	Peso ponderado
Oportunidades			
1. El tratado de libre comercio entre Estados Unidos, Cada y México fomenta el crecimiento	0.08	3	0.24
2. Los valores del capital son saludables	0.06	2	0.12
3. El ingreso disponible está creciendo en un promedio de 3% al año	0.11	1	0.11
4. Los consumidores están más dispuestos a pagar empaques	0.09	4	0.36
5. El software nuevo puede aumentar el ciclo de vida de producto	0.09	4	0.36
Amenazas			
1. Los mercados japoneses están cerrados para muchos productos norteamericanos	0.10	2	0.20
2. El dólar ha ido perdiendo terreno frente al euro	0.12	4	0.48
3. La republica de Rusia no es políticamente estable	0.07	3	0.21
4. El apoyo federal y estatal para las empresas está disminuyendo.	0.13	2	0.26
5. Las tasas de desempleo en el mundo ha ido aumentando	0.1	1	0.10
Total	1.00		2.44

2.1.2 Método de evaluación de factores por puntos

Baca Urbina (2013) presenta el método de evaluación de factores por puntos como una herramienta muy útil para tomar decisiones complejas, especialmente aquellas que implican comparar diversas alternativas basadas en varios factores. A través de este método, se pueden asignar puntuaciones a distintos criterios clave de un proyecto o una estrategia, lo que facilita una evaluación estructurada y clara de las opciones disponibles.

El método de evaluación de factores por puntos es un sistema de puntuación que permite clasificar diferentes alternativas. Cada alternativa se evalúa según una serie de criterios predefinidos, importantes para la toma de decisiones. Una de las ventajas más sobresalientes del método es que permite ponderar la importancia de cada criterio, lo que hace que el análisis se ajuste mejor a las necesidades específicas de la organización o del proyecto. La estructura de la metodología que brinda Baca Urbina (2013) para llevar a cabo un método de evaluación de factores por puntos es la siguiente:

1. **Definir los criterios.** El primer paso es identificar qué criterios son importantes para la toma de decisiones (Tabla 2.3). Esto podría incluir criterios como el costo, la rentabilidad, el impacto social o la viabilidad técnica de un proyecto. Estos criterios deben seleccionarse cuidadosamente para que estén alineados con los objetivos del proyecto o de la organización.

*Tabla 2.3 Ejemplo de definición de criterios
(Elaboración propia)*

No.	Familia (Criterio prioritario)	Idea generada
1	Mejorar la distribución del flujo de trabajo	· Análisis de flujo de trabajo · Automatización de tareas repetitivas · Optimización de la logística de distribución
2	Reducir los retrabajos y desperdicios	· Optimización de la planificación de la producción · Estandarización de los procesos de producción · Control de calidad
3	Reducir el desorden en las áreas operativas	· Mejor organización del espacio físico · Revisión del Layout actual de la planta · Zonificación de los almacenes
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda	· Adaptabilidad a la demanda · Expansión del mercado · Aumento de la producción en la región
5	Mejorar la eficiencia en la producción	· Mantenimiento preventivo · Implementación de las metodologías Lean · Monitoreo continuo del rendimiento
6	Mejorar la organización de los recursos materiales	· Gestión correcta de los almacenes · Reducción de inventario innecesario · Monitoreo de los factores de rendimiento
7	Reducir las paradas no programadas	· Mantenimiento preventivo · Refuerzo de habilidades mediante aplicación metodologías · Equipo de seguridad adecuado

2. **Asignar pesos.** Una vez que se tienen los criterios, el siguiente paso es asignarles pesos que reflejen su importancia relativa (Tabla 2.4). Si el costo es más importante que la rentabilidad, tendrá un mayor peso. Baca Urbina (2013) destaca que este paso es clave, ya que determinará en gran medida el resultado final del análisis.
3. **Evaluar las alternativas.** En esta etapa, cada alternativa o proyecto se evalúa según los criterios previamente definidos. Por ejemplo, se podrían evaluar diferentes alternativas de inversión, asignando una puntuación de 1 a 10 a cada una según su ajuste a cada criterio. Es importante ser consistente y claro al asignar estas puntuaciones para asegurar que el análisis sea objetivo.
4. **Calcular las puntuaciones totales.** Después de asignar las puntuaciones a cada alternativa de cada criterio, se multiplica cada puntuación por el peso correspondiente a ese criterio. La suma de estos valores ponderados dará la puntuación total de cada alternativa (Tabla 2.5).

Tabla 2.4 Ejemplo de asignación de pesos
(Elaboración propia)

No.	Criterios Prioritarios	Pesos
1	Mejorar la distancia del flujo de trabajo.	100
2	Reducir los retrabajos y desperdicios.	100
3	Reducir el desorden en las áreas operativas	90
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.	90
5	Mejorar la eficiencia de la producción.	95
6	Mejorar la organización de los recursos materiales.	95
7	Reducir las paradas no programadas.	85

Tabla 2.5 Ejemplo de aplicación del método de evaluación de factores por puntos
(Elaboración propia)

Metodo de evaluación de criterios por puntos, selección de área piloto														
Calificación de criterios					Empresa:		Proyecto:		Acotaciones echas por:			Fecha:		
Escala de vocales	Letra	Significado		Valor	Helados del Centro	Selección de Área piloto	Victor J. Sánchez Ramírez	17/01/2025						
	A	Excelente	Perfecto	4										
	E	Muy bueno	Considerablemente bueno	3										
	I	Bueno	Resultado positivo	2										
	O	Mediano	Porcentaje de mejora bajo	1										
	U	Mediocre	Mejora nula	0										
	X	Imposible	No aplica o no cumple	-										
Acotacion bruta o ponderada.														
Áreas de selección														
				Produccion		Produccion de Helados		Almacenes		Área de camionetas		Taller de herramientas		
Nº	criterios prioritarios			Pesos	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor
1	Mejorar la distancia del flujo de trabajo.			100	A	400	E	300	E	300	I	200	I	200
2	Reducir los retrabajos y desperdicios.			100	A	400	A	400	I	200	X	200	I	200
3	Reducir el desorden en las areas operativas			90	E	270	E	270	A	360	E	270	E	270
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.			90	A	360	A	360	E	270	O	90	A	360
5	Mejorar la eficiencia de la producción.			95	A	380	A	380	E	285	I	190	O	285
6	Mejorar la organización de los recursos materiales.			95	A	380	E	285	A	380	E	285	E	285
7	Reducir las paradas no programadas.			85	E	255	E	255	I	170	A	340	E	255
Puntajes totales de cada área						2445		2250		1965		1375		1855
Área de piloto seleccionada														
Producción														

5. **Seleccionar la mejor alternativa.** Finalmente, se deben comparar las puntuaciones totales de las alternativas y seleccionar la que tenga el puntaje más alto (Tabla 2.5), ya que esa es la que mejor se ajustará a los objetivos del proyecto. Según Baca Urbina (2013), este proceso facilita la toma de decisiones, ya que todo se basa en una estructura clara y cuantificada.

El método de evaluación de factores por puntos es una herramienta eficaz para la toma de decisiones, ya que proporciona un enfoque estructurado y objetivo. Ofrece varias ventajas, como la objetividad y la flexibilidad, al convertir criterios y alternativas en valores numéricos comparables, lo que facilita la toma de decisiones. Sin embargo, también tiene sus limitaciones, como la posible subjetividad en la asignación de pesos y la dificultad para incluir factores intangibles, como la cultura organizacional, que pueden ser igual de importantes pero difíciles de medir.

2.2 Técnicas de generación de ideas y priorización

Las técnicas de generación de ideas y priorización son esenciales para fomentar la creatividad y estructurar la toma de decisiones en las organizaciones. Estas metodologías permiten organizar las ideas generadas y evaluarlas para seleccionar las opciones más relevantes, alineadas con los objetivos estratégicos. En esta sección se explorarán dos herramientas que facilitan estos procesos y aseguran decisiones más efectivas e innovadoras:

1. Lluvia de ideas.
2. Diagrama de afinidad.

2.2.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas es una técnica grupal que fomenta la generación creativa de propuestas, soluciones o alternativas ante un problema específico. Su fundamento teórico se basa en la premisa de que la interacción colectiva de un equipo de trabajo, que se maneje con libre expresión de ideas, puede potenciar la creatividad y la innovación.

En el ámbito de la investigación y el desarrollo de proyectos, la lluvia de ideas permite reunir diversas perspectivas que enriquecen el análisis y la toma de decisiones.

2.2.1.1 Procedimiento para aplicar la lluvia de ideas

Summers (2006) menciona de manera general los siguientes pasos para realizar una lluvia de ideas:

- Juntar un grupo de personas (equipo de trabajo).
- Generar individualmente una lista de problemas, oportunidades o ideas.
- Participar activamente en la sesión, aportando opiniones y señalando discrepancias.
- Elegir un moderador que establezca las pautas de la sesión y asegure la participación plena.
- Tomar las ideas generadas, ordenarlas y clasificarlas por categoría, importancia, prioridad, beneficio, costo, impacto, tiempo u otras condiciones.

Por otra parte, Gutiérrez Pulido y De la Vara Salazar (2013) mencionan que para la correcta aplicación de la técnica lluvia de ideas se deben seguir, de manera disciplinada y estructurada, los siguientes pasos:

1. Definir de manera clara y precisa el tema o la problemática que se quiere resolver y sobre la cual se aportarán las ideas, para que el enfoque del resto de la sesión sea únicamente el tema.
2. Nombrar a un moderador para la sesión, quien sea el encargado de la coordinación y la participación de cada integrante del equipo de trabajo; además, deberá cuidar que cada participación sea ordenada y respetuosa.
3. Realizar, de forma individual y por escrito, una lista de ideas sobre el tema (con posibles causas si se analiza una problemática). La razón por la cual la lista deberá ser por escrito es que así se asegura la participación de todos los integrantes y se logra el enfoque requerido en la sesión; incluso, la lista podría prepararse antes de la sesión, una vez definido el tema.
4. Colocar a los participantes en forma circular y turnarse para leer cada idea de la lista escrita por los participantes. A medida que se leen las ideas, éstas se presentarán de manera visual para un mejor entendimiento por parte del equipo de trabajo. El proceso debe seguirse hasta que todas las ideas sean leídas, sin considerar ninguna idea absurda o imposible, fomentando el pensamiento individual de cada participante.

5. Preguntar a cada persona, por turnos, si hay puntos adicionales; esto continuará hasta agotar las ideas. Ahora se cuenta con una lista básica de ideas sobre el tema. Si el propósito fue únicamente generar ideas, aquí termina la sesión; de lo contrario, se profundizará en las ideas principales.
6. Agrupar las ideas por similitudes y representarlas en un diagrama de *Ishikawa*, considerando que cada grupo corresponde a una rama principal del diagrama.
7. Analizar el diagrama para determinar si se ha omitido alguna idea o causa importante; para ello se pregunta si hay alguna causa adicional en cada rama principal y, de haberla, se agrega.
8. Iniciar una discusión abierta y respetuosa, centrada en las causas principales, para descartar o seleccionar opciones. Las causas que más atención reciben en la discusión se señalan en el diagrama.
9. Elegir las causas o ideas más importantes de entre las que el grupo de trabajo ha destacado, utilizando alguno de los siguientes métodos:
 - a. Datos.
 - b. Consenso.
 - c. Votación. Se recomienda este método cuando no se puede recurrir a datos y en la sesión participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando existen opiniones discrepantes.

2.2.1.2 Ventajas de la lluvia de ideas

Las ventajas que ofrece la lluvia de ideas, en la búsqueda de solucionar una problemática, son las siguientes (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013):

- **Fomento de la creatividad.** La lluvia de ideas permite generar una amplia variedad de soluciones sin restricciones y estimula la creatividad de los participantes al eliminar juicios prematuros y fomentar un ambiente propicio a la exploración de ideas.
- **Inclusión y participación.** Todos los miembros del equipo de trabajo tienen la oportunidad de aportar sus ideas, lo que favorece un enfoque inclusivo y democrático.
- **Enfoque colaborativo.** La dinámica grupal de la lluvia de ideas promueve la cooperación y el trabajo en equipo, lo que facilita la discusión y la resolución conjunta de problemas.
- **Organización y estructura de ideas.** Al agrupar las ideas según su similitud y representarlas visualmente mediante el diagrama de Ishikawa, se facilita la

comprensión y el análisis de las causas o de las soluciones propuestas. Esta visualización también permite identificar patrones, relaciones y áreas clave que necesitan atención

- **Mejora de la toma de decisiones.** La lluvia de ideas genera ideas y ayuda a priorizarlas. Mediante la votación, el consenso o el análisis de datos, el grupo puede identificar las ideas más relevantes y viables, lo que facilita la toma de decisiones informadas y basadas en la colaboración grupal.
- **Facilita la resolución de problemas complejos.** Este método es particularmente útil para abordar problemas complejos o situaciones ambiguas, ya que permite analizarlos desde diferentes ángulos y encontrar múltiples soluciones que quizás no se habrían considerado de otro modo.

2.2.1.3 Desventajas de la lluvia de ideas

La eficacia de la lluvia de ideas, como técnica de resolución de problemáticas o búsqueda de opciones, puede presentar las siguientes desventajas (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2013):

- **Juicio anticipado.** Los juicios anticipados limitan la creatividad al inhibir la libre expresión de ideas, pues generan un ambiente de autocensura y detienen el flujo de pensamiento innovador en la etapa inicial del proceso creativo.
- **Interferencia en el proceso de pensamiento.** Intentar realizar simultáneamente la generación y la selección de ideas interfiere en ambos procesos, ya que dificulta la concentración en la etapa inicial de la lluvia de ideas y obstaculiza la generación de ideas de forma fluida.
- **Riesgo de dominación de opiniones.** Aunque la técnica de lluvia de ideas busca fomentar la participación libre e igualitaria, existe el riesgo de que las opiniones dominantes o las jerarquías influyan en la selección final de ideas.
- **Caer en el vicio de la inacción (falta de soluciones concretas).** Un riesgo común de la técnica de lluvia de ideas es caer en el vicio de debatir problemas sin llegar a soluciones concretas, lo que limita su efectividad. Es crucial que las sesiones se centren en definir acciones claras que se conviertan en soluciones tangibles.

2.2.2 Diagrama de afinidad

El diagrama de afinidad es una herramienta clave en el análisis y la organización de información compleja, que permite visualizar y agrupar ideas, conceptos o datos según sus relaciones naturales. Esta técnica, ampliamente utilizada en la gestión de proyectos y la resolución de problemas, facilita la comprensión de patrones e identifica conexiones que no son fácilmente perceptibles en un primer análisis.

2.2.2.1 Procedimiento para generar un diagrama de afinidad

Los pasos para generar un diagrama de afinidad son los siguientes (Winter, 2000):

1. Escribir en notas las ideas generadas mediante la lluvia de ideas (Figura 2.1).
2. Separar y clasificar las ideas en grupos. Cada miembro moverá las notas al grupo al que considere pertenecen; el proceso se detendrá cuando el grupo esté de acuerdo con los agrupamientos.
3. Crear, para cada grupo formado de ideas, una tarjeta de encabezado con una palabra o frase, obtenida por consenso rápido del equipo de trabajo; a esas tarjetas se les conocerá como *borradores* de tarjetas de encabezado.
4. Encontrar una oración concisa que combine la idea central del borrador previamente creado para obtener la tarjeta de encabezado final de cada grupo y, con ello, el diagrama de afinidad (Figura 2.2).

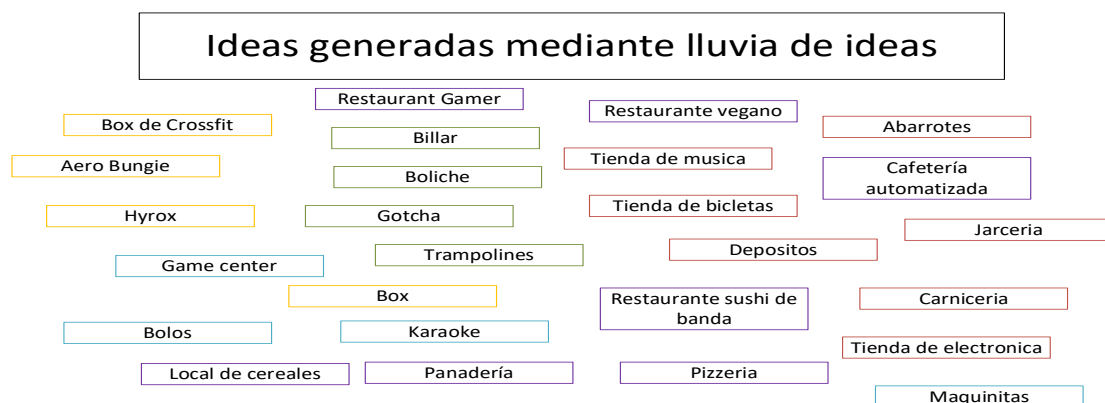


Figura 2.1 Ejemplo de ideas generadas escritas en notas
(Elaboración propia)

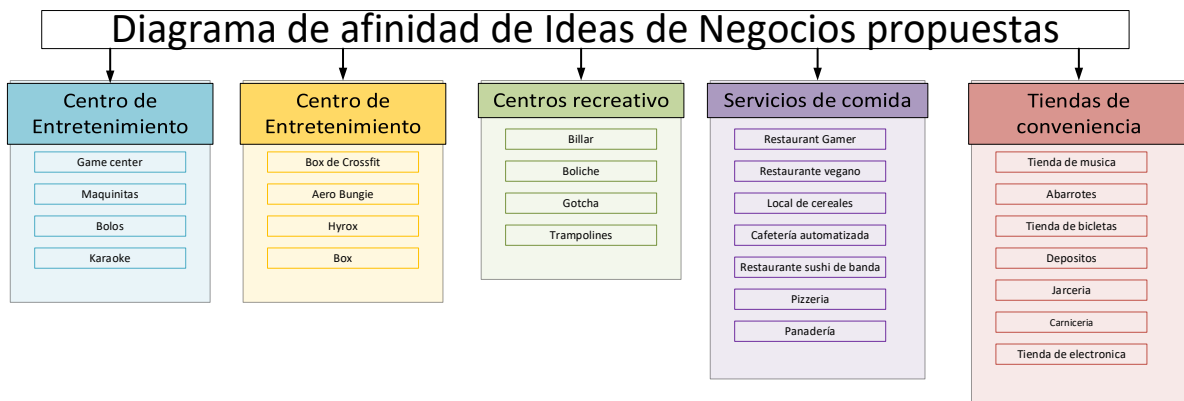


*Figura 2.2 Ejemplo de un diagrama de afinidad
(Elaboración propia)*

2.2.2.2 Ventajas del diagrama de afinidad

Las ventajas de la utilización de los diagramas de afinidad son las siguientes (Winter, 2000):

- **Organización de ideas.** Permite que el equipo de trabajo organice ideas generadas mediante alguna técnica de creatividad, como la lluvia de ideas.
- **Identificación de conexiones.** Ayuda a encontrar conexiones entre ideas que surgen de forma sencilla.
- **Comprensión profunda.** Facilita la creación de agrupamientos naturales de ideas para comprender mejor el objetivo del trabajo en turno.
- **Superación de bloqueos.** Ayuda a vencer la parálisis que puede invadir al equipo cuando se enfrenta a un amplio conjunto de opciones y falta de consenso.

2.2.2.3 Desventajas del diagrama de afinidad

Las desventajas de la utilización de los diagramas de afinidad son las siguientes (García & de Blanco, 2008):

- **Restricción del tamaño de grupo.** La utilización del diagrama de afinidad no se recomienda para grupos menores de cinco participantes ni para grupos de más de quince. Esto establece un límite estricto al alcance de la aplicación del diagrama de afinidad, excluyendo equipos de trabajo muy pequeños o foros muy grandes.
- **Niveles de abstracción de ideas.** La aplicación del diagrama de afinidad, en la gestión de proyectos, requiere una categorización de ideas de al menos dos niveles de abstracción. Aunque esta herramienta facilita el proceso, uno de los principales desafíos

es estructurar las ideas de forma progresiva, desde la más específica hasta la más general.

- **Necesidad de un consenso grupal.** El diagrama de afinidad busca priorizar ideas mediante consenso, sin conflicto entre los miembros del equipo de trabajo. Aunque lograr un consenso es un beneficio, el proceso para alcanzarlo puede percibirse como una limitación si el equipo tiene dificultades para tomar decisiones compartidas.

2.3 Herramientas de visualización y análisis de información

Las herramientas de visualización y análisis de información son fundamentales en la gestión de proyectos, ya que permiten transformar grandes volúmenes de datos en representaciones gráficas claras y comprensibles. Estas herramientas facilitan la identificación de patrones, la toma de decisiones informadas y la mejora de procesos, al hacer los datos más accesibles y fáciles de interpretar para cualquier lector.

2.3.1 Diagrama de flujo

Los diagramas de flujo son herramientas clave para la gestión y el análisis de procesos. Estos diagramas permiten visualizar de manera clara y ordenada la secuencia de actividades, decisiones y flujos de información. Estos diagramas, que facilitan la comprensión de un proceso, son fundamentales para la mejora continua y la estandarización de las operaciones dentro de las organizaciones (Oliveira2, 2020).

2.3.1.1 Aplicación del diagrama de flujo

El diagrama de flujo se puede aplicar cuando se quiere lograr lo siguiente (Oliveira2, 2020):

- Entender cómo se realiza un proceso, permitiendo documentarlo y analizar su composición.
- Estudiar un proceso para optimizarlo y facilitar la identificación de pasos innecesarios o ineficientes.
- Comunicar a otros cómo se realiza un proceso, sirviendo como herramienta de capacitación y de documentación.
- Llegar a un consenso antes de estandarizar un proceso, al alinear a todos los colaboradores en torno a su comprensión.
- Documentar un proceso que sirva de base para auditorías de control interno y externo.

2.3.1.2 Ventajas del uso de diagramas de flujo

El uso de los diagramas de flujo puede representar ventajas en la búsqueda de la optimización de los procesos; algunas de ellas son las siguientes (Oliveira2, 2020):

- Claridad y comprensión, facilitando la visualización y la comprensión de procesos complejos.
- Identificación de posibles áreas de mejora mediante la localización de pasos innecesarios o redundantes.
- Mejora continua, mediante el apoyo de herramientas de ingeniería para la implementación de cambios en el proceso.
- Contribución a la creación de procedimientos estandarizados en las empresas.
- Comunicación efectiva entre los colaboradores de las diferentes áreas que se interrelacionan en el proceso que se va a diagramar.

2.3.1.3 Desventajas del uso de diagramas de flujo

La mala planificación y las deficiencias en la elaboración de diagramas de flujo pueden acarrear las siguientes desventajas (Oliveira2, 2020):

- Limitaciones por complejidad, ya que los diagramas de flujo no son eficaces para representar procesos que requieren la intervención de un gran número de variables.
- Requiere un gran esfuerzo por parte de las empresas, ya que es necesario recopilar múltiples datos para realizarlo correctamente.
- Dificultad para representar procesos no lineales, como los que presentan múltiples ciclos o caminos paralelos.
- Falta de flexibilidad en los procesos dinámicos o que requieren adaptaciones constantes, ya que cada modificación requiere reconfigurar el diagrama.

2.3.1.4 Pasos para la elaboración de un diagrama de flujo

Para la elaboración de un diagrama de flujo, Oliveira2 (2020) propone los siguientes pasos:

1. **Definir el proceso a diagramar.** Establecer claramente el alcance y los límites del proceso.
2. **Identificar las actividades y decisiones.** Listar todas las acciones y los puntos de decisión involucrados en el proceso.

3. **Seleccionar los símbolos adecuados.** Utilizar la simbología estándar (Tabla 2.6) para representar el inicio y el final del proceso, así como cada tipo de operación y cada decisión.
4. **Dibujar el diagrama.** Organizar las actividades y las decisiones en el orden secuencial correspondiente al proceso.
5. **Validar el diagrama.** Revisar el diagrama con los colaboradores involucrados en el proceso para asegurar la precisión de cada etapa.
6. **Implementar mejoras.** Utilizar el diagrama para identificar oportunidades de mejora y optimizar el proceso seleccionado.
7. **Estandarizar el proceso.** Documentar el proceso mejorado y establecer procedimientos estandarizados.

2.3.2 Diagrama de espagueti

El diagrama de espagueti es una herramienta visual utilizada en la ingeniería industrial para analizar y mejorar los flujos de materiales, personas e información en un proceso de producción. Su objetivo principal es identificar algunas de las siguientes inefficiencias en el flujo de trabajo (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

*Tabla 2.6 Simbología estándar del diagrama de flujo
(Oliveira2, 2020)*

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio/Final	Representa el inicio y final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada/Salida	Representa la lectura de los datos de entrada y la impresión de datos de la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Permite analizar una situación, con base en los valores verdadero o falso.

- Recorridos innecesarios
- Movimientos redundantes o desordenados.
- Desperdicio de tiempo y recursos.

2.3.2.1 Ventajas de la utilización del diagrama de espaguete

Algunas de las ventajas que se encuentran mediante la utilización del diagrama de espaguete son las siguientes (McGregor2 Apple, 1977):

- **Identificación de ineficiencias.** El diagrama de espaguete permite identificar rutas y flujos innecesarios, lo que facilita la reducción de tiempos de desplazamiento y mejora la eficiencia operativa.
- **Visualización clara del flujo.** La correcta aplicación del diagrama de espaguete ofrece una representación gráfica sencilla para entender rápidamente cómo se mueven los elementos dentro de una instalación.
- **Mejora de la distribución de la planta.** Realizar un diagrama de espaguete facilita la identificación de áreas que requieren la reorganización o la reubicación de estaciones de trabajo, equipos o almacenes, optimizando el espacio y mejorando el rendimiento del proceso.

2.3.2.2 Desventajas de la utilización del diagrama de espaguete

Las desventajas que se encuentran con la elaboración del diagrama de espaguete son las siguientes (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

- **Complejidad en procesos grandes.** Las instalaciones grandes pueden resultar complejas y difíciles de representar en un diagrama de espaguete, debido a su carácter general y práctico.
- **No incluye análisis de costos.** El diagrama de espaguete no proporciona información directa sobre los costos asociados a los flujos, por lo que debe complementarse con otros análisis.
- **Requiere observación precisa.** Para que el diagrama de espaguete sea efectivo, se necesita una observación detallada del flujo de materiales o de personas, lo que puede demandar tiempo y recursos que no se cuentan o a los que no se tiene acceso en los proyectos.

2.3.2.3 Proceso de aplicación del diagrama de espaguetti

Los pasos para la elaboración de un diagrama de espaguetti son los siguientes (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

1. **Definir área de estudio.** Determinar la zona o el proceso a analizar: una estación de trabajo, una línea de producción o un almacén. Se debe contar con un plano o diseño del área para trazar el diagrama con precisión.
2. **Identificar los puntos clave.** Marcar en el plano los puntos de origen y de destino: estaciones de trabajo, máquinas, áreas de almacenamiento y puntos de recepción y embarque.
3. **Observar el flujo de trabajo.** Realizar una observación detallada de los movimientos dentro del área, ya sea mediante visitas directas o mediante la revisión de los registros de actividades disponibles. Se deben anotar los desplazamientos, los tiempos y las rutas que siguen los elementos: personas, información y materiales.
4. **Trazar las rutas.** Utilizar el plano y dibujar las líneas que representan cada una de las rutas de los elementos: información, productos y personas; conectando los puntos de origen y destino. Las rutas deben trazarse de forma continua.
5. **Utilizar un código de colores (opcional).** Usar diferentes colores o tipos de línea para distinguir los flujos correspondientes a cada elemento señalado.
6. **Registrar los datos.** Incluir información adicional sobre cada flujo de cada elemento: tiempos de desplazamiento, frecuencias de los movimientos y recursos involucrados.
7. **Revisar el diagrama.** Verificar que todos los movimientos importantes estén representados y ajustar las rutas que parezcan ineficientes.
8. **Analizar el diagrama.** Evaluar visualmente el flujo para detectar áreas de mejora y considerar qué modificaciones en el *layout* o en los procesos podrían optimizar los flujos y reducir movimientos innecesarios.
9. **Implementar mejoras.** Utilizar el análisis para realizar cambios en el diseño de la planta o en los procesos para mejorar la eficiencia, como reubicar estaciones de trabajo o reducir las distancias recorridas.
10. **Monitorear y actualizar.** Actualizar el diagrama cada vez que haya cambios significativos en los procesos o en la planta, y llevar un seguimiento de las mejoras implementadas.

2.4 Técnica para determinar centro de gravedad

La técnica denominada “centro de gravedad” se utiliza en la planificación y localización de instalaciones para determinar la ubicación óptima de una nueva facilidad, con el objetivo de minimizar los costos de transporte. Esta técnica calcula las coordenadas de la ubicación óptima de la nueva facilidad, considerando la ubicación de las facilidades existentes, los volúmenes de productos a enviar y los costos de transporte. A partir de las coordenadas de las facilidades existentes, se calcula el punto medio ponderado, que será el punto óptimo para ubicar la nueva facilidad (Render & Heizer, 2007).

Las fórmulas matemáticas que se utilizan para el cálculo del centro de gravedad se muestran en la Ecuación 2.1 y la Ecuación 2.2:

$$X = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$Y = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- d_{ix} y d_{iy} son las coordenadas x y y de cada facilidad i .
- Q_i costo $\left(\frac{\text{Viajes}}{\text{Tiempo}}\right) \left(\frac{\$}{\text{Distancia}}\right)$ desde o hacia la facilidad i .

2.4.1 Ventajas de la técnica de centro de gravedad

Las ventajas que se encuentran en la aplicación de la técnica de centro de gravedad son las siguientes (Render & Heizer, 2007):

- **Reducción de costos de transporte.** Al localizar el centro de distribución en el punto más eficiente, se reducen los costos de transporte al minimizar las distancias recorridas.
- **Simplicidad y facilidad de implementación.** Es una técnica relativamente sencilla de aplicar, especialmente si se cuenta con los datos adecuados sobre las ubicaciones y los volúmenes de transporte.
- **Optimización de la red logística:** Ayuda a las empresas a optimizar la ubicación de sus centros de distribución y plantas de producción, mejorando la eficiencia de la cadena de suministro.

2.4.2 Desventajas de la técnica de centro de gravedad

Las desventajas que se encuentran en la aplicación de la técnica de centro de gravedad son las siguientes (Render & Heizer, 2007):

- **Suposiciones simplificadas.** El modelo asume que las distancias son las únicas variables que inciden en el costo del transporte. Sin embargo, factores como el tipo de carretera, las regulaciones de tráfico o la capacidad de los vehículos también pueden influir en los costos.
- **No considera las capacidades de las instalaciones.** El método no considera la capacidad de las instalaciones ni la infraestructura necesaria para operar en la ubicación seleccionada.
- **Limitado a distancias lineales.** El cálculo del centro de gravedad se realiza sobre un plano cartesiano, lo que puede no reflejar plenamente la complejidad de las rutas de transporte reales, que podrían incluir barreras geográficas o restricciones de acceso.

2.4.3 Proceso de aplicación de la técnica de centro de gravedad

Para la aplicación de la técnica de centro de gravedad se realizan los siguientes pasos (Render & Heizer, 2007):

1. **Identificación y recopilación de las coordenadas (x, y) de las facilidades existentes, de la demanda, de los volúmenes a transportar y de las tarifas de transporte.**
2. **Asignación de coordenadas.** Las ubicaciones de cada una de las facilidades existentes se representan en un plano cartesiano.
3. **Cálculo del centro de gravedad.** Se calcula el centro de gravedad mediante la Ecuación 2.1 y la Ecuación 2.2. Cada facilidad existente tiene un peso, representado por el volumen de productos que se transportan y por la distancia desde el punto de origen.
4. **Selección de la ubicación óptima.** El punto de intersección de las coordenadas x y y se considera la ubicación óptima para la nueva facilidad, ya que minimiza la distancia ponderada.

2.5 Fundamentos de distribución de planta

La distribución de planta es un componente esencial en la gestión de operaciones y cadenas de suministro; este proceso implica la planificación y organización eficiente de un espacio físico dentro de una instalación para optimizar lo siguiente (Jacobs F. & Chase, 2020):

- Flujo de materiales
- Minimizar tiempos de espera
- Reducir costos de operación

Una distribución adecuada mejora la eficiencia en la producción y contribuye a la seguridad laboral y a la satisfacción del cliente, por lo que la distribución de planta debe adaptarse a la estrategia general de la empresa, a las necesidades cambiantes del mercado y a la evolución de los procesos de producción (Jacobs F. & Chase, 2020).

2.5.1 Conceptos de distribución de planta

Para abordar el concepto de distribución de planta, se presentan las siguientes cuatro definiciones:

- *“La técnica de ingeniería industrial que estudia la colocación física ordenada de los medios industriales, como el movimiento de materiales, equipo, trabajadores, espacio requerido para el movimiento de materiales y su almacenamiento, además del espacio necesario para la mano de obra indirecta y todas las actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller” (Platas García & Cervantes Valencia, 2014).*
- *“La decisión de la distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico” (Chase & Jacobs, 2001)*
- *“La distribución de planta implica la ordenación física de todos los elementos industriales. Esta ordenación incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o*

servicios, como el equipo de trabajo y el personal del taller, buscando el flujo racional del trabajo y la economía en la operación” (Muther & Cabré Rabadá, 1981).

- *“Es el planteamiento e integración de los cambios de las partes componentes de un producto para obtener la interrelación más efectiva y económica entre hombres, equipo y movimientos de materiales desde la recepción, a través de la fabricación, hasta el embarque del producto terminado” (McGregor2 Apple, 1977).*

2.5.2 Tipos de distribución de planta

Con base en las necesidades de la empresa, se puede escoger alguno de los siguientes tipos de distribución de planta (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

1. **Distribución por producto.** Las áreas se organizan en el mismo orden en que los materiales son transformados o montados, con el fin de minimizar el transporte y facilitar el flujo secuencial.
2. **Distribución por proceso.** Los equipos y áreas se agrupan según las funciones similares que realizan; ideal para lotes pequeños y productos variados.
3. **Distribución de posición fija.** El material permanece en una posición fija; los equipos, personas y materiales necesarios se llevan hacia él. Este tipo se usa en proyectos u obras de gran tamaño.
4. **Distribución celular o por grupos.** Consiste en agrupar las máquinas y los procesos necesarios para una familia de productos similares, logrando flexibilidad y eficiencia.

2.5.3 Objetivos de la distribución de planta

La distribución de planta persigue objetivos que van encaminados a una mejora continua, algunos de ellos son los siguientes (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

1. **Integración de conjunto.** Lograr que hombres, materiales, máquinas y servicios funcionen como un equipo único, maximizando la eficiencia operativa.
2. **Minimización de los recorridos.** Reducir al mínimo las distancias recorridas por los materiales y las personas en la planta.
3. **Secuencia lógica de procesos.** Ordenar las áreas de trabajo en la secuencia óptima para el proceso productivo y mejorar el flujo de trabajo.

4. **Aprovechamiento del espacio cúbico.** Uso eficientemente tanto el espacio horizontal como el vertical disponible.
5. **Seguridad y satisfacción.** Crear ambientes seguros y confortables para los trabajadores, evitando accidentes relacionados con la mala distribución de áreas o con la planificación de recorridos.
6. **Flexibilidad.** Permitir ajustes y adaptaciones en la distribución, con costos mínimos y sin contratiempos.

2.5.4 Ventajas de la distribución de planta

Una correcta planeación y ejecución de una distribución de planta tienen consigo ventajas que las empresas pueden aprovechar; algunas de ellas son las siguientes (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

- Reducción de tiempos y costos de manejo de materiales.
- Disminución de inventarios en proceso y de los tiempos de espera.
- Incremento de la productividad y la eficiencia operativa.
- Mejor control y supervisión de los procesos.
- Mayor flexibilidad ante cambios en los productos y en los volúmenes de producción.
- Seguridad y ergonomía para todo el personal.

2.5.5 Desventajas de la distribución de la aplicación de distribución de planta

Una mala planeación y ejecución de una distribución de planta traen consigo desventajas que pueden perjudicar el funcionamiento de cualquier empresa; algunas de ellas son las siguientes (Muther & Cabré Rabadá, 1981):

- La planeación, el diseño y la implementación de una buena distribución de planta suelen requerir inversiones significativas.
- Un error en la planeación de la distribución puede generar pérdidas constantes y acumulativas para la empresa.
- Una vez instalada y adaptada una distribución, los cambios sustanciales en los procesos, productos o volúmenes pueden requerir remodelaciones costosas.
- Las distribuciones grandes y de mayor complejidad pueden dificultar el control de flujo, la supervisión del personal o el manejo de inventarios.

- Mala ubicación de los servicios auxiliares si no se toman en cuenta desde el inicio.
- Espacio improductivo debido a pasillos amplios que buscan un flujo óptimo.

2.6 Metodología para distribución de planta: *Systematic Layout Planning* (SLP)

La metodología denominada *Systematic Layout Planning* (SLP), desarrollada por Muther (1973), es un enfoque estructurado para el diseño de un *layout*. SLP busca optimizar la disposición de los recursos y equipos dentro de una planta o instalación, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la productividad, mediante un proceso sistemático. Además, SLP permite una planificación detallada que considera los aspectos técnicos y operativos de los procesos.

La metodología SLP sigue un enfoque sistemático, lo que implica que cada decisión se toma con base en un análisis detallado de las actividades, las interacciones entre las áreas de trabajo y las necesidades operativas. Esta metodología se basa en la recopilación de datos precisos de la empresa y en un análisis riguroso antes de tomar cualquier decisión de diseño (Muther, 1973)

2.6.1 Ventajas del uso de la metodología SLP

El uso de la metodología SLP cuenta con múltiples ventajas, las cuales se enlistan a continuación (Muther, 1973):

- Ofrece un enfoque organizado y paso a paso para planificar la disposición de plantas y áreas de trabajo, ayudando a los planificadores a abordar los proyectos de manera sistemática y a evitar el caos y la improvisación.
- Ayuda a evitar errores comunes en la planificación de *layouts*, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y recursos, así como en la mejora de la calidad de los resultados, al seguir patrones de procedimientos estandarizados.
- Facilita la comunicación entre diferentes equipos y personas involucradas, ya que proporciona herramientas visuales y convenciones estándar, como los diagramas de relaciones que todos pueden comprender y utilizar.
- Se puede adaptar bien a diferentes tamaños y tipos de proyectos, desde oficinas pequeñas hasta plantas de manufactura complejas.

- Optimiza el uso del espacio disponible y mejora la disposición de las áreas y los equipos, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y en la reducción de costos.

2.6.2 Desventajas del uso de la metodología SLP

La aplicación de la metodología SLP presenta algunas desventajas en ciertos proyectos, entre las cuales se enlistan las siguientes (Muther, 1973):

1. Se puede requerir un nivel de conocimiento y detalle, junto con documentación, que no siempre está disponible en algunos equipos de trabajo.
2. Puede resultar muy complicado llevar a cabo con eficacia todos los pasos requeridos de la metodología si el equipo de planificación no tiene experiencia en el desarrollo de SLP.
3. Es demasiado largo y costoso de ejecutar en proyectos muy grandes y complejos, y puede que no sea tan efectivo como otros métodos más dinámicos o basados en software de simulación avanzada.
4. Puede resultar excesiva la metodología completa en proyectos pequeños o de menor envergadura, lo que se traduce en más tiempo del necesario para obtener resultados simples, que pueden obtenerse con técnicas diferentes.

2.6.3 Paso 0: Análisis PQRST (Product, Quantity, Resources, Service, Time)

El análisis PQRST, considerado el paso cero en la aplicación de SLP, es una herramienta fundamental en la planificación sistemática de *layouts* industriales, utilizada para obtener una comprensión detallada de las variables clave que afectan la distribución y la organización de un espacio de trabajo. Este análisis toma en cuenta cinco elementos críticos: producto, cantidad, ruta, servicios auxiliares, tiempo (Muther, 1973).

Los pasos que integran el análisis PQRST son los siguientes (Muther, 1973):

- Identificar qué se va a producir (**P** = producto, material o servicio). Este elemento abarca todos los productos, materiales o servicios involucrados en la producción. Es crucial conocer las características del producto, su variabilidad y si es estándar o personalizado.

- Determinar cuánto del producto o servicio se producirá (Q = cantidad o volumen). Esta información puede estar vinculada a la demanda de los mercados; también es importante saber si la producción es continua, por lotes o bajo demanda.
- Identificar los pasos o actividades que deben seguirse (**R** = Ruta, Secuencia del proceso) para transformar los materiales en productos terminados, involucrando operaciones específicas, maquinaria y secuencias de trabajo.
- Considerar todos los recursos y actividades que respaldan el proceso de producción (**S** = **servicios** auxiliares), pero que no forman parte directa de la transformación de los materiales en el producto final. Éstos pueden ser mantenimiento, seguridad, áreas de descanso, servicios médicos, entre otros.
- Determinar cuándo se va a producir el producto (**T** = tiempo), para ello se puede considerar lo siguiente:
 - Tiempo de ciclo. El tiempo necesario para producir una unidad de producto.
 - Plazo de entrega. El tiempo que el producto debe estar listo para su entrega al cliente.
 - Horarios de operación. Si la producción es continua, por turnos o en horarios específicos.
 - Tiempo de mantenimiento o cambio. Considerar cuándo y durante cuánto tiempo se realizarán las paradas de mantenimiento o ajustes en la producción.

El análisis PQRST permite obtener una visión integral de las necesidades y restricciones que pueden influir en el diseño del *layout* y en las decisiones operativas. El diagrama PQRST suele representarse como un diagrama de una llave, como se muestra en la Figura 2.3.

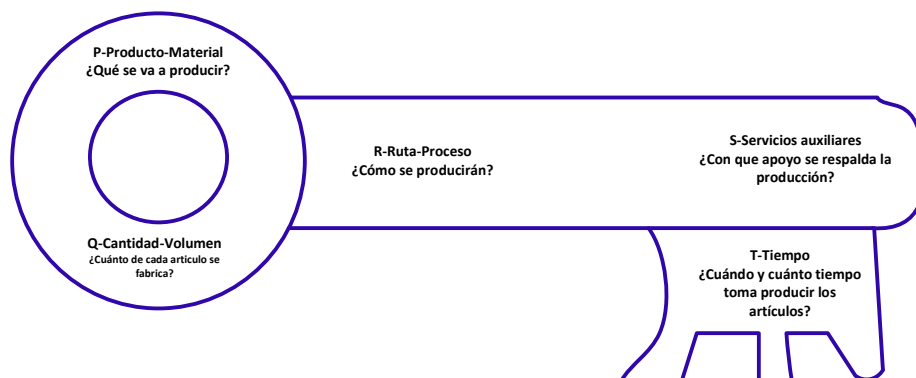


*Figura 2.3 Diagrama de llave del análisis PQRST
(Adaptado de Muther (1973))*

2.6.4 Paso 1: Flujo de materiales

El primer paso para aplicar la metodología SLP es el análisis del flujo de materiales, clave en la planificación y el diseño de *layouts* industriales. El flujo de materiales es un análisis que se centra en comprender cómo los materiales, productos o partes se mueven a través de una planta de producción, desde la recepción hasta su uso en el proceso de manufactura (Muther, 1973).

El objetivo del flujo de materiales dentro de la metodología SLP es organizarlo de manera eficiente, minimizando distancias y tiempos de transporte para mejorar la productividad, mediante el seguimiento del movimiento de los productos desde su punto de origen, pasando por diversas estaciones de trabajo, hasta su destino final. Para realizar un análisis efectivo, se utilizan herramientas como (Muther, 1973):

- Diagrama de flujo de procesos.
- Diagrama de flujo de materiales.
- Carta de procesos multiproductos.
- Carta de De-A.
- Diagrama de recorridos.

El proceso de aplicación del análisis de flujo de materiales se compone de los siguientes pasos (Muther, 1973):

- **Identificar las rutas.** Se debe identificar cómo los materiales se desplazan entre las distintas áreas de la planta. Esto incluye determinar las distancias entre puntos y la frecuencia con la que se realiza el transporte.
- **Analizar la intensidad de los flujos.** Es fundamental conocer la magnitud del movimiento de materiales, denominada "intensidad de flujo". Esto se puede medir en términos de la cantidad de material movido y del esfuerzo requerido para realizar el movimiento.
- **Seleccionar la herramienta adecuada.** Se utilizan diagramas de flujo de procesos, diagramas de flujo de materiales, cartas de procesos multiproductos, cartas de De-A y/o diagramas de recorridos para mapear los movimientos de materiales entre las distintas estaciones de trabajo.

La Figura 2.4 es un ejemplo de una Carta De-A, que permite calcular las distancias y la intensidad del flujo, elementos esenciales para optimizar el *layout* de la planta.

- **Evaluar los flujos de materiales.** Se debe analizar cómo las políticas de gestión de materiales afectan la disposición de la planta. Esto incluye la forma de embalaje, el uso de contenedores retornables, la frecuencia de entrega, y otros aspectos logísticos.

2.6.5 Paso 2: Relación entre actividades

El paso 2 de la metodología SLP consiste en la relación entre actividades. Este paso consiste en establecer las interacciones entre las diferentes actividades que se realizan en la planta, lo que permite planificar la organización de las áreas y las estaciones de trabajo.

Relacionar actividades implica identificar qué actividades deben estar cerca unas de otras y cuál es el nivel de cercanía deseado. Este paso es crucial para evitar desplazamientos innecesarios de materiales, equipos o personas, lo que puede generar tiempos de espera y costos adicionales (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

La carta de relación de actividades es una herramienta que se utiliza para identificar, clasificar y organizar las actividades o áreas empleadas en el proceso productivo, estableciendo la proximidad ideal entre ellas para mejorar la eficiencia operativa.

	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	EMBA	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
ALMP	0	18.19	13.79	17.96	12.92	2.98	6.45	9.85	13.66	18.52	20.28	24.88	20.27	26.06	22.83	29.41	10.79	15.63	18.48	9.57	12.73
ALML	18.19	0	4.4	21.71	11.05	21.17	24.64	27.88	31.85	36.71	38.47	43.07	31.24	27.61	24.34	32.46	7.54	4.04	16.61	11.92	14.6
ALMA	13.79	4.4	0	17.31	9.41	16.77	20.24	23.48	27.45	32.31	34.07	38.67	26.84	23.21	19.94	28.06	5.9	2.4	14.97	13.08	16.24
ALMY	17.96	21.71	17.31	0	10.8	15	11.51	8.11	10.14	15	16.76	21.36	9.53	8.1	4.87	11.45	14.31	19.15	7.58	27.53	30.69
ALMPR	12.92	11.05	9.41	10.8	0	10.26	13.73	16.97	20.94	25.8	27.56	32.16	20.33	16.7	13.43	21.55	3.51	8.35	5.56	22.49	25.65
MEFO	2.98	21.17	16.77	15	10.26	0	3.49	6.89	10.68	15.54	17.3	21.9	17.31	23.1	19.87	26.45	13.77	18.61	15.52	12.53	15.69
PICDE	6.45	24.64	20.24	11.51	13.73	3.49	0	3.4	7.21	12.07	13.83	18.43	13.82	19.61	16.38	22.96	17.24	22.08	12.03	16.02	19.18
ENMO	9.85	27.88	23.48	8.11	16.97	6.89	3.4	0	3.97	8.83	10.59	15.19	10.42	16.21	12.98	19.56	20.48	25.32	13.75	19.42	22.58
COCCI	13.66	31.85	27.45	10.14	20.94	10.68	7.21	3.97	0	7.58	6.62	12.98	9.97	15.76	12.53	19.11	24.45	29.29	17.72	19.93	24.63
PALT	18.52	36.71	32.31	15	25.8	15.54	12.07	8.83	7.58	0	1.76	6.36	5.47	9.1	12.37	11.53	29.31	34.15	22.58	27.45	30.61
DESMO	20.28	38.47	34.07	16.76	27.56	17.3	13.83	10.59	6.62	1.76	0	7.16	7.23	10.86	14.13	13.29	31.07	35.91	24.34	26.55	31.25
ALMUT	24.88	43.07	38.67	21.36	32.16	21.9	18.43	15.19	12.98	6.36	7.16	0	11.83	15.46	18.73	10.61	35.67	40.51	28.94	32.85	36.01
PREALM	20.27	31.24	26.84	9.53	20.33	17.31	13.82	10.42	9.97	5.47	7.23	11.83	0	5.79	6.9	9.14	23.84	28.68	17.11	29.84	33
EMPA	26.06	27.61	23.21	8.1	16.7	23.1	19.61	16.21	15.76	9.1	10.86	15.46	5.79	0	3.27	4.85	20.21	25.05	13.48	35.63	38.79
EMBA	22.83	24.34	19.94	4.87	13.43	19.87	16.38	12.98	12.53	12.37	14.13	18.73	6.9	3.27	0	8.12	16.94	21.78	10.21	32.4	35.56
ALMPF	29.41	32.46	28.06	11.45	21.55	26.45	22.96	19.56	19.11	11.53	13.29	10.61	9.14	4.85	8.12	0	25.06	29.9	18.33	38.98	42.14
LOCK	10.79	7.54	5.9	14.31	3.51	13.77	17.24	20.48	24.45	29.31	31.07	35.67	23.84	20.21	16.94	25.06	0	4.84	9.07	18.98	22.14
BAÑO	15.63	4.04	2.4	19.15	8.35	18.61	22.08	25.32	29.29	34.15	35.91	40.51	28.68	25.05	21.78	29.9	4.84	0	12.57	15.48	18.64
ESCAL	18.48	16.61	14.97	7.58	5.56	15.52	12.03	13.75	17.72	22.58	24.34	28.94	17.11	13.48	10.21	18.33	9.07	12.57	0	28.05	31.21
COMPR	9.57	11.92	13.08	27.53	22.49	12.53	16.02	19.42	19.93	27.45	26.55	32.85	29.84	35.63	32.4	38.98	18.98	15.48	28.05	0	4.7
DIRE	12.73	14.6	16.24	30.69	25.65	15.69	19.18	22.58	24.63	30.61	31.25	36.01	33	38.79	35.56	42.14	22.14	18.64	31.21	4.7	0

Figura 2.4 Ejemplo de Carta De-A de Distancia entre áreas
(Elaboración propia)

El proceso para la elaboración de una carta de relación de actividades se enlista a continuación (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015):

1. **Identificación de actividades.** Identificar todas las actividades o áreas involucradas en el proceso de producción, como el almacenamiento, la recepción de materiales, la producción y la inspección, entre otras.
2. **Clasificación de las relaciones.** Clasificar las relaciones entre cada par de actividades utilizando una escala de proximidad, como la que se muestra en la Tabla 2.7.
3. **Identificación de la relación entre actividades.** Crear una tabla que detalle las actividades y sus relaciones, incluyendo el tipo de relación entre ellas, con base en la escala establecida (Figura 2.5).

Tabla 2.7 Clasificación de la relación de actividades
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

Valuación	Relación
A	Absolutamente necesario
E	Parcialmente necesario
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin importancia
X	No deseable

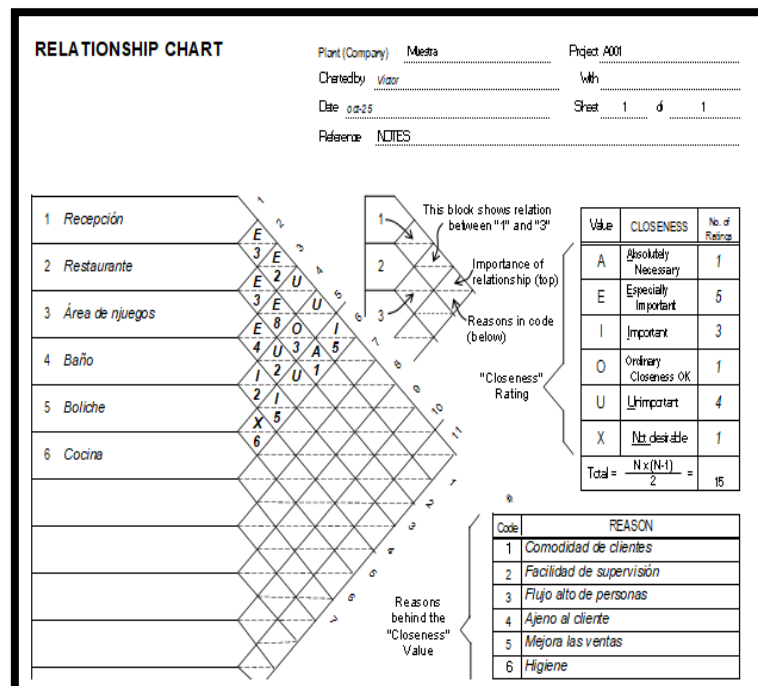


Figura 2.5 Ejemplo de carta de relación de actividades
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

4. **Generación del diagrama de relaciones.** Representar visualmente las relaciones entre las actividades en la carta, mostrando las proximidades ideales entre las áreas y estaciones de trabajo (Figura 2.5).
5. **Análisis y ajustes.** Evaluar el diagrama y realizar ajustes en la ubicación de las actividades según la clasificación de relaciones, la optimización del flujo y el uso del espacio disponible.
6. **Redacción de la carta final.** Redactar la carta final, incluyendo los puntos anteriores, y detallar cómo el análisis y la clasificación de las actividades contribuyeron a mejorar el *layout*.
7. **Conclusión y seguimiento.** Concluir la aplicación con una invitación a comentar y sugerir; además, especificar los pasos a seguir para la implementación del diseño propuesto.

2.6.6 Paso 3: Diagrama de relaciones de actividades

El tercer paso, del SLP, es realizar un diagrama de relaciones, el cual funciona como una herramienta visual que muestra las interacciones y relaciones entre las actividades de un proceso, facilitando la creación de alternativas en el diseño de *layout* eficientes. Esto implica crear un diagrama en el que se observan las diferentes conexiones entre las actividades, departamentos o áreas, sin considerar el espacio disponible (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

Los pasos para la realización de un diagrama de relación de actividades son los siguientes (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015):

- **Identificación de actividades.** Identificar cada actividad mediante un círculo o cuadrado.
- **Clasificación de relaciones.** Establecer el tipo de actividad. Esto se hace utilizando una escala de proximidad, representada por las letras (A, E, I, O, U, X), y, de acuerdo con la importancia, se le asigna un número de líneas, como se muestra en la Tabla 2.8.
- **Elaboración del diagrama.** Los pasos para elaborar el diagrama son los siguientes:
 - Colocar cada actividad en un círculo para representarla.
 - Conectar cada actividad con las líneas de acuerdo con la valuación establecida.
 - Indicar la cercanía necesaria para cada actividad.

Tabla 2.8 *Valuación y simbología para el diagrama de relación de actividades.*
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

Valor de letra	Valor numérico	Número de líneas	Valuación de proximidad	Código de color
A	4		Absolutamente necesario	Rojo
E	3		Especialmente necesario	Amarillo
I			Importante	Verde
O	1		Ordinaria	Azul
U	0		No importante	
X	-1		No deseable	Café

- **Refinamiento del diagrama.** Reorganizar el diagrama a medida que se vayan añadiendo nuevas relaciones entre las actividades; esto implica que se puede modificar y ajustar la posición de las actividades cada vez que sea necesario.
- **Evaluación final.** Evaluar si la disposición reflejada en el diagrama es la óptima para mejorar los flujos de trabajo, considerando lo siguiente:
 - Que las Actividades A sean cercanas.
 - Que las actividades E estén adecuadamente separadas.
 - Que las actividades I estén alejadas sin afectar el rendimiento del proceso.
 - Que las actividades X estén lo más aisladas posible.

Un ejemplo de diagrama de relaciones de actividades se muestra en la Figura 2.6.

2.6.7 Paso 4: Requerimiento de espacios

El paso cuatro, dentro de la metodología SLP, se enfoca en la evaluación del espacio necesario para cada área de trabajo, a fin de satisfacer las necesidades. Para ello, descompone cada área o actividad en sus elementos de espacio constitutivos (como máquinas, estaciones, áreas de trabajo, de almacenamiento, etc.) y determina el área necesaria para cada uno. Posteriormente, se multiplica la superficie individual por la cantidad de elementos requeridos y se agregan los espacios auxiliares no asignables a ningún elemento en particular, por ejemplo, áreas de circulación interna o de mantenimiento, como se muestra en la Figura 2.7 (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

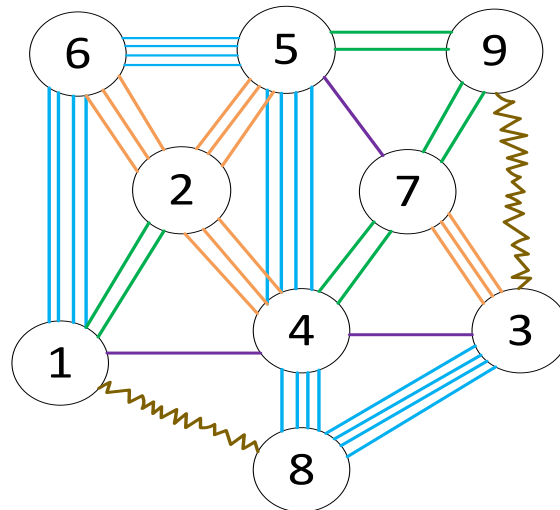


Figura 2.6 Ejemplo de diagrama de relaciones.
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

CONCENTRADO POR DEPARTAMENTO

MAQUINARIA & AREA DE EQUIPOS & HOJA DE CARACTERÍSTICAS										proyecto		752015														
										Por	Juan T. K.	Con	Pedro G. J.													
										Fecha	21-may-14	Hoja	2	de	2											
Compañía / Planta	ORIZABEÑA		Edificio/departamento/Área		CAFETERIA - COCINA																					
Datos de identificación			Espacio								Características físicas requeridas										Comentarios Forma / Configuración Requerimientos especiales					
Número de identificación de Maquina o equipo	Nombre y/o descripción		Longitud de ancho Pulgadas	Profundidad Pulgadas	Altura Pulgadas	Área para maquinaria o equipo (ft 2)	Área para trabajo de operaciones & mantenimiento	Área para material	Área total de cada máquina o pieza de equipo	No. De máquinas / equipos	Área total (ft 2)	110 -AC	220 -AC	Otra energía	Rango de empuje	Agua	Vapor	Desagüe	Aire comprimido	Otras tuberías		Gas	Cimentación / Fosa	Tubo de escape/ capucha	Colector de lodo	
Cafeteria			Área																							
D-1	Fregadero		24	24	--	4	6	4	14	1	14	--	--	--	--	--	✓	--	✓	--	--	--	--	--	--	
D-2	Tabla de preparación de comida		120	30	--	25	111	--	136	1	136	✓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
D-3	Vaporizador		19	30	25	4+	4+	--	8	1	8	✓	--	--	--	--	✓	✓	✓	--	✓	--	✓	--	--	
D-4	Caja impermeabilizante		21.5	28	63	4+	10(a)	--	14	1	14	✓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
D-5	Estufa de hornear		60	40	--	17-	23	--	40	1	40	--	--	--	--	--	--	--	✓	--	✓	--	✓	--	--	
D-6	Mezclador portátil, Modelo A-200					2+	5-	4	11	1	11	✓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Cocina			Área																							
F-7	Estufa		29	34	--	7-	17(b)	--	24	1	24	--	--	--	--	--	✓	--	--	✓	--	✓	--	✓	--	
F-8	Estufa		29	34	--	7-	17(c)	--	24	1	24	--	--	--	--	--	✓	--	--	✓	--	✓	--	✓	--	
F-11	Rebanador portable, Modelo 806		26	20	20		10-	6	19	1	19	✓	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
NOTAS * Espacio requerido para pasillos principal o de entrega y las áreas de servicio no están incluidas			Área Neta Total requerida* (en Ft 2)								Notas de referencia															
											290	a	Puerta giratoria 21.5 in													
											720	b	Puerta giratoria 17 in													
											305	c	Puerta giratoria 17 in													
											--															
			Área total requerida (en Ft 2)								1315															

registrarse en formatos diseñados para reflejar tanto el espacio ocupado como los requerimientos de servicios y de accesos asociados.

Para obtener un valor total preciso del área requerida para un departamento, e identificar oportunidades de mejora en la disposición de equipos y procesos, contribuyendo a una mayor eficiencia en el uso del espacio disponible, se realiza lo siguiente:

- Se suma el área propia de cada equipo.
- Se suma el espacio de trabajo para operadores y mantenimiento.
- Se suma el espacio de las zonas de depósito y manipulación de materiales.
- Se suman los espacios adicionales por servicios auxiliares, pasillos y acceso.

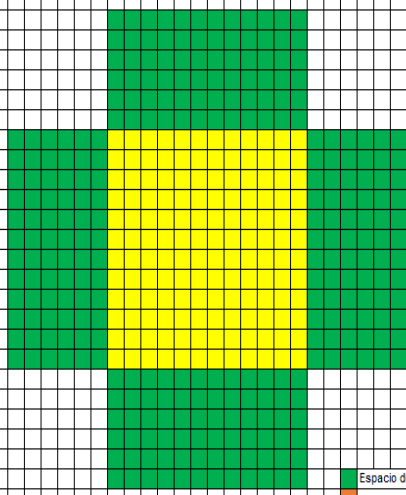
Hoja de datos para reuqrimiento de maquinaria y equipo																																							
Nombre:	Palet de plastico	Identificacion:	-																																				
Elaborado por:	Victor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026																																				
Descripción:																																							
Palet de plastico que resiste el deterioro por humedad.																																							
																																							
<table border="1"> <tr> <td>Nombre del área:</td> <td>Almacen de materias primas</td> <td></td> <td>ALML</td> </tr> <tr> <td>Fabricante:</td> <td>Desconocido</td> <td>Modelo:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Izq.Der.(cm):</td> <td colspan="3">1.2</td> </tr> <tr> <td>Fre.Pos.(cm):</td> <td colspan="3">1.2</td> </tr> <tr> <td>Área de maquinaria o equipo (cm²):</td> <td colspan="3">1.44</td> </tr> <tr> <td>Área para material (cm²):</td> <td colspan="3">-</td> </tr> <tr> <td>Área para espacio del operador (cm²):</td> <td colspan="3">-</td> </tr> <tr> <td>Área de pasillos (cm²):</td> <td colspan="3">2.88</td> </tr> <tr> <td>Área total (cm²):</td> <td colspan="3">4.32</td> </tr> </table>				Nombre del área:	Almacen de materias primas		ALML	Fabricante:	Desconocido	Modelo:	-	Izq.Der.(cm):	1.2			Fre.Pos.(cm):	1.2			Área de maquinaria o equipo (cm ²):	1.44			Área para material (cm ²):	-			Área para espacio del operador (cm ²):	-			Área de pasillos (cm ²):	2.88			Área total (cm ²):	4.32		
Nombre del área:	Almacen de materias primas		ALML																																				
Fabricante:	Desconocido	Modelo:	-																																				
Izq.Der.(cm):	1.2																																						
Fre.Pos.(cm):	1.2																																						
Área de maquinaria o equipo (cm ²):	1.44																																						
Área para material (cm ²):	-																																						
Área para espacio del operador (cm ²):	-																																						
Área de pasillos (cm ²):	2.88																																						
Área total (cm ²):	4.32																																						
																																							
Foto de referencia Vista de plano Escala: 1 cuadro = 10 cm²																																							

Figura 2.8 Ejemplo de hoja de inventario para requerimiento de espacio
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

2.6.8 Paso 5: Disponibilidad de espacios

La evaluación de la disponibilidad de espacios implica comparar el total de áreas requeridas para cada actividad, departamento o proceso con el área física existente en el edificio, la nave o el local. Este proceso exige identificar los límites geométricos, divisiones internas, accesos, restricciones estructurales y condiciones particulares de los espacios disponibles, y verificar si son adecuados en cantidad, distribución y características para satisfacer las necesidades previamente determinadas (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

Generalmente, el problema se desglosa en los siguientes tres niveles (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015):

1. Verificar que el área total disponible sea suficiente para albergar todas las actividades requeridas.
2. Analizar que la subdivisión interna de los espacios disponibles concuerde en dimensiones y características con los requerimientos específicos de cada área funcional.
3. Comprobar la adecuación del espacio en cuanto a condiciones físicas, forma, accesibilidad, servicios y configuraciones especiales preventivas (seguridad, ventilación, iluminación, etc.).

Cuando se detectan discrepancias entre el espacio requerido y el disponible, el proceso se apoya en la denominada “fase de ajuste”, en la cual se exploran soluciones como la redistribución de áreas flexibles, reducción de zonas de almacenamiento, reorganización de equipos, o bien la propuesta de ampliaciones y obras para adecuar la planta física a las necesidades operativas. La validación final consiste en ajustar el balance de espacio, priorizando las funciones críticas y garantizando el cumplimiento de los requisitos mínimos en cada área operacional.

2.6.9 Paso 6: Diagrama de relación de espacio

El diagrama de relación de espacios es una representación gráfica utilizada para planificar la distribución de espacios en una planta o instalación. A través de este diagrama, se busca optimizar la disposición de los diferentes espacios dentro de un área de la planta, considerando las interacciones entre las actividades y las necesidades (Platas García & Cervantes Valencia, 2014).

Los pasos para realizar un diagrama de relaciones de espacio (Figura 2.9), ajustados, con base en lo descrito por Platas García y Cervantes Valencia (2014) son los siguientes:

1. **Identificación de actividades.** A partir del diagrama de relaciones de actividades (Paso 3 del SLP: Sección 2.6.6), se identifican todas las áreas que requieren espacio en la planta.
2. **Determinación de espacio requerido.** Considerar los espacios calculados en el paso 4 del SLP (Sección 2.6.7) para cada área requerida.
3. **Registro de características físicas.** Considerar, para cada área, los requerimientos particulares de forma (rectangular, irregular, alineada), accesos, restricciones de altura, ubicación de columnas, servicios especiales, etc., determinados en el paso 4 del SLP (Sección 2.6.7).
4. **Asignación de símbolos.** Asignar a cada área un símbolo que represente su función, además de identificar su tamaño y la cantidad de espacio que requiere.
5. **Conversión a escala.** Representar el espacio asignado a cada área, utilizando el formato adecuado (por ejemplo, cuadrículas de tamaño relativo o medidas exactas).
6. **Interacción entre espacios.** Analizar las relaciones de proximidad entre actividades y trazar líneas de conexión según la cercanía o la lejanía deseada.

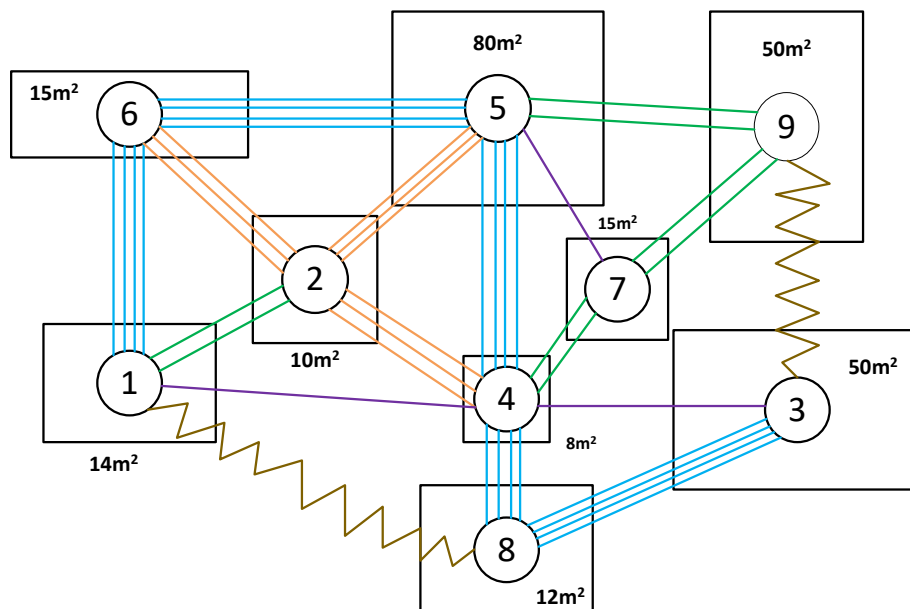


Figura 2.9 Diagrama de relación de espacios: Áreas de producción
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

El diagrama de relación de espacios es útil en la planificación de distribuciones de planta, porque permite visualizar de manera concreta la asignación de espacio, fusionando las interacciones entre las áreas. Mediante este diagrama se obtienen propuestas de mejora para la eficiencia operativa y la utilización del espacio disponible en la planta.

2.6.10 Paso 7: Factores influyentes

En este paso, el equipo de planeación revisa el diagrama de relación de espacios (Sección 2.6.9), el cual representa una idea teórica ideal, con la finalidad de incorporar una serie de modificaciones necesarias, estimuladas por algunos de los siguientes factores (Muther & Hales, 2015):

- Métodos y equipos para el manejo de materiales.
- Instalaciones y equipos para almacenamiento.
- Condiciones del terreno o entorno.
- Características del edificio (altura, columnas, ventanas).
- Requisitos de personal y políticas operativas.
- Distribución y tipos de actividades (por ejemplo, centralizar o descentralizar las áreas de soporte).

Estas consideraciones surgen porque, durante el desarrollo del *layout* ideal, se presentan condiciones reales (como maquinaria fija o normas de seguridad) que deben integrarse en el plan, mediante ajustes, integraciones o redefiniciones del *layout*.

2.6.11 Paso 8: Limitaciones prácticas

Las limitaciones prácticas son restricciones que no pueden modificarse y que imponen condiciones al *layout* final, por ejemplo (Muther & Hales, 2015):

- Restricciones del edificio existente.
- Sistemas de manejo que no pueden cambiarse.
- Código de edificación.
- Políticas de la empresa o requisitos legales.
- Condiciones presupuestarias y disponibilidad de inversiones.

- Políticas de operación (por ejemplo, sentido de flujo, restricciones en la alimentación de las líneas).
- Limitaciones técnicas del espacio (por ejemplo, ancho de pasillos, niveles de ruido).

Estas son restricciones que deben aceptarse y reflejarse en la solución, ya que no es posible cambiarlas; el proyectista debe incorporarlas mediante ajustes y descartar propuestas que no las cumplan.

2.6.12 Paso 9: Generación de alternativas

El paso 9, que implica la generación de alternativas, suele ser la parte que requiere la mayor creatividad dentro de la metodología SLP, ya que su objetivo es tomar el diagrama de relaciones del paso 6 (Sección 2.6.9) y transformar un arreglo, teóricamente ideal, en planos a escala de distribución viable y funcional (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

La generación de alternativas implica que se procede a ajustar el diagrama de relaciones de espacio hacia uno o varios planos de bloque que representen posibles distribuciones del área o planta, una vez que se han identificado los siguientes elementos funcionales (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015)

- Productos, cantidades, ruta, etc.
- Relaciones de cercanía entre áreas
- Requerimientos de espacio
- Limitaciones físicas.

En este paso 9 se concreta la creatividad del diseño y, con la ayuda de software especializado como *SketchUp*, *Visio*, *Layout*, *MasterCam*, *SweetHome*, entre otros, se puede diseñar el primer *layout*, tal como se muestra en la Figura 2.10, y después modificarlo para crear varias “versiones” de la distribución.

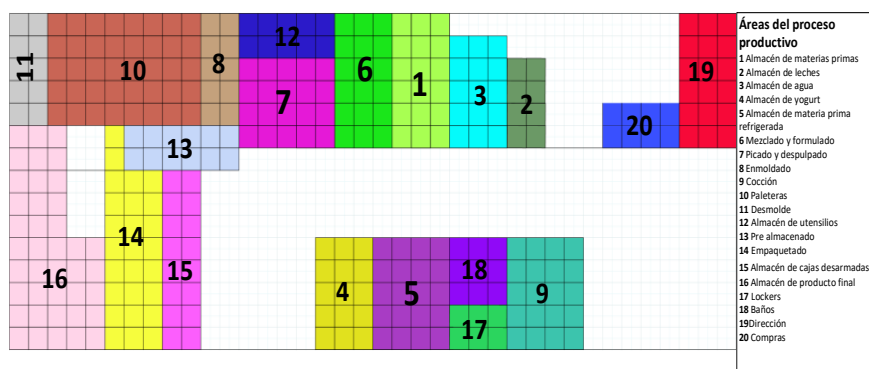


*Figura 2.10 Ejemplo de alternativa elaborada en Layout
(Muther, 1973; Muther & Hales, 2015)*

2.6.13 Paso 10: Selección de alternativa

En este paso, de selección de las alternativas generadas (Sección 2.6.12), se debe seleccionar la distribución que mejor se adapte a las necesidades de la empresa. Este paso se enfoca en comparar de manera estructurada las diferentes opciones, utilizando criterios preestablecidos que permitan seleccionar la alternativa más eficiente y viable desde los puntos de vista operativo, económico y estratégico (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

Algunas de las herramientas utilizadas, para seleccionar la mejor alternativa de distribución incluyen el Método de Decisión Multicriterio (MDM), la simulación de flujo digital, el *software* CAD/3D de diseño de planta, las hojas de cálculo con matriz de comparación y el Mapa de flujo (*Value Stream Mapping*). Aunque todas son útiles, el método de evaluación de factores por puntos (Sección 2.1.2) es más accesible y fácil de implementar, por lo que se recomienda su uso en proyectos de distribución, especialmente cuando se busca simplicidad y claridad en la evaluación.

En resumen, para aplicar el método de evaluación de factores por puntos (Sección 2.1.2) se realizan las siguientes actividades (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015):

- Definir criterios de evaluación.
- Asignar ponderaciones a los criterios.
- Evaluar alternativas.
- Comparar alternativas.
- Selección de la alternativa más adecuada.

2.6.14 Paso 11: Detallado

El paso final de la metodología SLP es el detallado. Éste se enfoca en elaborar el diseño final del *layout* seleccionado, detallando cada elemento y ajustando el plan a las necesidades específicas de la planta o del área. Esto incluye la ubicación precisa de equipos, maquinaria, estaciones de trabajo, pasillos y áreas de almacenamiento, asegurando la optimización de los flujos de trabajo y el cumplimiento de los criterios operativos previamente definidos.

Las herramientas comunes para este paso incluyen planos detallados en CAD, simulaciones de procesos y mapas de flujo. Aunque se puede recurrir a simulaciones avanzadas, el uso de planos detallados en 2D y 3D es generalmente el más accesible y eficiente para la mayoría de los proyectos, ya que permite visualizar y ajustar con precisión el *layout* final (Muther, 1973; Muther & Hales, 2015).

2.7 *Poka-Yoke*: como herramienta de optimización y estandarización de procesos

El dispositivo ***Poka-Yoke*** es una herramienta orientada a la prevención de errores en los procesos productivos, cuyo propósito es evitar que una equivocación humana se convierta en un defecto. Su relevancia en la optimización de procesos radica en que permite incorporar mecanismos simples de control en la operación misma, de modo que las fallas puedan impedirse o detectarse en el momento en que ocurren, sin depender exclusivamente de una inspección final. Este enfoque fue desarrollado por Shingo (1986) en su planteamiento de ***Zero Quality Control***, en el que vincula la inspección en la fuente con dispositivos *Poka-Yoke* para avanzar en la reducción de defectos.

Desde la perspectiva de la mejora y la optimización, según Shingo (1986), el dispositivo *Poka-Yoke* contribuye a reducir desperdicios, retrabajos, tiempos muertos y costos asociados a fallas repetitivas, ya que interviene directamente en la causa inmediata del error. Al mismo tiempo, favorece la estandarización de procesos, ya que obliga o facilita que las actividades se ejecuten conforme a una secuencia correcta, uniforme y previamente definida. En consecuencia, mejora la calidad del producto y la estabilidad operativa del sistema productivo.

2.7.1 Definición y Origen

El término *Poka-Yoke* proviene del japonés y se utiliza para designar mecanismos o métodos “a prueba de errores”, diseñados para impedir equivocaciones o hacerlas evidentes de inmediato. El desarrollo formal del concepto se atribuye a Shingo (1986) quien lo incorporó al contexto del Sistema de Producción de Toyota como parte de una estrategia para alcanzar cero defectos mediante la inspección en la fuente y la prevención de errores en el punto de origen.

Otra definición de Poka-Yoke según Cristóbal Miralles (2011) “*es una técnica que utiliza dispositivos integrados al proceso para prevenir errores humanos o de máquina que generan defectos, o bien para inspeccionar cada unidad producida y determinar si cumple o no con los criterios establecidos*”

La importancia histórica del *Poka-Yoke* radica en que transformó el enfoque tradicional del control de calidad. En lugar de concentrarse únicamente en la inspección posterior al proceso, Shingo (1986) propuso que la calidad debía asegurarse desde el diseño mismo de la operación. Bajo esta lógica, el defecto deja de considerarse un resultado inevitable del trabajo humano y pasa a entenderse como una condición prevenible mediante dispositivos, guías, topes, sensores o secuencias diseñadas racionalmente.

2.7.2 Tipos de *Poka-Yoke*

Los sistemas *Poka-Yoke* pueden clasificarse de distintas maneras, como las siguientes que aparecen en la literatura clásica sobre *Poka-Yoke* como en textos de *Lean Manufacturing* y *Lean Six Sigma* (Hirano & Bodek, 1988):

- **Mecanismos que controlan la operación**, bloqueando o imposibilitando la continuidad del proceso ante un error.
- **Mecanismos que solo advierten de la presencia de una anomalía** enviando una señal para que el operario realice la corrección correspondiente.

En la práctica industrial los dispositivos Poka-Yoke suelen identificarse de las siguientes tres formas recurrentes (Hirano & Bodek, 1988) :

- ***Poka-Yoke de contacto.*** Estos dispositivos detectan anomalías relacionadas con la forma, el tamaño, el color, el peso o alguna otra característica física del componente.
- ***Poka-Yoke de valor fijo.*** Estos dispositivos verifican que se haya cumplido una cantidad predeterminada de movimientos, piezas o acciones.
- ***Poka-Yoke de secuencia o de pasos.*** Estos dispositivos comprueban que las actividades se desarrollen en el orden correcto y sin omisiones.

En términos de implementación, estos tipos pueden materializarse mediante topes físicos, conectores con orientación única, plantillas, sensores, contadores, alarmas o bloqueos automáticos. La selección del tipo de *Poka-Yoke* depende de la naturaleza del proceso, del tipo de error que se pretende evitar y del nivel de criticidad de la operación.

2.7.3 Ventajas de los dispositivos *Poka-Yoke*

Los dispositivos *Poka-Yoke* contribuyen a la mejora continua y a un correcto flujo de los procesos de producción, algunas de sus ventajas son las siguientes (Hirano & Bodek, 1988):

- **Previenen defectos en la fuente.** Los dispositivos permiten evitar que el error se convierta en defecto, actuando directamente en el punto donde ocurre la equivocación.
- **Favorecen la estandarización del trabajo.** Los dispositivos obligan, guían o verifican la ejecución correcta de una tarea, contribuyen a que las operaciones se realicen de forma uniforme.
- **Reducen retrabajos, desperdicios y costos por falla.** Al impedir errores o detectarlos de inmediato, los dispositivos *Poka-Yoke* disminuyen la probabilidad de retrabajos, desperdicio de material, reprocesos y tiempos improductivos.
- **Son comprensibles para supervisores y operarios.** Los dispositivos *Poka-Yoke* suelen diseñarse para ser visibles, comprensibles y funcionales en la operación cotidiana, lo que favorece su adopción y sostenimiento.

2.7.4 Desventajas de los dispositivos *Poka-Yoke*

Aunque los dispositivos prueban ser una gran solución a los problemas dentro de los procesos de producción, también presentan algunas de las siguientes desventajas (Hirano & Bodek, 1988):

- **No todos los errores pueden eliminarse por completo.** Aunque los *dispositivos Poka-Yoke* reducen significativamente la ocurrencia de defectos, no todos los errores son igualmente susceptibles de prevenirse mediante mecanismos físicos o controles simples. En procesos complejos, variables o altamente manuales, algunos errores pueden detectarse, no impedirse totalmente.
- **Pueden requerir adaptación técnica o apoyo de ingeniería.** Aunque muchas ideas surgen del personal operativo, su implementación con frecuencia requiere el apoyo de ingeniería, herramientas o especialistas en máquinas. Por ello, algunos dispositivos pueden requerir ajustes técnicos, el rediseño de utillajes o la intervención en el equipo existente.
- **Su efectividad depende del diseño adecuado del proceso.** Un dispositivo *Poka-Yoke* mal diseñado, mal ubicado o poco alineado con la causa real del error puede generar falsas seguridades o controles insuficientes.
- **Pueden generar inversión inicial.** Aunque muchos *Poka-Yoke* son sencillos, algunos requieren sensores, modificaciones de herramientas, rediseño de estaciones o adecuaciones de máquinas. Por tanto, su aplicación puede implicar costos iniciales, especialmente cuando se busca robustecer procesos industriales ya instalados.
- **No sustituyen por completo la capacitación ni la mejora continua.** Los dispositivos *Poka-Yoke* fortalecen el control del proceso, pero no eliminan la necesidad de entrenamiento, supervisión técnica y revisión continua del método de trabajo.

2.8 Conclusión

Al finalizar este capítulo, se han establecido los fundamentos teóricos y las metodologías de ingeniería industrial que sirven de base para el desarrollo del proyecto. La revisión de estos conceptos permite asegurar que la propuesta de mejora cuente con un soporte técnico adecuado para abordar las problemáticas identificadas en la empresa de helados.

Capítulo 3

Implementación de mejoras

En este capítulo se abordará el desarrollo de la metodología planteada para el presente proyecto, con el objetivo de mejorar los indicadores que afectan la producción y distribución del área piloto seleccionada para el presente proyecto. La metodología que se llevara a cabo contempla etapas como la definición de área piloto, medir y mejorar indicadores, aplicación de las mejoras propuestas y formulación de plan para control y prolongación de las mejoras obtenidas.

3.1 Metodología

La metodología utilizada para alcanzar el objetivo de mejorar el proceso de producción y distribución en la planta de Helados del Centro, S.A. de C.V. mediante el uso de herramientas de *Lean Manufacturing* y *Systematic Layout Planning* (SLP), se detalla a continuación:

1. Exploración integral de la empresa.
2. Diagnóstico empresarial FODA.
3. Identificación de problemáticas.
4. Selección de área piloto.
5. Definición de indicadores clave de desempeño (*KPI*).
6. Realización de análisis PQRST (Product, Quantity, Resources, Space, Time)
7. Medición de distancia semanal recorrida del *Layout* (Antes de aplicación de SLP)
8. Presentación de propuesta de mejora respaldada por la metodología SLP
9. Medición de la distancia semanal recorrida del nuevo *Layout* (después de aplicación SLP)
10. Implementación de mejora: *Poka-Yoke* en área de paletas
11. Comparación de indicadores: distancia recorrida y unidades defectuosas
12. Determinación del impacto económico y ahorro en costos de no calidad
13. Análisis de resultados

3.2 Exploración integral de la empresa

Se realizó la exploración integral de la empresa en estudio, S.A. de C.V., para obtener un conocimiento detallado de su funcionamiento y de su estado actual. Con base en ello, se realizaron diversas actividades que facilitaron la identificación de los procesos, de su estructura operativa y de las oportunidades de mejora. Las actividades que se realizaron fueron las siguientes:

- Revisión de antecedentes.
- Recorridos por la empresa.
- Reconocimientos de los procesos de la empresa.

3.2.1 Revisión de antecedentes

Con el objetivo de comprender en profundidad la historia, evolución y contexto de la empresa en estudio se realizó lo siguiente:

- Recopilación de toda la información proporcionada, que incluyó informes anuales, manuales internos, comunicados oficiales y otros documentos redactados desde su fundación.
- Extracción de información clave de la documentación proporcionada sobre hechos clave en su desarrollo: la creación de la marca, los cambios en su estructura organizacional y aspectos clave como la misión, la visión y los valores.
- Realización de entrevistas a los colaboradores para complementar la información previa y corroborar sus perspectivas sobre la empresa y su cultura organizacional. Estas entrevistas fueron fundamentales para obtener una visión más humana y personalizada de la empresa en estudio.

3.2.2 Recorridos por la empresa

Realizar recorridos para conocer las áreas que integran la empresa en estudio fue fundamental para el avance del proyecto, ya que permitió obtener un panorama actualizado del estado de las instalaciones. Esto se logró mediante recorridos programados durante la estancia realizada en el primer mes de estudio (octubre de 2024), concluyendo que la empresa cuenta con 17 colaboradores que trabajan en un turno diurno de 8 horas, en las siguientes áreas, realizando las actividades descritas previamente en el diagrama de procesos (

Figura 1.5 de la Sección 1.4.9):

- Dirección General.
- Contabilidad.
- Compras.
- Ventas.
- Almacenes.
- Producción de postres.
- Producción.

3.2.3 Reconocimiento de los procesos de la empresa

Se realizaron recorridos por la planta y entrevistas con los colaboradores de cada área, y gracias a ello se logró identificar y comprender en profundidad los procesos que se llevan a cabo en la empresa, desde la recepción de una solicitud de producto hasta su entrega final al cliente.

Durante los recorridos se reconocieron detenidamente las tareas de cada departamento y de cada proceso, asimismo, se determinaron las interrelaciones que facilitan el flujo de trabajo. La representación gráfica de estos procesos se plasmó en un diagrama de procesos de paletas de hielo de la empresa en estudio (

Figura 1.5 de la Sección 1.4.9):

El diagrama de procesos realizado no sólo permitió visualizar con claridad el sistema operativo de la empresa, sino que también sirvió como herramienta fundamental para identificar cada una de las áreas del proceso operativo general de la empresa en estudio.

3.3 Diagnóstico empresarial: FODA

En el marco del análisis estratégico de la empresa en estudio, se realizó una evaluación exhaustiva mediante la herramienta FODA, que permitió identificar y clasificar los factores clave que influyen en su desempeño. Este análisis proporcionó una visión clara de las siguientes fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que la empresa enfrentaba, tanto en el ámbito interno como en el externo, con el objetivo de orientar las decisiones estratégicas que se adoptarán para mejorar la competitividad y sostenibilidad en el mercado:

- **Fortalezas:**

- **Calidad del producto.** Utilización de ingredientes frescos y naturales que garantizan un sabor auténtico y de calidad.
- **Innovación en sabores.** Ofrecen una amplia variedad de sabores únicos que atraen a clientes que buscan diversidad.
- **Buena reputación.** La empresa cuenta con una sólida imagen de marca y una base de clientes leales a nivel estatal y nacional.
- **Ubicación estratégica.** Situada en una zona que permite la distribución de los productos a diferentes partes del estado y fuera de él, debido a que se comunica con las principales arterias vehiculares de la zona
- **Servicio al cliente.** Se cuenta con personal capacitado y comprometido para brindar una atención personalizada y amable.

- **Oportunidades:**

- **Expansión de mercado.** El crecimiento de la demanda, a nivel local y nacional, de productos artesanales y saludables abre la posibilidad de productos sin azúcar o veganos.
- **Alianzas estratégicas.** Es proveedora de cafeterías y restaurantes para ampliar la distribución y la visibilidad de la marca.
- **Innovación tecnológica.** Uso de las nuevas plataformas digitales y del comercio electrónico para acceder a nuevos mercados y aumentar las ventas.
- **Eventos y promociones.** Participación en ferias gastronómicas y eventos locales que permitan fortalecer la imagen de la marca y conocer lo que están haciendo los empresarios en diferentes partes

- **Debilidades:**

- **Estacionalidad.** La demanda de helados y derivados tiende a disminuir en las épocas de clima frío, lo que puede afectar los ingresos en ciertos periodos del año.
- **Capacidad de producción.** Limitaciones de infraestructura y tecnología que pueden dificultar la ampliación de la producción ante un incremento inesperado de la demanda.
- **Altos costos de insumos.** La prioridad de mantener la calidad puede llevar a invertir más dinero del previsto, lo que afecta la competitividad del precio de venta final.

- **Diversificación limitada.** Poca variedad en la línea de producción, lo que podría diversificar la oferta y atraer a otros segmentos del mercado.

- **Amenazas:**
 - **Competencia interna.** La presencia de cadenas y marcas más grandes en el mercado de helados y derivados, que ofrecen productos similares, puede reducir el tamaño del mercado.
 - **Cambios de tendencia.** Las variaciones en la preferencia del mercado y la creciente preocupación por la presencia de azúcar en los alimentos pueden modificar la demanda de los productos.
 - **Fluctuación de precios.** El aumento de los costos de materias primas y otros insumos esenciales puede afectar negativamente la rentabilidad de los productos.
 - **Condiciones climáticas adversas.** Eventos climáticos extremos, como lluvias, frentes fríos, nevadas o inundaciones, pueden afectar la producción y la distribución, así como la afluencia de clientes.

Para obtener una visión integral del análisis, se elaboró la Figura 3.1.

3.4 Identificación de problemáticas

El proceso para identificar las problemáticas de la empresa no se limitó al análisis de información interna, sino que se amplió mediante la integración de diversos métodos que permitieron obtener una visión integral de la situación. Los enfoques utilizados para recolectar la información relevante se detallan a continuación:



*Figura 3.1 Análisis FODA de la empresa en estudio.
(Elaboración propia)*

- **Entrevistas con colaboradores** (Sección 3.2.3). Se llevaron a cabo entrevistas con miembros del equipo, lo que brindó una perspectiva más humana de la organización y de su cultura de trabajo, y reveló aspectos importantes que no se reflejaban sólo en los datos.
- **Recorridos por la planta** (Sección 3.2.3). Se realizaron visitas a las instalaciones para observar directamente las condiciones de los procesos operativos, lo que facilitó la identificación de áreas de mejora y permitió contrastar la información obtenida en las entrevistas.
- **Análisis FODA** (Sección 3.3). Se realizó un análisis exhaustivo de los factores internos y externos que afectan el desempeño de la empresa, lo que permitió identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Este enfoque fue complementado con reuniones con la dirección, en las cuales se discutieron las observaciones y se identificaron las siguientes **cuatro problemáticas** que afectan el rendimiento de la empresa:

1. **Flujo de trabajo deficiente.** La distribución inadecuada de las tareas entre las distintas áreas afecta la eficiencia general de los procesos.
2. **Retrabajos y desperdicios.** La falta de planificación adecuada y la demanda repentina de productos provocan retrabajos y desperdicios, lo que afecta tanto la productividad como los costos operativos.

3. **Desorden en áreas operativas.** La falta de organización en las áreas de trabajo genera ineficiencias en la operación y retrasa el cumplimiento de las tareas.
4. **Baja capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.** La empresa enfrenta dificultades para adaptarse rápidamente a la demanda del mercado, lo que limita su capacidad para aprovechar oportunidades y mantener un servicio eficiente.

Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la implementación de acciones correctivas y la optimización de los procesos operativos de la empresa.

3.5 Selección de área piloto

Una vez realizado el reconocimiento de las diferentes áreas (Sección 1.4.6), de los procesos productivos (Sección 1.4.9), del diagnóstico empresarial (Sección 3.3) y de la identificación de problemáticas (Sección 3.4), se procedió a seleccionar un área piloto en la que se concentrarán los esfuerzos para aplicar las mejoras propuestas.

La alta dirección consideró esencial seleccionar el área piloto que ofreciera el mayor beneficio para mejorar los procesos y que estuviera directamente relacionada con las cuatro problemáticas detectadas: flujo de trabajo deficiente, retrabajos y desperdicios, desorden en las áreas operativas y la baja capacidad de respuesta ante la demanda del mercado. Con base en ello, se definieron las siguientes actividades para identificar y priorizar el área que se consideró más adecuada para la mejora:

- Definición de áreas operativas.
- Definición de factores de decisión.
- Definición de área piloto.

3.5.1 Definición de áreas operativas

Con el objetivo de optimizar los procesos internos que afectan directamente la rentabilidad, la calidad del producto y la satisfacción del cliente, en la empresa en estudio se consideraron las cuatro problemáticas identificadas en la Sección 3.4, derivadas del análisis FODA, de entrevistas con colaboradores, de recorridos por la planta y de conversaciones con la dirección.

A partir de estas problemáticas, la alta dirección determinó que los esfuerzos debían concentrarse en cinco áreas operativas estratégicas, esenciales para abordar de manera efectiva los desafíos detectados:

1. **Producción.** Al ser el núcleo del negocio, su gestión eficiente es crucial para corregir el flujo de trabajo deficiente y mejorar la productividad general. Esta área también tiene un impacto directo en la reducción de retrabajos y desperdicios, ya que una mejor organización del flujo de trabajo minimizará las fallas en la planificación y la ejecución de los procesos.
2. **Producción de helados.** Esta área, al ser la base de la producción complementaria, se enfocará en asegurar una producción constante, resolviendo tanto el flujo de trabajo deficiente como los retrabajos y los desperdicios causados por la falta de estandarización en los procesos. Optimizar esta área permitirá un mayor control de la calidad y la reducción de errores en la fabricación de los productos.
3. **Almacenes.** Al tener un impacto directo en el flujo de materiales y productos, esta área es clave para resolver el desorden general en las áreas operativas y la escasa capacidad de respuesta ante la demanda del mercado. Mejorando la organización del espacio y la gestión de inventarios, se logrará un flujo más ágil de materiales e insumos, lo que optimizará el tiempo de respuesta a las órdenes y reducirá el desorden que afecta la eficiencia.
4. **Área de camionetas y embarque.** Esta área es crucial para mantener la fluidez operativa y mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda, asegurando una distribución más eficiente y rápida. Una gestión adecuada en esta área también ayudará a reducir los retrabajos y los desperdicios asociados a la falta de planificación en la entrega de productos y en la rotación de inventarios.
5. **Taller de mantenimiento.** Su papel esencial en el mantenimiento de equipos y maquinarias será fundamental para garantizar el buen funcionamiento de los procesos, reduciendo las paradas no programadas que impactan negativamente en la eficiencia operativa. Además, ayudará a mitigar problemas derivados de un flujo de trabajo deficiente, asegurando que los equipos funcionen correctamente y sin interrupciones innecesarias.

Al centrarse en estas áreas operativas clave, se busca mejorar la eficiencia operativa y garantizar que cada etapa del proceso de producción y distribución se alinee con los estándares

de excelencia que caracterizan a la empresa en estudio, abordando de manera integral las cuatro problemáticas críticas identificadas.

3.5.2 Definición de factores de decisión

Para definir los factores prioritarios para la selección de un área piloto dentro de la empresa en estudio, se aplicaron la técnica de lluvia de ideas (Sección 2.2.1) y el diagrama de afinidad (Sección 2.2.2). Este enfoque permitió recopilar diversas perspectivas del equipo de trabajo, fomentando la generación de ideas de manera estructurada y colaborativa.

Para garantizar un proceso ordenado y efectivo, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Se determinó el tema principal de la lluvia de ideas: “la identificación de factores prioritarios para seleccionar un área piloto en la empresa en estudio”.
2. Se formó un equipo de trabajo familiarizado con los distintos procesos de las áreas de la planta. El equipo se conformó por el director general, el gerente de ventas, el gerente de compras, el encargado de producción y el tesista.
3. Se determinó al autor del presente proyecto como moderador.
4. Se desarrolló un listado de las siguientes 35 ideas relacionadas con factores que cada miembro consideró importantes:
 - 1) Refuerzo de habilidades mediante la aplicación de metodologías.
 - 2) Posible solución de problemas.
 - 3) Exploración de innovación tecnológica.
 - 4) Toma de decisiones con fundamentos técnicos.
 - 5) Mejoramiento de proceso.
 - 6) Generación de puestos de trabajo.
 - 7) Aumento de la producción en la región.
 - 8) Fomento al emprendimiento.
 - 9) Expansión del mercado.
 - 10) Mejora de la competitividad.
 - 11) Optimización de costos mediante mejoras puntuales.
 - 12) Mejora de la calidad.
 - 13) Implementación de programas de lealtad o de mejora de la experiencia del cliente.

- 14) Alianzas estratégicas con empresas para aprovechar sus recursos.
 - 15) Monitoreo continuo del rendimiento.
 - 16) Ambiente laboral saludable.
 - 17) Cumplimiento de normativas.
 - 18) Equipo de seguridad adecuado.
 - 19) Condiciones de trabajo dignas.
 - 20) Canal de comunicación abierto.
 - 21) Automatización de tareas repetitivas.
 - 22) Análisis de flujo de trabajo.
 - 23) Exploración de la filosofía *Lean*.
 - 24) Capacitación de personal.
 - 25) Monitoreo de los factores de rendimiento.
 - 26) Revisión del *Layout* actual de la planta.
 - 27) Zonificación de los almacenes.
 - 28) Reducción de inventario innecesario.
 - 29) Implementación de las metodologías *Lean*.
 - 30) Expansión o redistribución estratégica.
 - 31) Gestión de la jornada de trabajo.
 - 32) Mantenimiento preventivo
 - 33) Gestión adecuada de los almacenes.
 - 34) Estandarización de los procesos de producción.
 - 35) Adaptabilidad a la demanda.
5. Se integraron todas las ideas y se realizó un debate para discutir las diferentes opiniones de los miembros.
 6. Se agruparon las ideas, generadas durante la lluvia de ideas, en las siguientes 7 familias:
 - I. ***Mejorar la distribución del flujo de trabajo.*** Resolver el flujo de trabajo deficiente que afecta la eficiencia en varias áreas operativas.
 - II. ***Reducir los retrabajos y los desperdicios.*** Eliminar retrabajos y desperdicios derivados de una planificación inadecuada y de demandas imprevistas.
 - III. ***Reducir el desorden en las áreas operativas.*** Mejorar la organización y el uso del espacio en las áreas de trabajo para optimizar la operatividad.
 - IV. ***Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.*** Aumentar la flexibilidad operativa y optimizar la logística para responder mejor a las fluctuaciones del mercado.

- V. **Mejorar la eficiencia en la producción.** Reducir la ineficiencia operativa causada por la falta de estandarización y de coordinación de procesos.
- VI. **Mejorar la organización de los recursos materiales.** Optimizar el almacenamiento y la distribución de materiales para evitar retrasos y mejorar el flujo de productos.
- VII. **Reducir las paradas no programadas.** Minimizar las interrupciones en la producción por fallas en los equipos, mejorando la eficiencia operativa.

Se elaboró la Tabla 3.1 para mostrar cómo quedaron agrupadas las ideas en los 7 factores prioritarios.

*Tabla 3.1 Definición de factores prioritarios
(Elaboración propia)*

No.	Familia (Factor prioritario)	Idea generada
1	Mejorar la distribución del flujo de trabajo	· Análisis de flujo de trabajo · Automatización de tareas repetitivas · Optimización de la logística de distribución
2	Reducir los retrabajos y desperdicios	· Optimización de la planificación de la producción · Estandarización de los procesos de producción · Control de calidad
3	Reducir el desorden en las áreas operativas	· Mejor organización del espacio físico · Revisión del Layout actual de la planta · Zonificación de los almacenes
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda	· Adaptabilidad a la demanda · Expansión del mercado · Aumento de la producción en la región
5	Mejorar la eficiencia en la producción	· Mantenimiento preventivo · Implementación de las metodologías Lean · Monitoreo continuo del rendimiento
6	Mejorar la organización de los recursos materiales	· Gestión correcta de los almacenes · Reducción de inventario innecesario · Monitoreo de los factores de rendimiento
7	Reducir las paradas no programadas	· Mantenimiento preventivo · Refuerzo de habilidades mediante aplicación metodologías · Equipo de seguridad adecuado

3.5.3 Selección de área piloto

Con el fin de seleccionar un área piloto, entre las cinco áreas operativas estratégicas mencionadas en la Sección 3.5.1, para el desarrollo del presente proyecto, se empleó el método de evaluación de factores por puntos, utilizando los factores prioritarios derivados de la lluvia de ideas (Tabla 3.1). Para completar los pasos del método por puntos se realizó lo siguiente:

1. **Definir el equipo de trabajo.** El equipo de trabajo se conformó por el director general, los gerentes de ventas y compras y el encargado de producción. Este equipo trabajó con el objetivo de ponderar los factores prioritarios.
2. **Describir los factores prioritarios.** Una vez identificados los factores prioritarios por el equipo de trabajo, se describió cada uno de ellos para comprender sus componentes y puntos clave; el resultado se presenta en la Tabla 3.2.
3. **Agregar peso a los factores prioritarios.** En este paso se asignaron los pesos a cada factor prioritario, con base en la importancia asignada por el equipo de trabajo, utilizando una escala de 0 a 100 para ponderar cada factor, donde 100 se consideró el valor más alto posible y 0 el menor (Tabla 3.3).

*Tabla 3.2 Descripción de factores prioritarios
(Elaboración propia)*

No.	Factores prioritarios	Descripción
1	Mejorar la distancia del flujo de trabajo.	Reducir la cantidad de pasos o el tiempo necesario para completar una tarea o proceso dentro de una organización.
2	Reducir los retrabajos y desperdicios.	Minimizar las tareas que deben repetirse debido a errores o ineficiencias y eliminar el uso innecesario de recursos.
3	Reducir el desorden en las áreas operativas.	Organizar y mantener limpios los espacios de trabajo para mejorar la eficiencia y seguridad.
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.	Aumentar la capacidad de una organización para adaptarse rápidamente a cambios en la demanda de sus productos o servicios, mediante la flexibilidad operativa y asegurando la satisfacción del cliente.
5	Mejorar la eficiencia en la producción.	Optimizar los procesos y recursos utilizados para la fabricación de productos o servicios, con el objetivo de aumentar la cantidad y calidad de la producción en el menor tiempo posible y con el menor costo.
6	Mejorar la organización de los recursos materiales.	Gestionar de manera eficiente los materiales y suministros utilizados en el proceso productivo o en una operación.
7	Reducir las paradas no programadas.	Minimizar las interrupciones imprevistas en los procesos de producción o en el funcionamiento de maquinaria y equipos.

*Tabla 3.3 Pesos de factores prioritarios
(Elaboración propia)*

No.	Factores Prioritarios	Pesos
1	Mejorar la distancia del flujo de trabajo.	100
2	Reducir los retrabajos y desperdicios.	100
3	Reducir el desorden en las áreas operativas	90
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.	90
5	Mejorar la eficiencia de la producción.	95
6	Mejorar la organización de los recursos materiales.	95
7	Reducir las paradas no programadas.	85

- Definir la escala para calificar el impacto de los factores prioritarios en las áreas operativas estratégicas. La escala seleccionada fue la de las vocales (A, E, I, O, U). Donde la letra A representa la mayor puntuación posible y la letra U, la menor. El resultado se muestra en la Tabla 3.4.
- Obtener el puntaje de cada factor por área. En este paso, se multiplicaron los pesos de cada factor prioritario por la calificación de impacto del factor en las áreas operativas estratégicas y se colocaron en la columna de puntaje por factor, como se muestra en la Tabla 3.5.
- Obtener el puntaje total por área. Se calculó la suma de los puntajes de cada factor obtenidos en cada área, con el objetivo de seleccionar un área piloto para el desarrollo del presente proyecto (Tabla 3.5).

*Tabla 3.4 Escala de vocales
(Muther & Cabré Rabadá, 1970)*

Letra	Significado	Puntos
A	Excelente (perfecto).	4
E	Muy bueno (considerablemente bueno).	3
I	Bueno (resultado positivo).	2
O	Mediano (porcentaje de mejora bajo).	1
U	Mediocre (mejora nula)	0
X	Imposible (no aplica o no cumple).	

*Tabla 3.5 Método por puntos: selección de área piloto
(Muther & Cabré Rabadá, 1970).*

Metodo de evaluación de factores por puntos, selección de área piloto														
Calificación de Factores				Empresa:		Proyecto:		Acotaciones echas por:			Fecha:			
Escala de vocales	Letra	Significado		valor		Helados del Centro	Selección de Área piloto	Victor J. Sánchez Ramírez			17/01/2025			
	A	Excelente	Perfecto	4										
	E	Muy bueno	Considerablemente bueno	3										
	I	Bueno	Resultado positivo	2										
	O	Mediano	Porcentaje de mejora bajo	1										
	U	Mediocre	Mejora nula	0	Acotacion bruta o ponderada.									
	X	Imposible	No aplica o no cumple.	-										Áreas de selección
				Produccion		Produccion de Helados		Almacenes		Área de camionetas		Taller de herramientas		
Nº	Factores prioritarios			Pesos	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor
1	Mejorar la distancia del flujo de trabajo.			100	A	400	E	300	E	300	I	200	I	200
2	Reducir los retrabajos y desperdicios.			100	A	400	A	400	I	200	X	-	I	200
3	Reducir el desorden en las areas operativas			90	E	270	E	270	A	360	E	270	E	270
4	Mejorar la capacidad de respuesta ante la demanda.			90	A	360	A	360	E	270	O	90	A	360
5	Mejorar la eficiencia de la producción.			95	A	380	A	380	E	285	I	190	O	285
6	Mejorar la organización de los recursos materiales.			95	A	380	E	285	A	380	E	285	E	285
7	Reducir las paradas no programadas.			85	E	255	E	255	I	170	A	340	E	255
Puntajes totales de cada área					2445		2250		1965		1375		1855	
Área de piloto seleccionada  Producción														

La implementación del método de evaluación de factores por puntos permitió evaluar las diferentes áreas operativas estratégicas de la empresa Helados del Centro, con base en criterios predefinidos y cuantificables, lo que facilitó la identificación del área más idónea para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto.

El resultado de la aplicación de este método (Tabla 3.5) mostró los puntajes totales de cada una de las posibles áreas operativas evaluadas, a partir de los cuales se determinó **que el área piloto para desarrollar el presente proyecto es el área de producción**, con un puntaje total de **2,445 puntos**.

La importancia de este método radicó en su capacidad para proporcionar una evaluación estructurada y coherente de las áreas evaluadas. El asignar puntos a cada área, en función de factores previamente definidos, contribuyó a la toma de decisiones más informadas y alineadas con los objetivos estratégicos del presente proyecto.

3.6 Definición de indicadores clave de desempeño (KPI)

Una vez definida el área piloto (Sección 3.5.3) en la que se desarrolló el presente proyecto y, con base en las problemáticas detectadas (Sección 3.4), se definieron indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés, de *Key Performance Indicator*) que ofrecieran una métrica específica, medible, alcanzable y relevante para los objetivos que persigue el proyecto (Sección 1.5). Los *KPI* seleccionados fueron los siguientes:

1. **Distancia Semanal Recorrida.** Este indicador mide la eficiencia de la distribución de planta (*Layout* actual) cuantificando el desplazamiento total de los elementos del proceso de producción de paletas de hielo durante una semana de operación. Para su determinación se realizarán las siguientes actividades.
2. **Unidades Defectuosas de Paletas de Hielo.** Este indicador mide la calidad del proceso de fabricación, específicamente en la etapa de congelación y colocación de palitos de madera.

3.7 3 Realización de análisis PQRST (*Product, Quantity, Resources, Space, Time*)

Con ayuda de la exploración integral de la empresa (Sección 3.2), el área piloto seleccionada (Sección 3.5.3) y con el objetivo de resolver las problemáticas relacionadas con la disposición de espacio, los flujos de trabajo y la estandarización de los procesos (Sección 3.4), las cuales se relacionan con los indicadores definidos en la Sección 3.6, se realizó lo siguiente:

1. Identificación de producto principal (P).
2. Identificación de volumen de producción (Q).
3. Identificación de recorridos (R).
4. Identificación de servicios auxiliares (S).
5. Consideración del tiempo de los procesos (T).

3.7.1 Identificación de producto principal (P)

Derivado de los recorridos realizados en la empresa en estudio (Sección 3.2.2), en el área de producción se identificó que el producto principal son las paletas de hielo. Éstas tienen las siguientes tres características:

- Se elaboran con 3 tipos de base: agua, leche entera y yogurt natural.
- Tiene diversos ingredientes, adicionales a la base: leche entera, azúcar, dextrosa, estabilizante, crema de leche, fruta galleta, chispas de chocolate y/o saborizante artificial.
- Su presentación es de 120g (100 ml).
- Se puede fabricar hasta 23 sabores en cuatro tipos: agua, yogurt, leche y selectos.

3.7.2 Identificación de volumen de producción (Q)

Los datos referentes a la cantidad (Q) en el presente análisis se identificaron a partir de los inventarios de producción registrados durante las semanas 14, 15 y 16, que comprendieron del 31 de marzo del 2025 al 19 de abril del 2025. Estos datos se muestran en la Tabla 3.6.

Con base en la Tabla 3.6 se determinó que el **volumen de producción/semana**, en promedio, es de **406 cajas/semana**. Adicionalmente, se recolectaron datos de ventas y se registraron en

la Tabla 3.7, por lo que se concluyó que, en promedio, se venden 330 cajas por semana. Lo que equivale a una sobreproducción del 20%.

Para fines de análisis, se determinó que el promedio semanal de producción (**Q**) es de **406 cajas**.

3.7.3 Identificación de recorridos (R)

En esta sección se describen las siguientes tres actividades realizadas para la identificación del recorrido de las personas, productos e información, dentro del proceso de producción, a través de las áreas identificadas en la Sección 1.4.9:

- Áreas del proceso de producción de paletas de hielo
- Asignación de abreviaturas a cada área
- Identificación de elementos que fluyen dentro del proceso de producción de paletas de hielo
- Identificación de recorridos (R)
- Elaboración de diagramas de *espaguetti*

3.7.3.1 Áreas del proceso de producción de paletas de hielo

Con ayuda del diagrama de proceso (Sección 1.4.9), se elaboró un diagrama del proceso de producción de paletas de hielo para identificar las áreas del proceso, el cual se muestra en la Figura 3.2.

Tabla 3.6 Datos de inventario de producción: cajas producidas por semana (Elaboración propia)

Semana	Tipos de paletas congeladas			
	Agua	Leche	Yogurt	Selecto
14	192	149	0	175
15	144	90	34	212
16	37	73	27	86
Promedio tipo/sem.	124.33	104	20.33	157.67
Total, a producir por la semana	406			

*Tabla 3.7 Datos de ventas: cajas vendidas por semana
(Elaboración propia)*

Cajas vendidas por semana 2025					
Semana	Tipos de paletas congeladas				Total semanal
	Agua	Leche	Yogurt	Selecto	
14	139	147	32	152	470
15	85	75	17	95	272
16	67	83	12	85	247
Promedios por semana	198	207	40	231	330

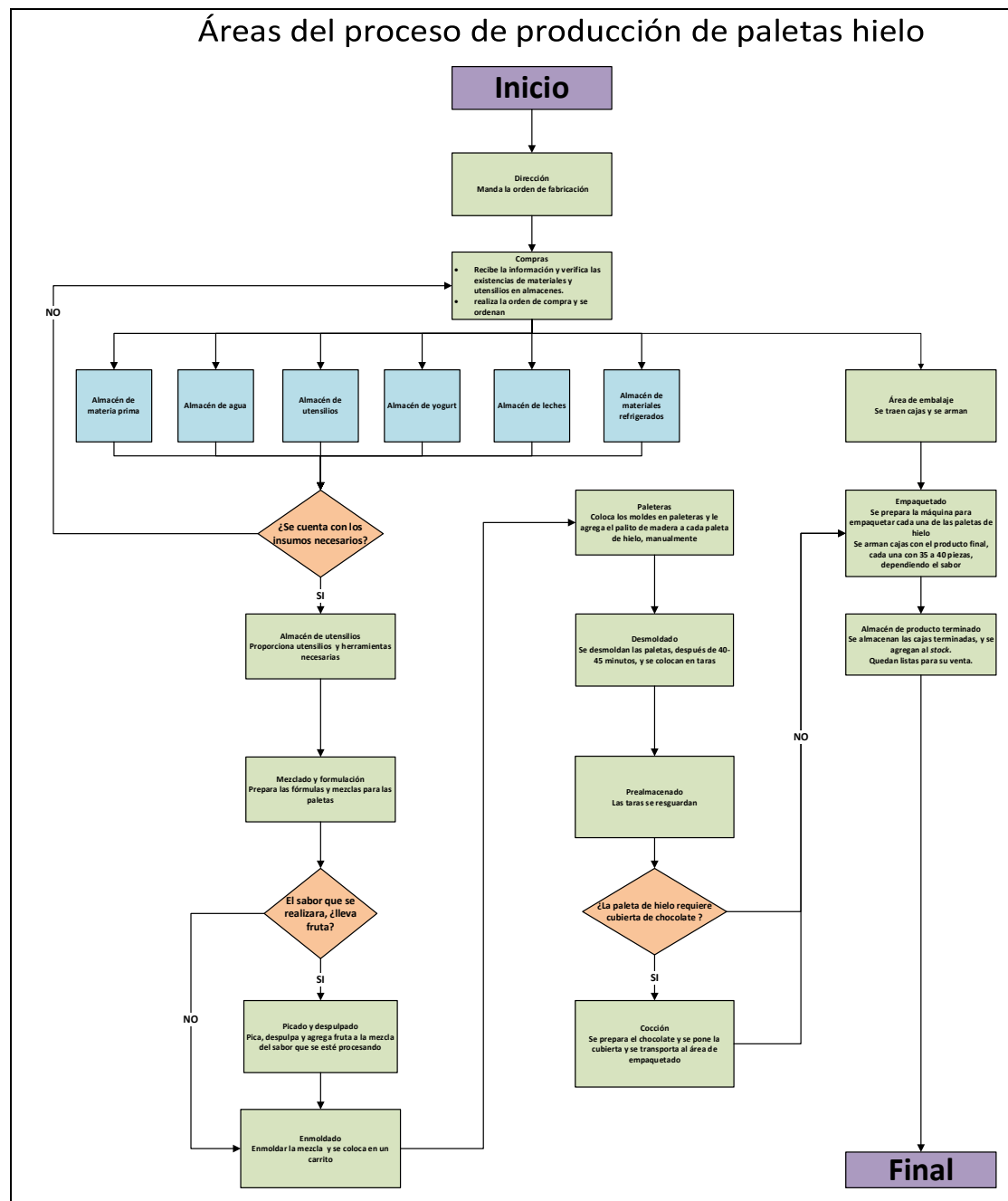


Figura 3.2 Diagrama de proceso de paletas de hielo RESUMIDO
(Elaboración propia)

3.7.3.2 Asignación de abreviaturas a cada área

A cada una de las áreas del diagrama de proceso de paletas de hielo (Figura 3.2) se le asignó la abreviatura que se muestra en la Tabla 3.8. Esta asignación de abreviaturas permitió una mejor organización, visualización, reconocimiento y seguimiento de las áreas involucradas en el proceso.

3.7.3.3 Identificación de elementos que fluyen dentro del proceso de producción de paletas de hielo

Con la exploración integral (Sección 3.2), el diagrama de proceso de producción de paletas de hielo (Figura 3.2) y la asignación de abreviaturas a cada área (Tabla 3.8), de la empresa en estudio, se identificaron los siguientes elementos que fluyen dentro del proceso de producción de paletas de hielo:

- Productos.
- Personal.
- Información.

Tabla 3.8 Abreviatura de las áreas del proceso productivo de la empresa en estudio (Elaboración propia)

Numero	Áreas	Abreviatura
1	Almacén de materias primas	ALMP
2	Almacén de leches	ALML
3	Almacén de agua	ALMA
4	Almacén de yogurt	ALMY
5	Alcen de materia prima refrigerados	ALMPR
6	Mezclado y Formulación	MEFO
7	Picado y despulpado	PICDE
8	Enmoldado	ENMO
9	Cocción	COCCI
10	Paleteras	PALT
11	Desmolde	DESMO
12	Almacén de utensilios	ALMUT
13	Pre almacenado	PREALM
14	Empaquetado	EMPA
15	Almacen de cajas desarmadas	ALMCA
16	Almacén de producto final	ALMPF
17	Lockers	LOCK
18	Baños	BAÑO
19	Dirección	DIR
20	Compras	COMPR

3.7.3.4 Identificación de recorridos (R)

Con base en el diagrama de proceso de producción de paletas de hielo (Figura 3.2), la asignación de abreviaturas a cada área (Tabla 3.8) y los recorridos de los elementos que fluyen

dentro del proceso de producción de paletas de hielo se determinaron. Los recorridos se plasmaron en la Tabla 3.9.

3.7.3.5 Elaboración de diagramas de espagueti

Con los recorridos identificados en la Tabla 3.9 (Sección 3.7.3.3), se elaboró un diagrama de espagueti (Figura 3.3 y Figura 3.4) con el objetivo de visualizar de manera más clara y sencilla las interacciones entre los elementos. Este diagrama, además, permitió visualizar recorridos innecesarios o redundantes en el proceso.

Tabla 3.9 Recorridos de cada elemento por las áreas de la empresa en estudio (Elaboración propia).

Elemento	Nombre	Recorridos entre departamentos
Producto	Cubito de agua	ALMP-ALMA-ALMPR-ALMUT-MEFO-ENMO-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
	Cubito de leche	ALMP-ALML-ALMA-ALMPR-ALMUT-MEFO-PICDE-ENMO-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
	cubito de yogurth	ALMP-ALML-ALMA-ALMY-ALMUT-MEFO-PICDE-ENMO-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
	Cubito selecto	ALMP-ALML-ALMA-ALMY-ALMUT-MEFO-COCCI-ENMO-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
Personas	Encargada de producción	LOCK-MEFO-ALMUT-MEFO-PICDE-ENMO-PALT-DESMO
	Auxiliar de producción 1	LOCK-ALMP-ALML-ALML-ALMPR-MEFO-ALMUT-PICDE-ENMO-COCCI-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
	Auxiliar de producción 2	LOCK-ALMP-ALML-ALML-ALMPR-MEFO-ALMUT-PICDE-ENMO-COCCI-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
	Auxiliar de producción 2	LOCK-ALMP-ALML-ALML-ALMPR-MEFO-ALMUT-PICDE-ENMO-COCCI-PALT-DESMO-PREALM-EMPA-EMBA-ALMPF
Información	Ordenes de producción	ALMP-ALML-ALMA-ALMR-MEFO-COMPR
	Ordenes de compra	ALMP-ALML-ALMA-ALMR-MEFO-COMPR

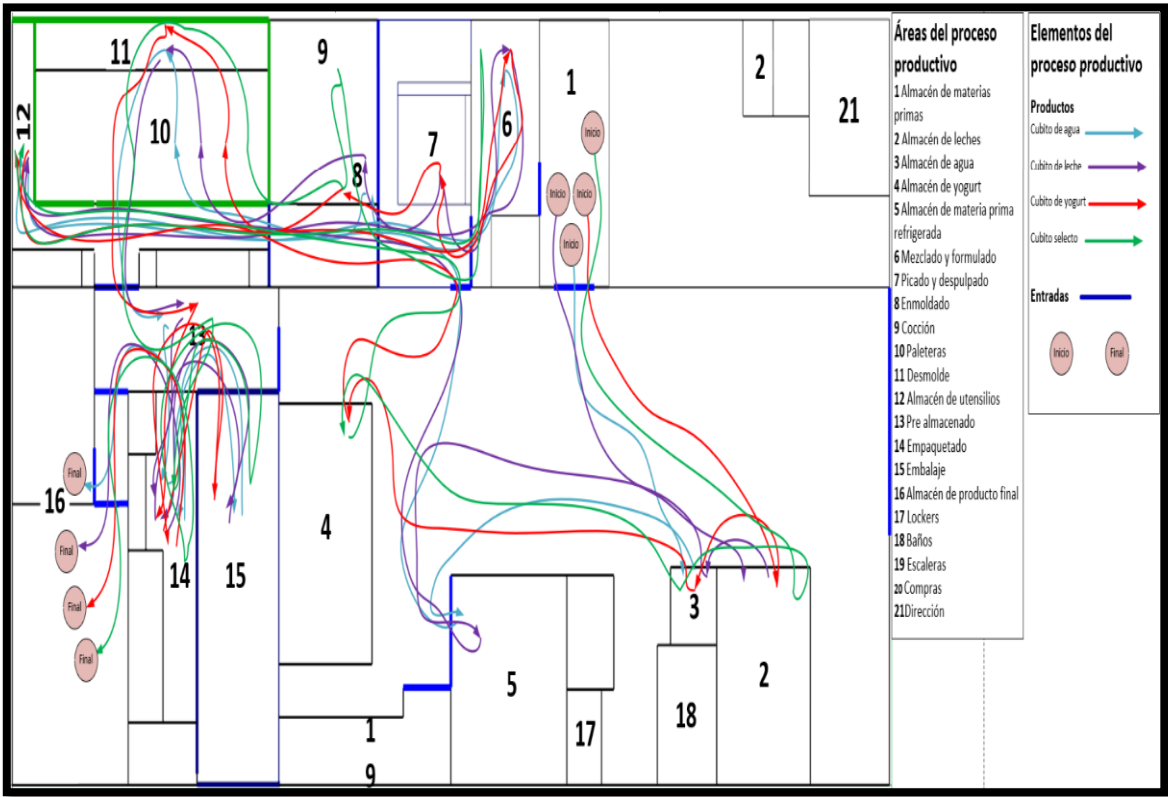


Figura 3.3 Diagrama de espagueti: recorrido de productos (Elaboración propia)

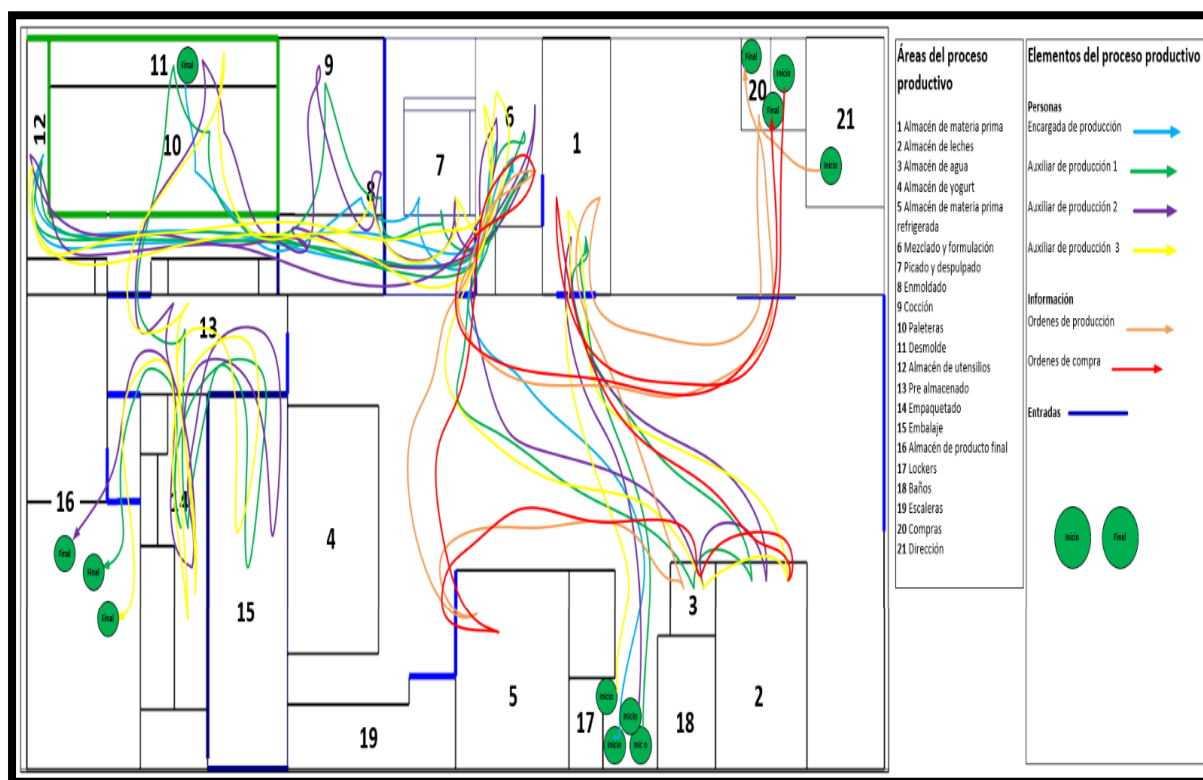


Figura 3.4 Diagrama de espagueti: recorrido de personas e información
(Elaboración propia)

3.7.4 Identificación de servicios auxiliares (S)

El proceso de producción de paletas de hielo se complementa con las siete áreas de servicios auxiliares que se muestran en la Tabla 3.10. Cada una de ellas juega un papel crucial en la cadena de producción, desde la preparación de la orden de fabricación, hasta el empaque final del producto terminado

Tabla 3.10 Áreas de servicios auxiliares de producción.
(Elaboración propia).

Servicios Auxiliares		
Nº	Área	Abreviatura
1	Lockers	LOCK
2	Baños	BAÑ
3	Dirección	DIRC
4	Administración	ADMO
5	Finanzas	FINA
6	Ventas	VENT
7	Escaleras	ESCA

3.7.5 Consideración del tiempo de procesos (T)

Debido a que el alcance del presente proyecto se enfoca en mejorar la distribución física de los elementos del proceso de producción de paletas de hielo, en la empresa en estudio, se decidió lo siguiente:

- Priorizar la cercanía entre áreas relacionadas.
- Buscar una reducción de los desplazamientos
- Mejorar la eficiencia en el flujo de los materiales, la información y personas.

En este contexto, el elemento tiempo (T) no se consideró para el presente proyecto, considerando que el producto (P), la cantidad (Q) y los recorridos (R) y los servicios auxiliares (S) son suficientes para cumplir el objetivo general establecido (Sección 1.5.1): *“Mejorar el proceso de producción y distribución de la planta en Helados del Centro, utilizando herramientas de ingeniería industrial”*.

3.8 Medición de distancia semanal recorrida del *Layout* (Antes de aplicación de SLP)

Para determinar la distancia semanal de *layout* (actual) fue necesario realizar un análisis detallado de los recorridos de cada elemento (Sección 3.7.3.3) dentro del área de producción de la empresa en estudio, mediante los siguientes pasos:

- Definir las áreas del proceso productivo de las paletas de hielo.
- Visualizar el flujo de producción de las paletas de hielo.
- Medir la distancia recorrida por cada elemento desde la materia prima hasta el producto terminado del *layout* actual

3.8.1 Definir áreas del proceso productivo de las paletas de hielo

A cada una de las áreas del proceso de producción de paletas de hielo (Identificadas en la Sección 3.7.3.1) se le dio una descripción general del papel que desempeñan a lo largo del proceso productivo, como se muestra a continuación:

- **Almacén de materia prima.** Este almacén es uno de los principales del área de producción, ya que aquí se resguardan las materias primas, que son la base para la preparación de los productos principales. Este almacén es un lugar seco para evitar el deterioro de algunas materias primas.
- **Almacén de leches.** Este almacén es clave para la producción de paletas de hielo, especialmente en las presentaciones selecto, yogurt y leche, ya que la leche es un ingrediente fundamental. Se debe contar con un inventario adecuado y robusto que permita la producción diaria y asegure que siempre haya suficiente leche para las operaciones.
- **Almacén de agua.** Este almacén debe mantenerse bien abastecido de agua para garantizar que la producción diaria no se vea interrumpida, ya que el agua es otro de los ingredientes esenciales, especialmente para las paletas de hielo de agua y otras presentaciones.
- **Almacén de yogurt.** En este espacio se almacenan las mezclas de yogurt necesarias para las paletas de *yogurt*. Dado que el yogurt es un producto perecedero, es vital contar con un área de almacenamiento con las condiciones adecuadas para preservar su frescura y calidad.
- **Almacén de materias primas refrigeradas.** Este almacén se encarga de resguardar los ingredientes que requieren temperaturas específicas para su conservación en una cámara frigorífica, manteniendo las materias primas a la temperatura óptima para su uso en la producción.
- **Mezclado y formulación.** En esta área se preparan las cantidades necesarias para la fórmula de las paletas de hielo, según el tipo que se produzca en el día, y posteriormente se vacían en un tanque de 210 litros para mezclar dichas fórmulas.
- **Picado y despulpado.** En esta área se pican y se despulpan las diferentes frutas que forman parte de la preparación de algunos tipos de sabores para paletas de hielo.
- **Enmoldado.** En esta área, la mezcla preparada se vierte en los moldes correspondientes. Si el tipo de paleta lo requiere, se agregan frutas picadas o en pulpa antes de pasarlas a los moldes. Si no es necesario, la mezcla se vierte directamente en los moldes.

- **Cocción.** Esta área se utiliza específicamente en la producción de cubitos selectos, donde se calienta el chocolate, que posteriormente se utiliza para cubrir paletas de sabores como vainilla, fresa y cajeta.
- **Paleteras.** Esta es una de las áreas más cruciales en la fabricación de paletas. Los moldes se sumergen en una mezcla de alcohol y agua a temperaturas de entre -18°C y -24°C durante un período de 40-45 minutos, lo que permite que la mezcla adquiera la forma típica de paleta de hielo. Además, los palitos de madera se colocan manualmente en cada paleta.
- **Desmolde.** En esta área, una vez que se cumple el periodo y las paletas de hielo alcanzan la temperatura y consistencia necesarias, se desmoldan y se colocan en taras, para su traslado.
- **Almacén de utensilios.** En esta área se encuentran todos los utensilios necesarios para realizar todas las actividades del proceso de fabricación, como cubetas, cuchillos, tablas, etc.
- **Prealmacenado.** En esta área se cuenta con refrigeradores de 1445 litros, en los que se colocan las taras con paletas de hielo, que mantendrán su temperatura y consistencia mientras se prepara la máquina para envolver cada una.
- **Empaquetado.** En esta área, se utiliza una máquina especializada para envolver las paletas de hielo, una por una. La máquina se carga con la bobina correspondiente al sabor del día. Las paletas se envuelven y se colocan cuidadosamente en cajas. La presentación de la caja es de 40-45 paletas.
- **Almacén de cajas desarmadas.** En esta área se concentran todas las cajas de cartón desarmadas en un entorno seco que les prolonga la vida útil.
- **Almacén de producto final.** En esta área se concentran las cajas con el producto final listo para la entrega a los consumidores finales. Debido a las condiciones de los productos, se cuenta con cámaras frigoríficas que mantienen el producto final a una temperatura de entre -18° y -24°, para garantizar su consistencia y durabilidad.
- **Lockers.** Esta es un área de servicio para el personal, donde se pueden guardar las pertenencias personales de los colaboradores, como ropa, zapatos y uniformes.
- **Baños.** Esta área, igualmente, forma parte de las áreas auxiliares de servicio para los colaboradores; su objetivo es satisfacer las necesidades fisiológicas y de higiene.
- **Escaleras.** Esta área es el vínculo que conecta la planta alta y la planta baja; ayuda con las interacciones entre los departamentos de la planta.

- **Compras.** Esta área es otro complemento del proceso de producción, ya que en ella se realizan las compras de los insumos necesarios para cada proceso de fabricación de las paletas de hielo.
- **Dirección.** En esta área, el director de la planta toma las diferentes decisiones operativas y de compras y desarrolla los planes y órdenes de producción de acuerdo con el *stock* existente del almacén de producto terminado.

3.8.2 Visualizar el flujo de producción de las paletas de hielo

En la Sección 1.4.9 se presentó de manera general el proceso que utiliza la empresa en estudio para fabricar paletas de hielo (Figura 1.5). En esta sección, para mostrar en detalle la fabricación de paletas de hielo, se elaboró el diagrama de flujo de producción de la Figura 3.5. Esta figura, que incluye todas las áreas identificadas en la 3.8.1, ayudó a determinar el flujo de productos, de información y de personas entre las distintas áreas de la producción.

Áreas que interactúan para la producción de paletas hielo

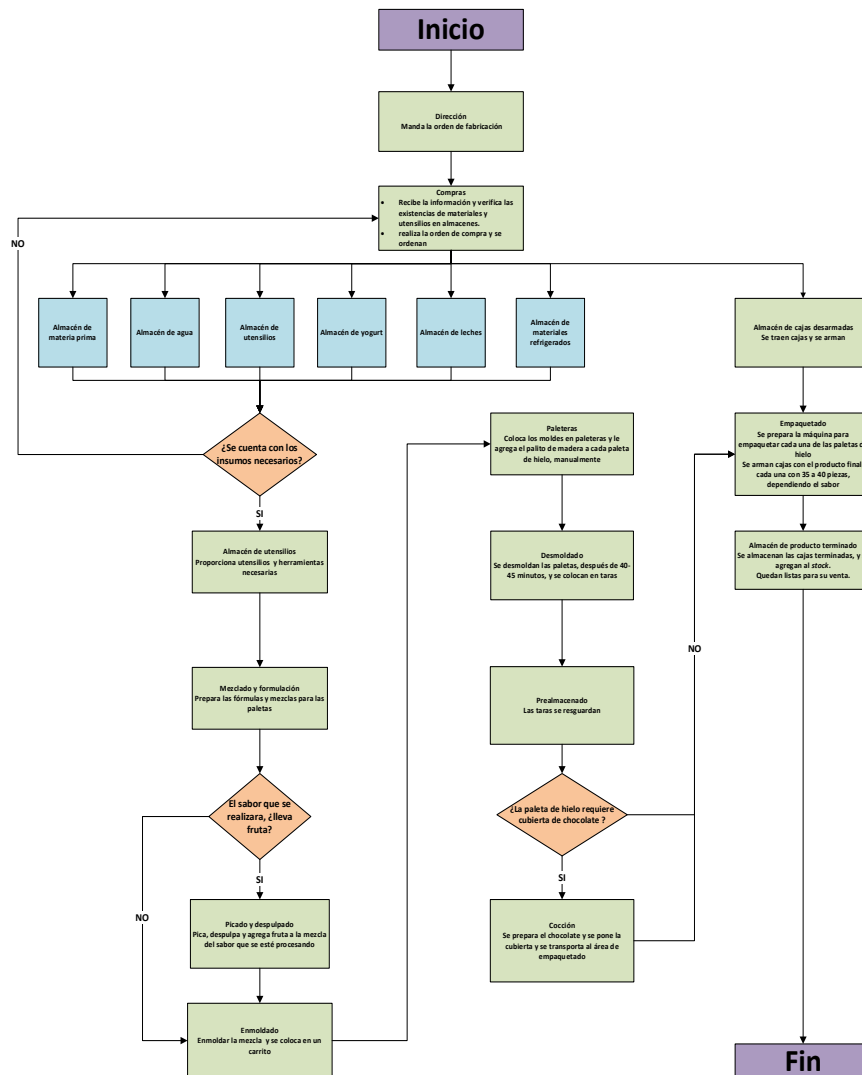


Figura 3.5 Áreas que interactúan en la producción de paletas de hielo
(Elaboración propia)

3.8.3 Medir la distancia recorrida por cada elemento, desde materia prima hasta producto terminado del *layout* actual

Para determinar las distancias recorridas de cada elemento, a través de las áreas del proceso productivo y de las áreas que interactúan con éste fue necesario realizar las siguientes actividades:

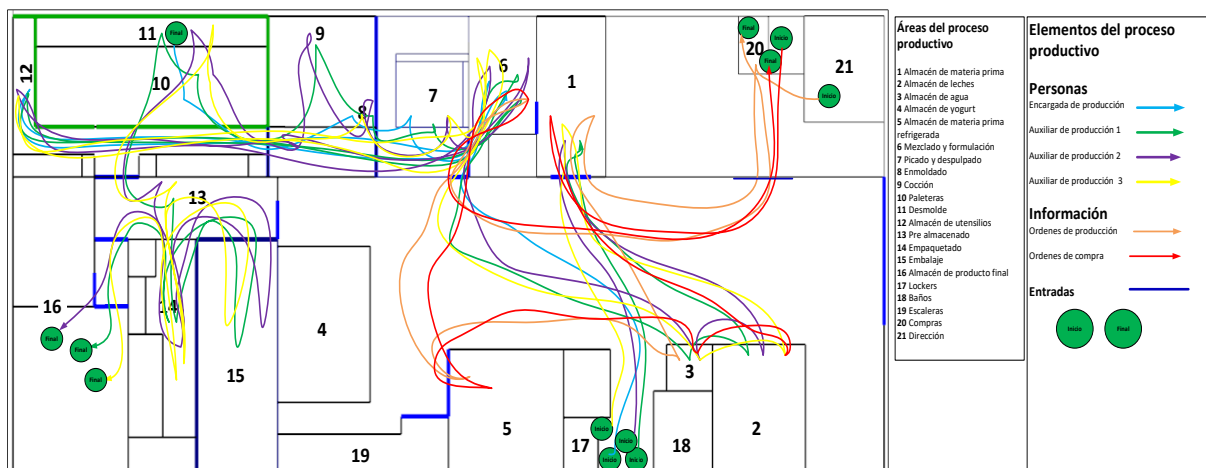
- Obtener una visión del recorrido de los elementos que fluyen a través del proceso productivo.
- Determinar centroides de las áreas.

- Calcular los flujos entre los centros de las áreas.
- Calcular las distancias entre los centroides de las áreas.
- Determinar la distancia recorrida por los elementos a través de las áreas de producción.

3.8.3.1 Obtener una visión del recorrido de los elementos que fluyen por el proceso de producción

Para obtener una visión de los recorridos de los elementos (Sección 3.7.3.3), que fluyen a lo largo del proceso de producción de paletas de hielo, se realizó lo siguiente:

1. Elaborar el diagrama de *espaguetti*, de la Figura 3.6, para visualizar al elemento “productos”
2. Elaborar diagrama de *espaguetti*, de la
- 3.
- 4.



5. Figura 3.7, para visualizar los elementos “personas e información”

Estos diagramas proporcionaron una representación visual precisa de las rutas recorridas por los materiales, productos y personal, lo que permitió identificar de manera efectiva los posibles cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso

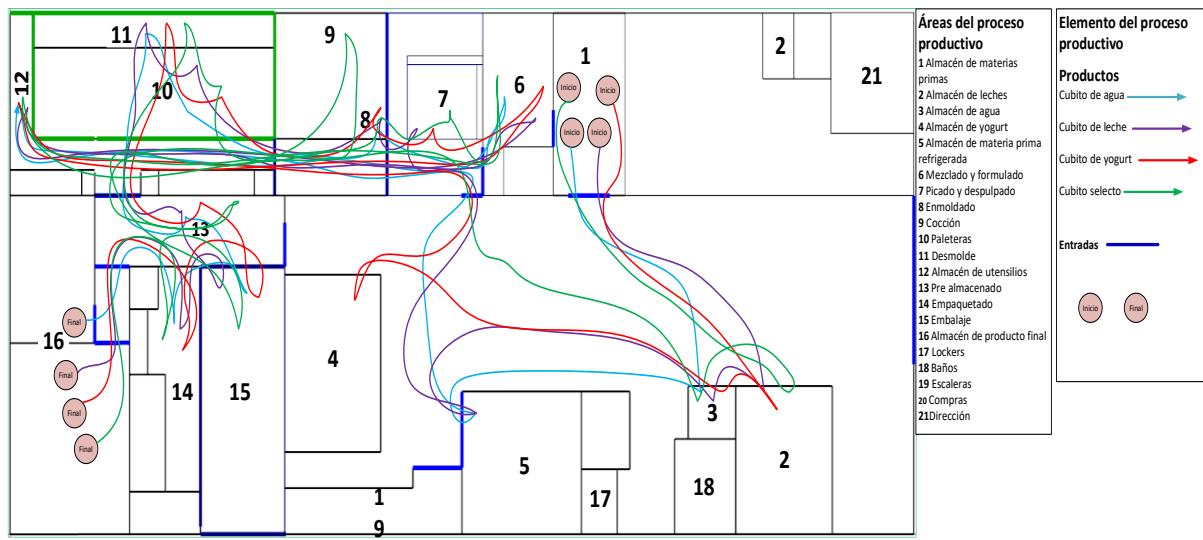


Figura 3.6 Diagrama de espagueti: Recorrido del elemento “productos”
(Elaboración propia)

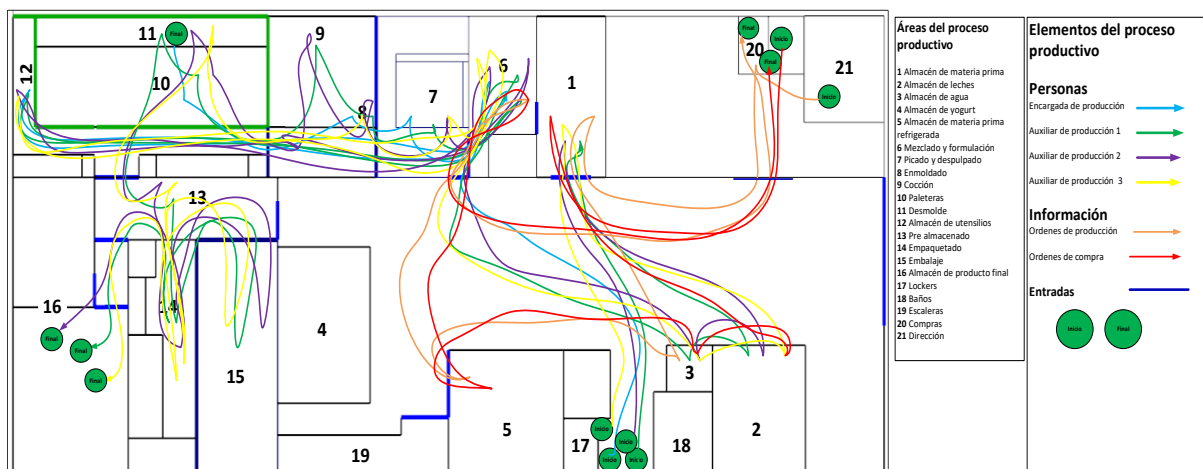


Figura 3.7 Diagrama de espagueti: Recorrido de elementos “personas e información”
(Elaboración propia)

3.8.3.2 Determinar centroides de las áreas

Una vez identificadas las áreas (Sección 3.8.1) utilizadas por las personas, los productos y la información en la fabricación de paletas de hielo, se determinaron los centroides de cada una de ellas.

Para calcular los centroides, se realizó lo siguiente con base en la teoría de la Sección 2.4.

1. Determinar los centroides de las figuras regulares de la planta, posicionando las áreas en un plano cartesiano y marcando cada centroide con una cruz azul, como se muestra en la Figura 3.8.

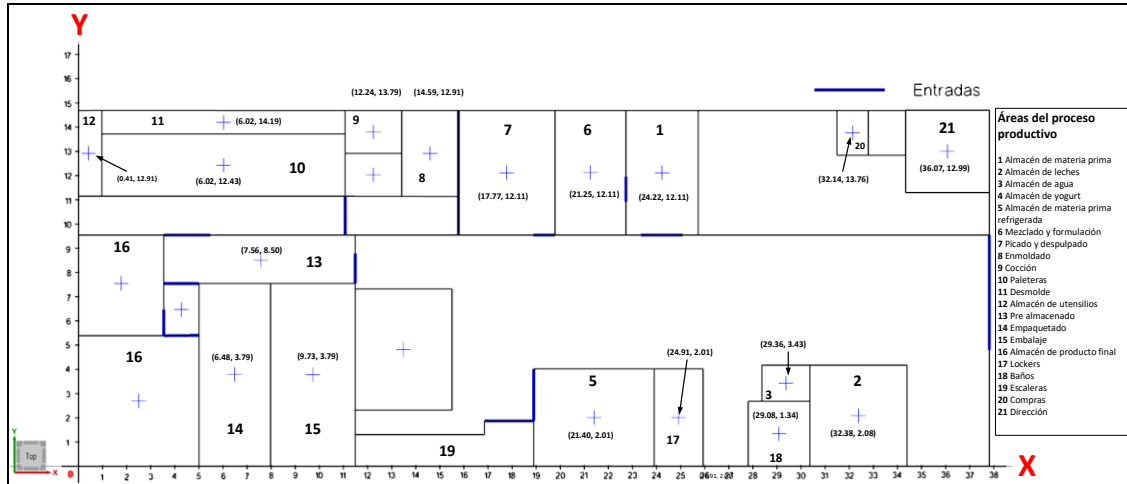
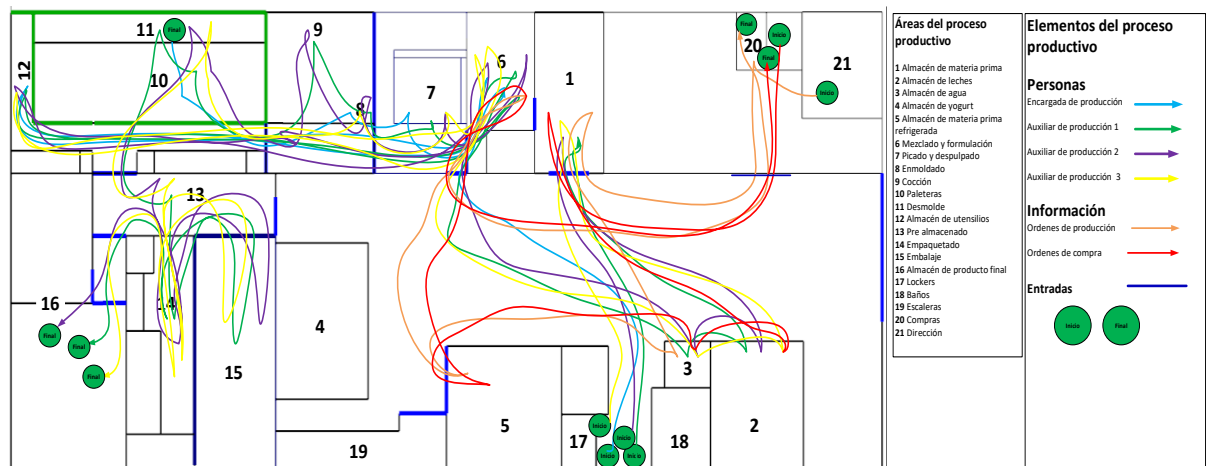


Figura 3.8 Centroides de figuras regulares de la empresa en estudio
(Elaboración propia)

2. Determinar los centroides de las figuras irregulares. Para encontrar los centroides de las figuras irregulares se realizó lo siguiente:
 - a. Se identificaron figuras irregulares. Con base en el plano (Figura 3.6 o
 - b.
 - c.



- d. Figura 3.7) se determinó que sólo hay una figura irregular: el almacén de productos terminados.

- e. Se colocó la figura irregular, con sombreado, en un plano cartesiano, como se muestra en la Figura 3.9
- f. Se dividió la figura irregular en figuras regulares y se determinaron los centroides de cada una. El resultado se muestra en la Figura 3.9.
- g. Se determinó el centroide de la figura irregular mediante la Ecuación 3.1 y la Ecuación 3.2. Lo cual dio las coordenadas de **X= 2.38, Y=4.54**

$$X = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(2.5)(26.95) + (1.77)(14.70) + (4.27)(3.14)}{26.95 + 14.40 + 3.14} = 2.38 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Y = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(2.69)(26.95) + (7.54)(14.70) + (6.48)(3.14)}{26.95 + 14.70 + 3.14} = 4.54 \dots\dots\dots (3.2)$$

- h. Se marcó el centroide con una cruz morada en el plano cartesiano. El resultado se muestra en la Figura 3.9.

3. Concentrar los centroides calculados de las áreas de la empresa (Tabla 3.11).

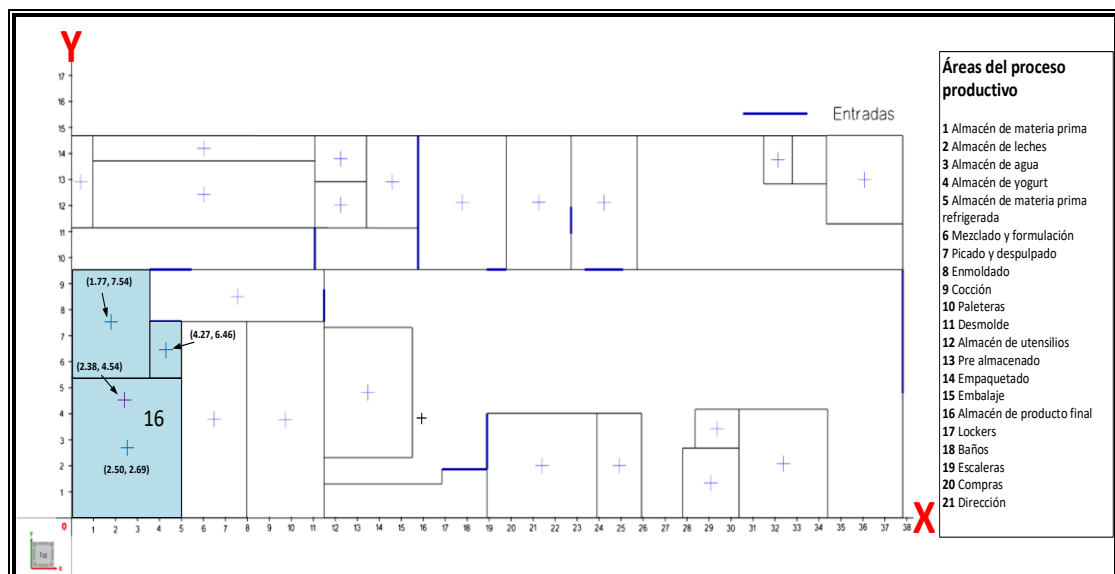


Figura 3.9 Centroide de la figura irregular de la empresa en estudio
(Elaboración propia)

Tabla 3.11 Centroides de las áreas de la empresa en estudio
(Elaboración propia)

No. de Área	Áreas	Abreviaturas	Centroides
1	Almacén de materias primas	ALMP	(24.22,12.11)

2	Almacén de leches	ALML	(32.38, 2.08)
3	Almacén de agua	ALMA	(29.36, 3.43)
4	Almacén de yogurt	ALMY	(13.48, 4.81)
5	Almacén de materia prima refrigerados	ALMPR	(21.40, 2.01)
6	Mezclado y Formulación	MEFO	(21.25, 12.12)
7	Picado y despulpado	PICDE	(17.77, 12.11)
8	Enmoldado	ENMO	(12.45, 12.03)
9	Cocción	COCCI	(12.24, 13.79)
10	Paletas	PALT	(6.02, 12.43)
11	Desmolde	DESMO	(6.02, 14.19)
12	Almacén de utensilios	ALMUT	(.14, 12.91)
13	Pre almacenado	PREALM	(7.56, 8.50)
14	Empaquetado	EMPA	(6.48, 3.79)
15	Embalaje	EMBA	(9.73, 3.77)
16	Almacén de producto final	ALMPF	(2.38, 4.54)
17	Lockers	LOCK	(24.91, 2.01)
18	Baños	BAÑO	(29.08, 1.34)
19	Escaleras	ESCAL	(17.01, 0.84)
20	Compras	COMPR	(32.14, 13.76)
21	Dirección	DIRE	(36.07, 12.99)

3.8.3.3 Calcular flujos de los elementos entre las áreas

Para calcular los flujos entre áreas se realizó lo siguiente:

1. Se recopiló información sobre los recorridos de los productos (Figura 3.10), de las personas (Figura 3.11) y de la información (Figura 3.12) entre las áreas del proceso de producción.
2. Se calcularon los flujos entre áreas de productos, personas e información —con base en la información recopilada— y se colocaron en la carta de DE-A de la Figura 3.13.

Flujo entre áreas de producción de paletas de hielo: Productos

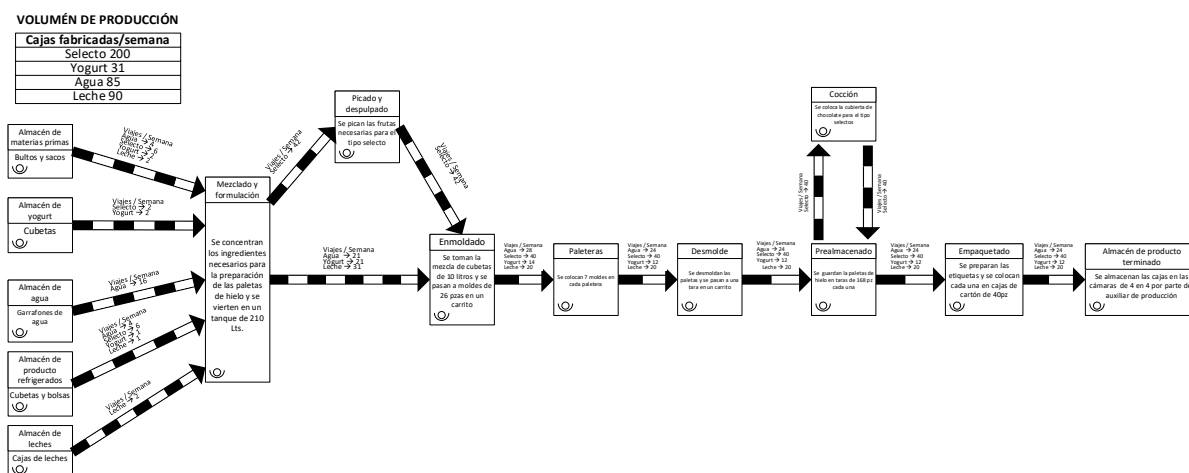


Figura 3.10 Flujo entre áreas de producción, del elemento “**Productos**”
(Elaboración propia)

Flujo entre áreas de producción de paletas de hielo: Personas

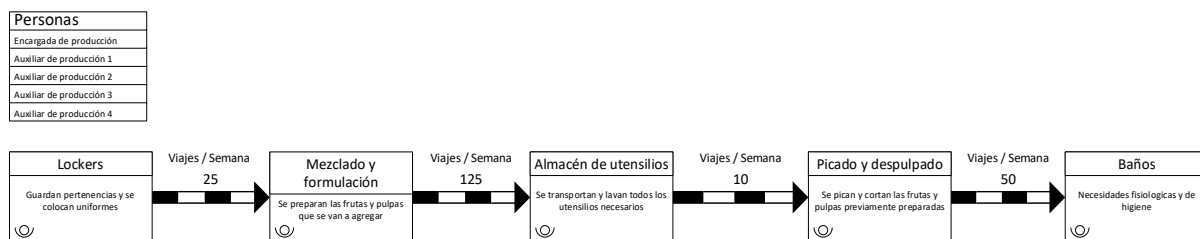


Figura 3.11 Flujo entre áreas de producción, del elemento “**Personas**”
(Elaboración propia)

Flujo entre áreas de producción de paletas de hielo: Información

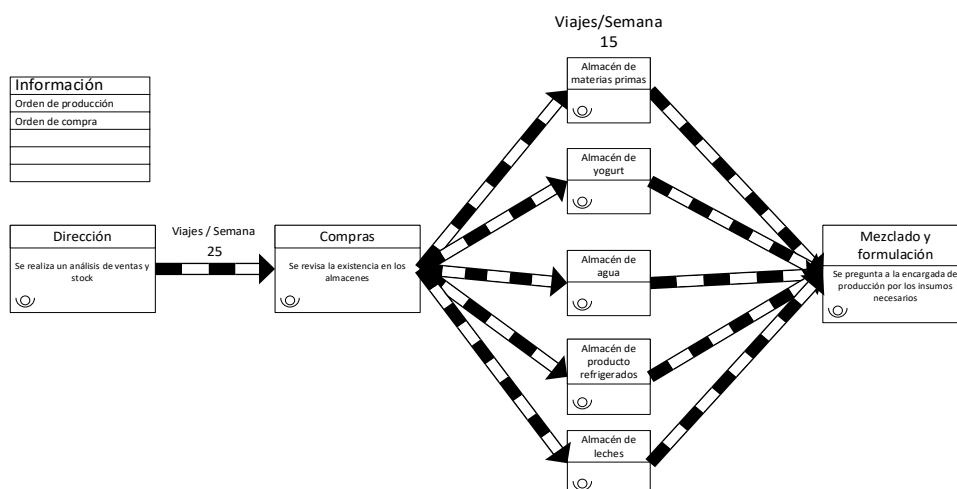


Figura 3.12 Flujo entre áreas de producción de paletas de hielo: **Información**
(Elaboración propia)

DE-A FLUJO ENTRE ÁREAS																					
	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	EMBA	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
	ALMP					7														3	
	ALML					5											25			3	
	ALMA					16														3	
	ALMY					2														3	
	ALMPR					10														3	
	MEFO	7	4	15	2	9	42	115				125									
	PICDE					43						10						50			
	ENMO						110			102											
	COCCI																				
	PALT							100			96										
	DESMO									95			96								
	ALMUT					124	10														
	PREALM										95			96							
	EMPA												95		4	97					
	EMBA													4							
	ALMPF														96						
	LOCK					25															
	BAÑO						50														
	ESCAL																				
	COMPR																			10	
	DIRE																				

Figura 3.13 Carta DE-A del flujo por semana, de los elementos entre áreas de producción
(Elaboración propia)

3.8.3.4 Calcular las distancias entre los centroides de las áreas

Para calcular las distancias entre centroides se realizó lo siguiente:

1. Se consideraron las áreas identificadas en la Sección 3.8.1,
2. Se consideraron los centroides de cada área de la distribución actual (Sección 3.8.3.2 en la Tabla 3.11).
3. Se colocaron las áreas y los nuevos centroides en la carta DE-A de la Figura 3.14
4. Se calculó la distancia entre los centroides de cada área mediante la ecuación de la distancia rectilínea entre centroides (Sección 2.6.4). Los resultados se muestran en la carta DE-A de la Figura 3.14.

3.8.3.5 Determinar distancia recorrida por los elementos a través de las áreas de producción

Para obtener la distancia total recorrida por semana, por los elementos: productos, personas, e información; en el *layout* actual de la empresa en estudio, se realizó lo siguiente:

1. Se consideró la carta de DE-A (Figura 3.13), con flujos entre las áreas del proceso de producción.
2. Se consideró la carta de DE-A (Figura 3.14), de distancias entre centroides de cada área,
3. Se multiplicó la carta DE-A de distancia entre los centroides de las áreas de producción (Figura 3.13) por la carta DE-A de flujos entre las áreas del proceso de producción. El resultado se muestra en la Figura 3.15.

Al analizar la Figura 3.15, se puntualizó lo siguiente:

- La distancia total recorrida es de 17,090 metros por semana (17 km/sem).
- La distribución actual presenta múltiples retrocesos, lo que incrementa en gran medida los recorridos, esto evidencia la necesidad de mejorar la distribución actual de las áreas que interactúan en el proceso de fabricación de paletas de hielo.

DE-A DISTANCIA ENTRE DEPARTAMENTOS																								
		X	Y	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	EMBA	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
	24.22	12.11	0	18.19	13.79	17.96	12.92	2.98	6.45	17.77	14.45	12.24	6.02	6.02	0.14	7.56	6.48	9.73	2.38	24.91	29.08	17.01	32.14	36.07
	32.38	2.08		18.19	0	4.4	21.71	11.05	21.17	24.64	27.88	31.85	36.71	38.47	43.07	31.24	27.61	24.34	32.46	7.54	4.04	16.61	11.92	14.6
	29.36	3.46		13.79	4.4	0	17.31	9.41	16.77	20.24	23.48	27.45	32.31	34.07	38.67	26.84	23.21	19.94	28.06	5.9	2.4	14.97	13.08	16.24
	13.48	4.89		17.96	21.71	17.31	0	10.8	15	11.51	8.11	10.14	15	16.76	21.36	9.53	8.1	4.87	11.45	14.31	19.15	7.58	27.53	30.69
	21.4	2.01		12.92	11.05	9.41	10.8	0	10.26	13.73	16.97	20.94	25.8	27.56	32.16	20.33	16.7	13.43	21.55	35.1	8.35	5.56	22.49	25.65
	21.25	12.12		2.98	21.17	16.77	15	10.26	0	3.49	6.89	10.68	15.54	17.3	21.9	17.31	23.1	19.87	26.45	13.77	18.61	15.52	12.53	15.69
	17.77	12.11		6.45	24.64	20.24	11.51	13.73	3.49	0	3.4	7.21	12.07	13.83	18.43	13.82	19.61	16.38	22.96	17.24	22.08	12.03	16.02	19.18
	14.45	12.03		9.85	27.88	23.48	8.11	16.97	6.89	3.4	0	3.97	8.83	10.59	15.19	10.42	16.21	12.98	19.56	20.48	25.32	13.75	19.42	22.58
	12.24	13.79		13.66	31.85	27.45	10.14	20.94	10.68	7.21	3.97	0	7.58	6.62	12.98	9.97	15.76	12.53	19.11	24.45	29.29	17.72	19.93	24.63
	6.02	12.43		18.52	36.71	32.31	15	25.8	15.54	12.07	8.83	7.58	0	1.76	6.36	5.47	9.1	12.37	11.53	29.31	34.15	22.58	27.45	30.61
	6.02	14.19		20.28	38.47	34.07	16.76	27.56	17.3	13.83	10.59	6.62	1.76	0	7.16	7.23	10.86	14.13	13.29	31.07	35.91	24.34	26.55	31.25
	0.14	12.91		24.88	43.07	38.67	21.36	32.16	21.9	18.43	15.19	12.98	6.36	7.16	0	11.83	15.46	18.73	10.61	35.67	40.51	28.94	32.85	36.01
	7.56	8.5		20.27	31.24	26.84	9.53	20.33	17.31	13.82	10.42	9.97	5.47	7.23	11.83	0	5.79	6.9	9.14	23.84	28.68	17.11	29.84	33
	6.48	3.79		26.06	27.61	23.21	8.1	16.7	23.1	19.61	16.21	15.76	9.1	10.86	15.46	5.79	0	3.27	4.85	20.21	25.05	13.48	35.63	38.79
	9.73	3.77		22.83	24.34	19.94	4.87	13.43	19.87	16.38	12.98	12.53	12.37	14.13	18.73	6.9	3.27	0	8.12	16.94	21.78	10.21	32.4	35.56
	2.38	4.54		29.41	32.46	28.06	11.45	21.55	26.45	22.96	19.56	19.11	11.53	13.29	10.61	9.14	4.85	8.12	0	25.06	29.9	18.33	38.98	42.14
	24.91	2.01		10.79	7.54	5.9	14.31	3.51	13.77	17.24	20.48	24.45	29.31	31.07	35.67	23.84	20.21	16.94	25.06	0	4.84	9.07	18.98	22.14
	29.08	1.34		15.63	4.04	2.4	19.15	8.35	18.61	22.08	25.32	29.29	34.15	35.91	40.51	28.68	25.05	21.78	29.9	4.84	0	12.57	15.48	18.64
	17.01	0.84		18.48	16.61	14.97	7.58	5.56	15.52	12.03	13.75	17.72	22.58	24.34	28.94	17.11	13.48	10.21	18.33	9.07	12.57	0	28.05	31.21
	32.14	13.76		9.57	11.92	13.08	27.53	22.49	12.53	16.02	19.42	19.93	27.45	26.55	32.85	29.84	35.63	32.4	38.98	18.98	15.48	28.05	0	4.7
	36.07	12.99		12.73	14.6	16.24	30.69	25.65	15.69	19.18	22.58	24.63	30.61	31.25	36.01	33	38.79	35.56	42.14	22.14	18.64	31.21	4.7	0

Figura 3.14 Carta DE-A de la distancia entre las áreas del proceso de producción de la empresa en estudio

(Elaboración propia)

DE-A DISTANCIA TOTAL RECORRIDA POR SEMANA																					
	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	EMBA	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
	49.57																				0
	330.11																				0
	307.56																				0
	112.59																				0
	170.07																				0
	4162.86																				0
	1284.07																				0
	1274.66																				0
	0																				0
	1051.96																				0
	861.28																				0
	2899.9																				0
	1242.69																				0
	1033.58																				0
	13.08																				0
	779.52																				0
	344.25																				0
	1104																				0
	0																				0
	47																				47
	0																				0
	17069																				0

Figura 3.15 Carta DE-A de distancia total recorrida en metros por semana
(Elaboración propia)

3.9 Presentación de propuesta de mejora respaldada por la metodología SLP

En esta sección se presenta la aplicación detallada de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) para abordar las problemáticas planteadas en la empresa de estudio, tal como se describió en la Sección 3.4. Los 11 pasos de la metodología SLP, que fueron aplicados de manera integral para mejorar los procesos y la eficiencia organizacional, y que permitieron una evaluación profunda de las necesidades de la empresa y el diseño de soluciones efectivas, fueron los siguientes:

Paso 0. Análisis PQRST

Paso 1. Flujo de materiales.

Paso 2. Relación entre actividades.

Paso 3. Diagrama de relaciones de actividades.

Paso 4. Requerimientos de espacio.

Paso 5. Disponibilidad de espacio.

Paso 6. Diagrama de relación de espacios.

Paso 7. Factores influyentes.

Paso 8. Limitaciones prácticas.

Paso 9. Generación de alternativas.

Paso 10. Selección de alternativas.

3.9.1 Paso 0. Análisis PQRST

Para obtener los datos necesarios del análisis PQRST (de las siglas en inglés *de Product, Quantity, Route, Services, Time*), se utilizaron los datos recopilados en las actividades descritas en la Sección 3.7, que permitieron identificar los elementos que fluyen a través del proceso de producción de las paletas de hielo (Sección 1.4.9). Este análisis se sustentó en la teoría del “análisis PQRST” presentada en la Sección 2.6.3. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- **Producto (P).** Durante la estancia, en la empresa en estudio, se realizaron recorridos para conocer todas las interacciones dentro del área de producción, lo que permitió identificar los siguientes productos principales (Sección 3.7.1):
 - Paletas de hielo selectas.
 - Paletas de hielo de yogurt.

- Paletas de hielo de agua.
- Paletas de hielo de leche.
- **Volumen (Q).** El volumen de producción de paletas de hielo por semana se determinó mediante el análisis de los datos registrados en inventarios (Tabla 3.6) y en los registros de ventas (Tabla 3.7) durante 3 semanas, y se concluyó que la producción necesaria por semana para cumplir con la demanda era de **406 cajas** (Sección 3.7.2), repartidas de la siguiente forma:
 - Paletas de hielo selectas 124 cajas
 - Paletas de hielo de yogurt 104 cajas
 - Paletas de hielo de agua 20 cajas
 - Paletas de hielo de leche 158 cajas
- **Ruta (R).** Gracias a los recorridos realizados durante la estancia en la empresa en estudio, se identificaron:
 - Los elementos que fluyen a través de las diferentes áreas que intervienen en el proceso de producción:
 - Los productos.
 - Las personas.
 - La información.
 - Las distintas rutas que sigue cada elemento (Sección 3.7.3.4).

Con los elementos y las rutas identificadas se pudieron elaborar:

 - Un diagrama de espaguetti para los productos (*Figura 3.3* de la Sección 3.7.3.5)
 - Un diagrama de espaguetti para las personas e información (*Figura 3.4* de la Sección 3.7.3.5).
- **Servicios (S).** El proceso de producción de las paletas de hielo fabricadas en la empresa en estudio se complementa con siete áreas auxiliares para realizar cada una de las fases. Estas áreas se enlistan en la Tabla 3.12 de la Sección 3.7.4.

*Tabla 3.12 Servicios auxiliares del proceso de producción
(Elaboración propia)*

Servicios Auxiliares		
Nº	Área	Abreviatura
1	Lockers	LOCK
2	Baños	BAÑ
3	Dirección	DIRC
4	Administración	ADMO
5	Finanzas	FINA
6	Ventas	VENT
7	Escaleras	ESCA

- **Tiempo (T).** En el contexto actual de la empresa en estudio, el elemento tiempo (T) no se consideró para el presente proyecto, ya que el producto (P), la cantidad (Q), los recorridos (R) y los servicios auxiliares (S) fueron suficientes para cumplir el objetivo general establecido (Sección 1.5.1): “Mejorar el proceso de producción y distribución de la planta en Helados del Centro, utilizando herramientas de ingeniería industrial”.

3.9.2 Paso 1: Flujo de materiales

Para implementar la metodología SLP, fue necesario realizar un análisis de flujo de materiales (Sección 2.6.4) en la empresa en estudio, mediante las siguientes actividades:

1. Conocer la distribución actual de la empresa.

Las áreas que conforman la empresa, así como su respectiva descripción, se presentaron en las Secciones 1.4.6.1 y 1.4.6.2.

2. Determinar los elementos que fluyen a través del proceso de producción.

Los elementos identificados en la Sección 3.7.3.3 se utilizaron para el análisis de flujo de los elementos en el proceso de producción de paletas de hielo. Estos elementos se enlistan a continuación:

- Productos.
 - Paletas de hielo de yogurt.
 - Paletas de hielo de agua.
 - Paletas de hielo de leche.
 - Paletas de hielo Selecta.
- Personas.
 - Encargado de producción.

- Auxiliar de producción 1.
- Auxiliar de producción 2.
- Auxiliar de producción 3.
- Información.
 - Órdenes de compra.
 - Órdenes de producción.

3. Determinar los recorridos de los elementos.

Para comprender mejor el flujo de los elementos en el proceso de producción de las paletas de hielo, se determinaron previamente los recorridos mostrados en la Tabla 3.9 (Sección 3.7.3.5) y se crearon diagramas de espagueti de productos (Figura 3.6 en la Sección 3.8.3.1) y de personas e información (

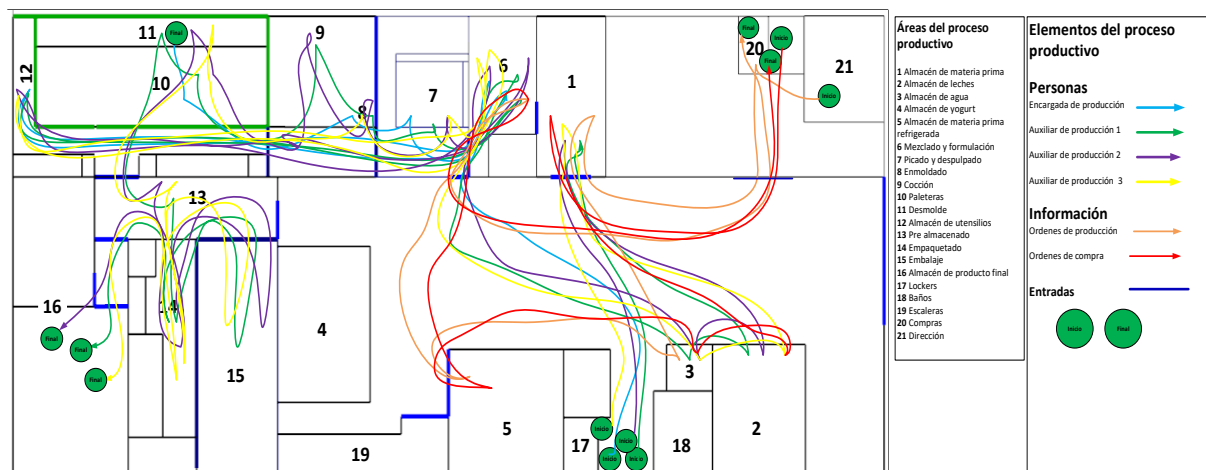


Figura 3.7 en la Sección 3.8.3.1) .

4. Elaborar la carta de De-A.

Con la finalidad de reorganizar la distribución actual dentro de la planta, se elaboró la carta de De-A de la Figura 3.16 tomando en cuenta la información de la Sección 3.8.3.3. En esta carta se integraron todos los flujos entre las áreas, considerando tanto los avances como los retrocesos.

DE-A FLUJO ENTRE ÁREAS																					
	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	ACD	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
	3																				
		3																			
			3																		
				3																	
					3																
						3															
							3														
								3													
									3												
										3											
											3										
												3									
													3								
														3							
															3						
																3					
																	3				
																		3			
																			3		
																				3	
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3
																					3

Figura 3.16 Suma de flujos de elementos por semana entre áreas de producción
(Elaboración propia)

5. Elaborar una tabla de flujos descendentes.

Con base en la Carta De-A de flujos (*Figura 3.16*), se elaboró la Tabla 3.13 para ordenar, de manera descendente, el flujo (viajes/semana) entre áreas.

Con base en la Tabla 3.13 se concluyó que el mayor flujo entre áreas de productos, personas o información está entre 191 y 249 viajes/semana.

*Tabla 3.13 Flujo entre áreas de los elementos en el proceso de producción
(Elaboración propia)*

Flujos por semana entre departamentos	
Áreas	Flujo (viajes /semana)
De almacén de utensilios a mezclado y formulado	249
De enmoldado a picado y despulpado	225
De paletas a enmoldado	202
De paletas a desmolde	191
De desmolde a pre almacenado	191
De picado y despulpado a baño	100
De empaquetado a almacén de producto final	97
De embalaje a almacén de producto final	96
De picado y despulpado a mezclado y formulación	85
De <i>Lockers</i> a almacén de leche	25
De <i>Lockers</i> a mezclado y formulación	25
De picado y despulpado a almacén de utensilios	20
De almacén de producto refrigerado a mezclado y formulación	19
De almacén de materia prima a mezclado y formulado	14
De compras a dirección	10
De almacén de leches a mezclado y formulado	9
De empaquetado a almacén de cajas desarmadas	8
Mezclado y formulado a almacén de yogurt	4
De compras a almacén de materia prima	3
De compras a almacén de leches	3
De compras a almacén de agua	3
De compras a almacén de productos refrigerados	3
De compras a almacén de yogurt	3
Mezclado y formulación al almacén de agua	1

3.9.3 Paso 2: Relación entre actividades

En esta sección se realizó el paso dos de la metodología SLP: Relación de actividades; con ayuda de la teoría presentada en la Sección 2.6.5. Para realizar este paso se realizaron las siguientes actividades:

- Se utilizaron los flujos entre áreas de la Tabla 3.13 (Sección 3.9.2) y se colocaron en la primera columna de la Tabla 3.14.
- Se definió un rango de cercanía para los flujos, el cual se colocó en la segunda columna de la Tabla 3.14.

*Tabla 3.14 Códigos de colores y ponderación de rangos de flujos entre áreas
(Elaboración propia)*

Puntuación en Carta De-A	Rango	Letra de ponderación	Cercanía	Código de color
249 225 202 191 191	De 101-249	A	Absolutamente necesario	Rojo
100 97 96 85	De 26-100	E	Parcialmente necesario	Amarillo
25 25 20 19	De 15-25	I	Importante	Verde
14 10 9 8 4 3 3 3 3 3 1	De 1-14	O	Ordinario	Azul
-	0	U	Sin importancia	Blanco
-		X	Indeseable	Café

- Se asignó en la tercera columna de la Tabla 3.14 un código a cada uno de los rangos definidos para evaluar la importancia de la relación entre áreas. Los códigos utilizados fueron las vocales A, E, I, O, U. Esta acción transformó el criterio cuantitativo en un criterio cualitativo de cercanía.
- Se determinó, mediante una frase, el significado de cada una de las vocales y el color correspondiente. Esto se colocó en las 4.^a y 5.^a columnas de la Tabla 3.14.
- Se calculó el número de relaciones N a evaluar en la carta de relaciones de actividades mediante la Ecuación 3.3.

$$N = \frac{nx(n-1)}{2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Donde:

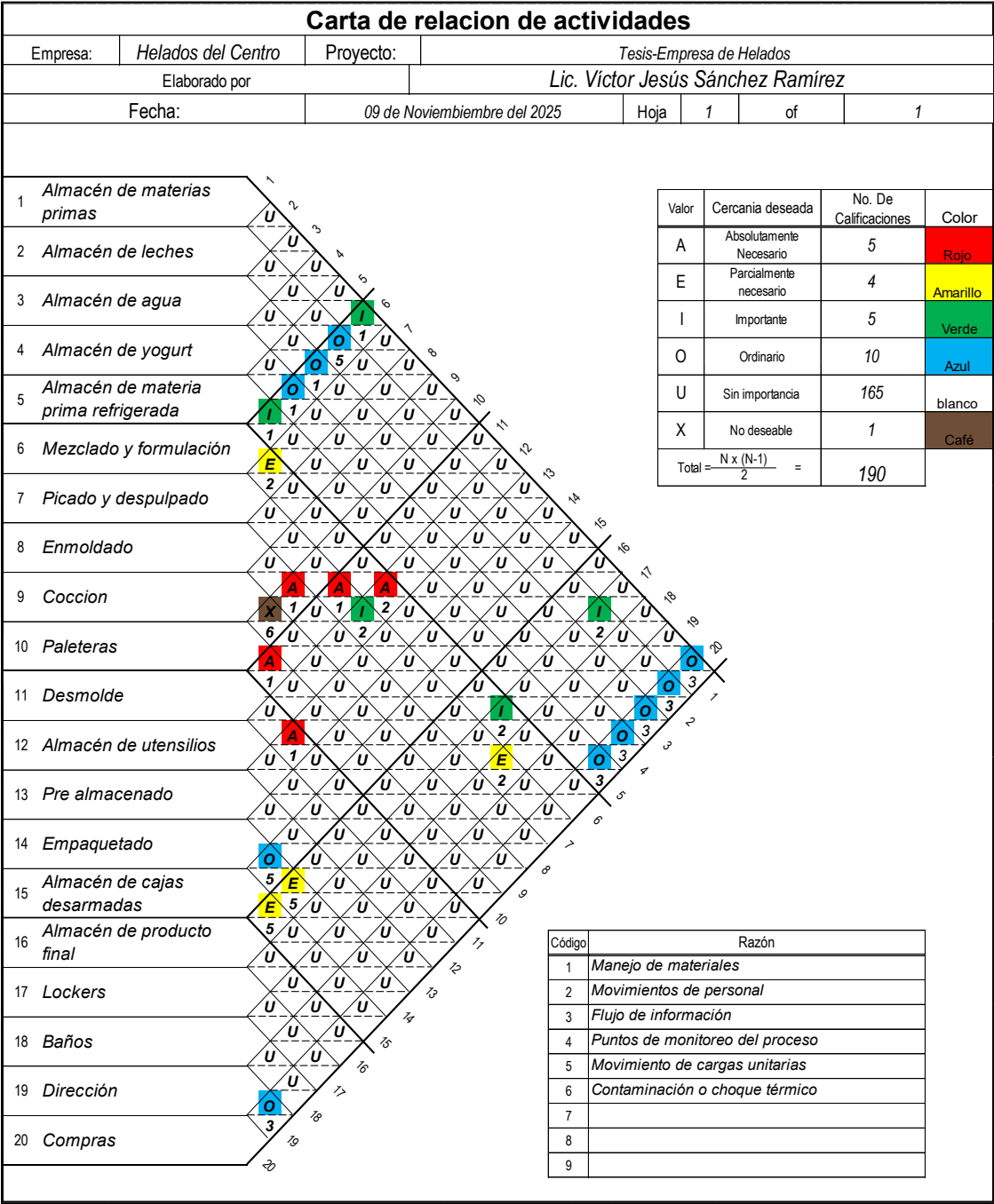
N = número total de relaciones.

n = número de áreas o de departamentos = 20.

- Se substituyó el número de departamentos (n=20) en la Ecuación 3.3 y se determinó que el número total de relaciones es 190 (N=190), tal como se muestra en la Ecuación 3.4.

$$N = \frac{20(20-1)}{2} = 190 \dots\dots\dots(3.4)$$

- Se elaboró la carta de relación de actividades (



- Figura 3.17).
- Se definieron los rangos de importancia de las áreas que interactúan en el proceso de producción de paletas de hielo.
- Se identificaron relaciones entre las áreas de mayor importancia y una cercanía no deseable.

- Se desarrolló una carta que tomó en cuenta las interacciones y los flujos entre todas las áreas implicadas en el proceso de fabricación de paletas de hielo con la finalidad de hacer propuestas de distribución para el proceso de producción de paletas de hielo

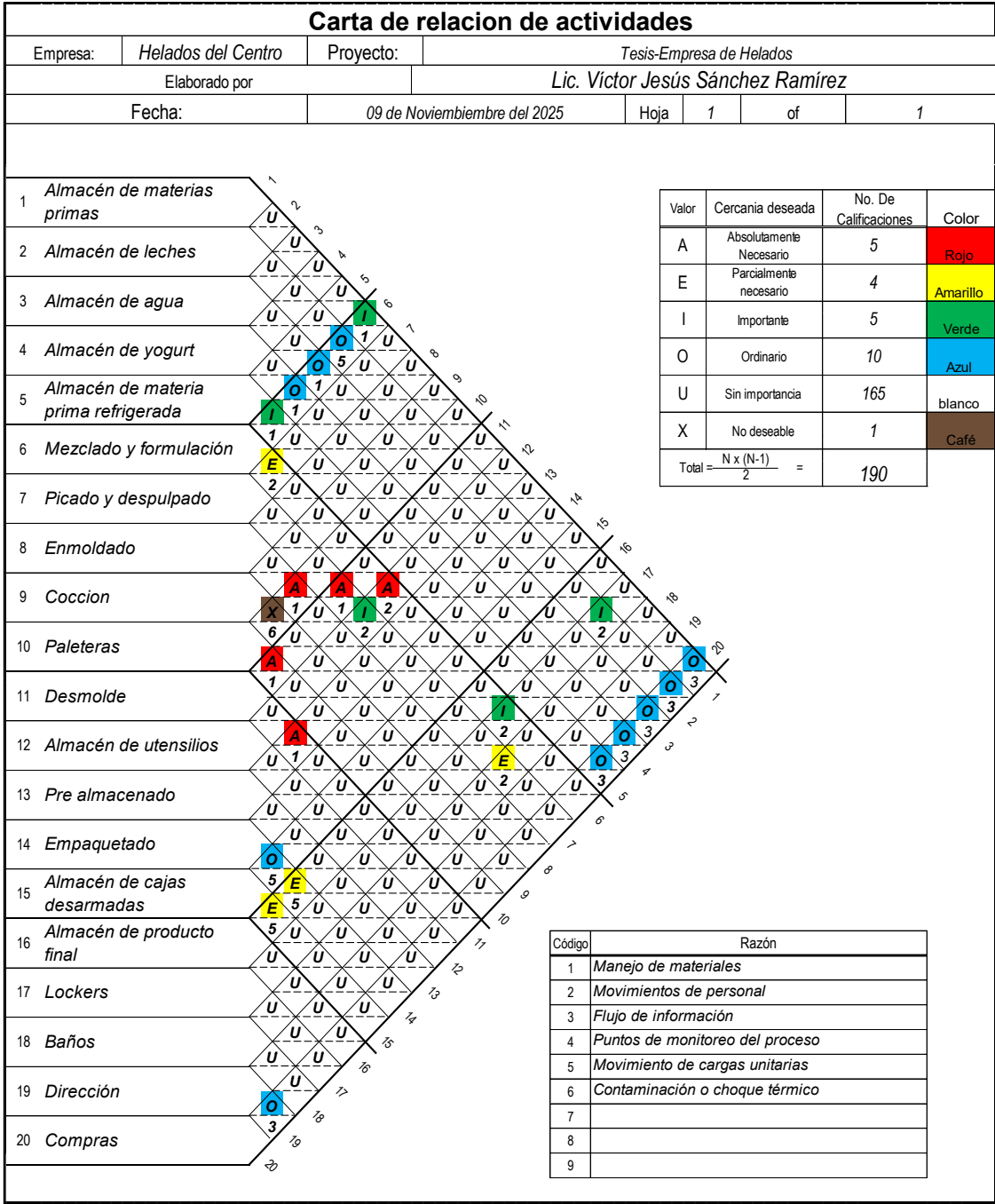
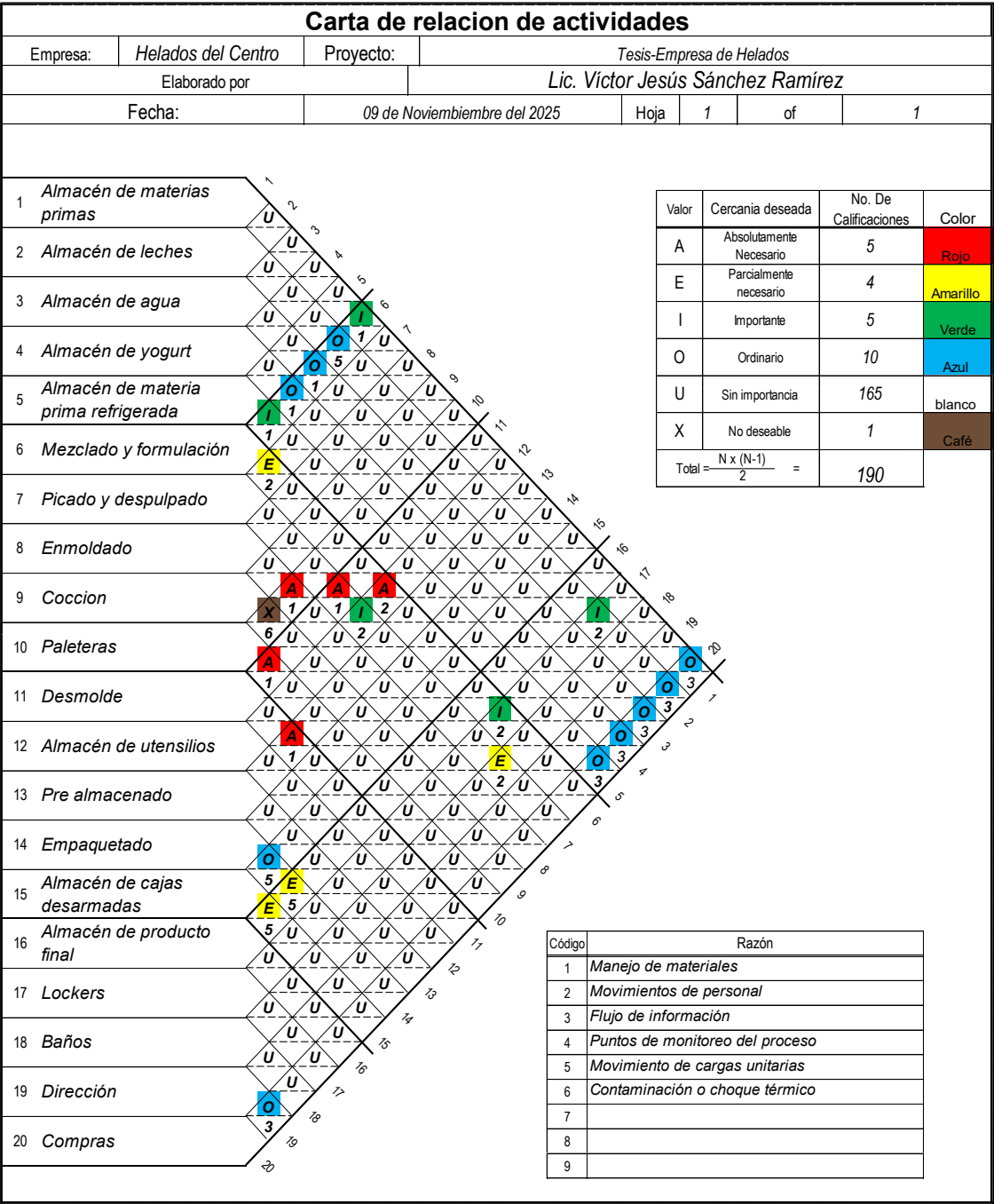


Figura 3.17 Carta de relación de actividades (Elaboración propia)

3.9.4 Paso 3: Diagrama de relación de actividades

En esta sección se desarrolló el paso 3 de la metodología SLP, a partir de la teoría presentada en la Sección 2.6.6. Este paso se desarrolló mediante las siguientes actividades:

1. Se utilizaron los criterios de cercanía mostrados en la



2. Figura 3.17 para representar las relaciones de proximidad entre las áreas.
3. Se colocaron, dentro de círculos, los números de área y, con base en la simbología de la Tabla 3.15, se realizaron las conexiones de importancia absolutamente necesaria (A). El resultado de la primera interacción se muestra en la Figura 3.18.
4. Se colocaron las conexiones de rango especialmente necesarias (E) y el resultado se muestra en la Figura 3.19.

5. Se agregaron las conexiones correspondientes a la evaluación importante (I); el resultado se muestra en la Figura 3.20.
6. Se colocaron las conexiones correspondientes al rango de ordinarias (O) y la única con rango no deseable, con base en la Tabla 3.15; el resultado se muestra en la Figura 3.21. La Figura 3.21 muestra el arreglo final del acomodo general de las áreas que conforman el proceso de producción de paletas de hielo, según la importancia de la cercanía, basada en la cantidad de flujos.

*Tabla 3.15 Simbología para el diagrama de relación de actividades
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)).*

Valor de letra	Número de líneas	Valuación de proximidad	Código de color
A		Absolutamente necesario	Rojo
E		Especialmente necesario	Amarillo
I		Importante	Verde
O		Ordinaria	Azul
U		No importante	
X		No deseable	Café

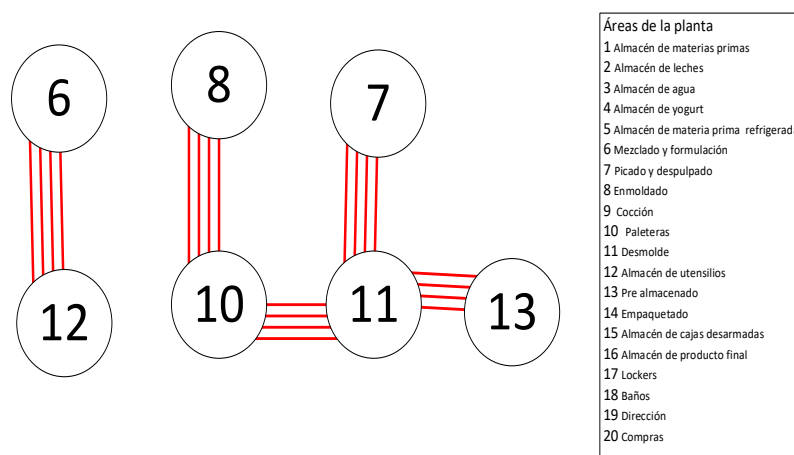


*Figura 3.18 Diagrama de relación de actividades, primera interacción A's.
(Elaboración propia)*

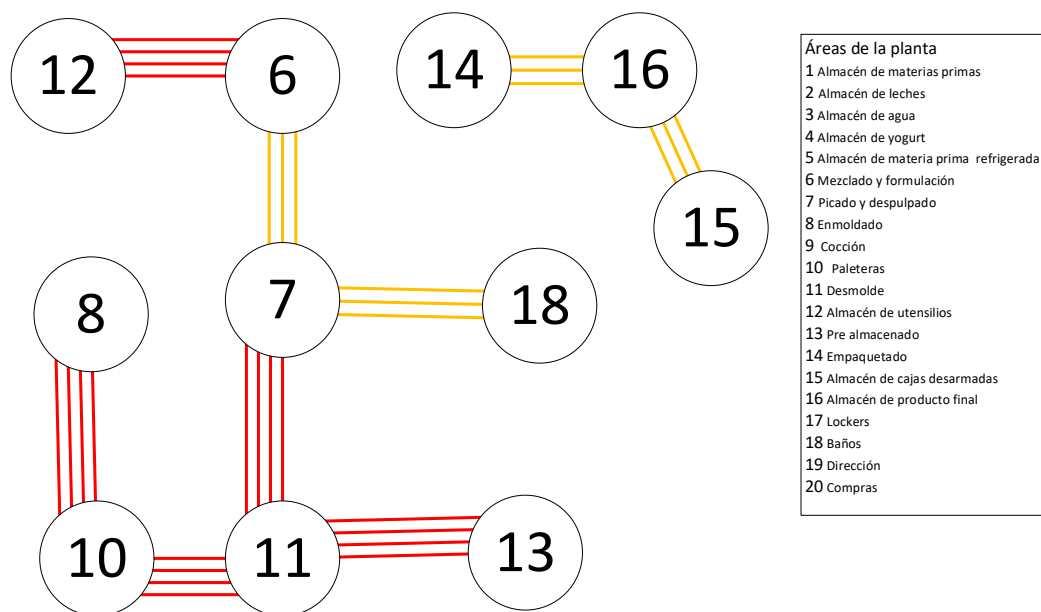


Figura 3.19 Diagrama de relación de actividades, segunda interacción E's.
(Elaboración propia)

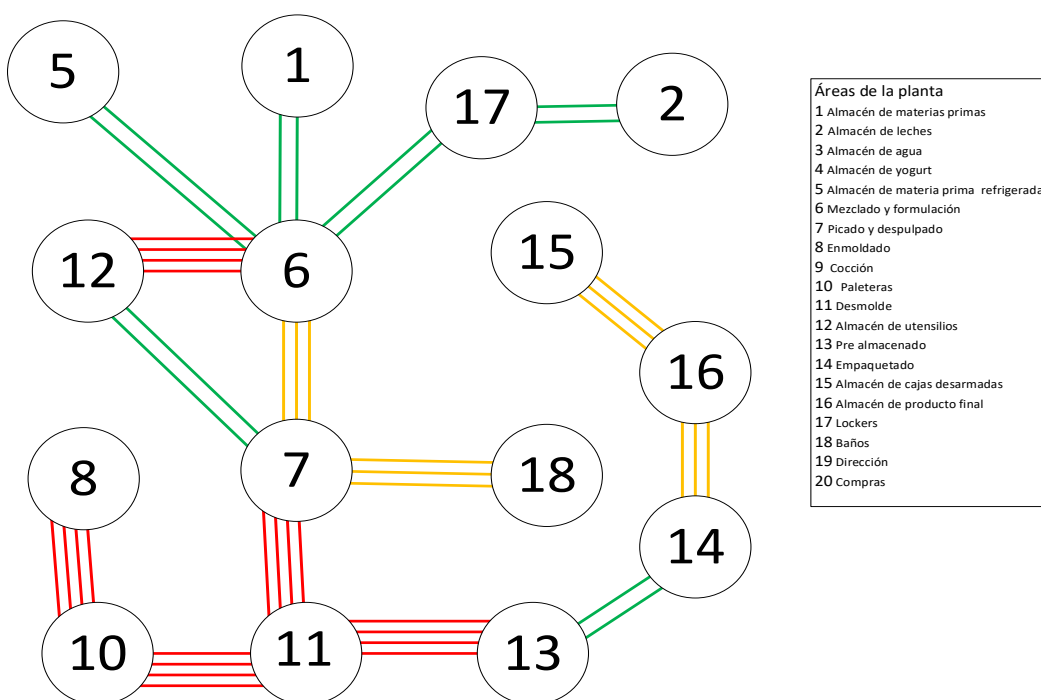


Figura 3.20 Diagrama de relación de actividades, tercera interacción I's.
(Elaboración propia)

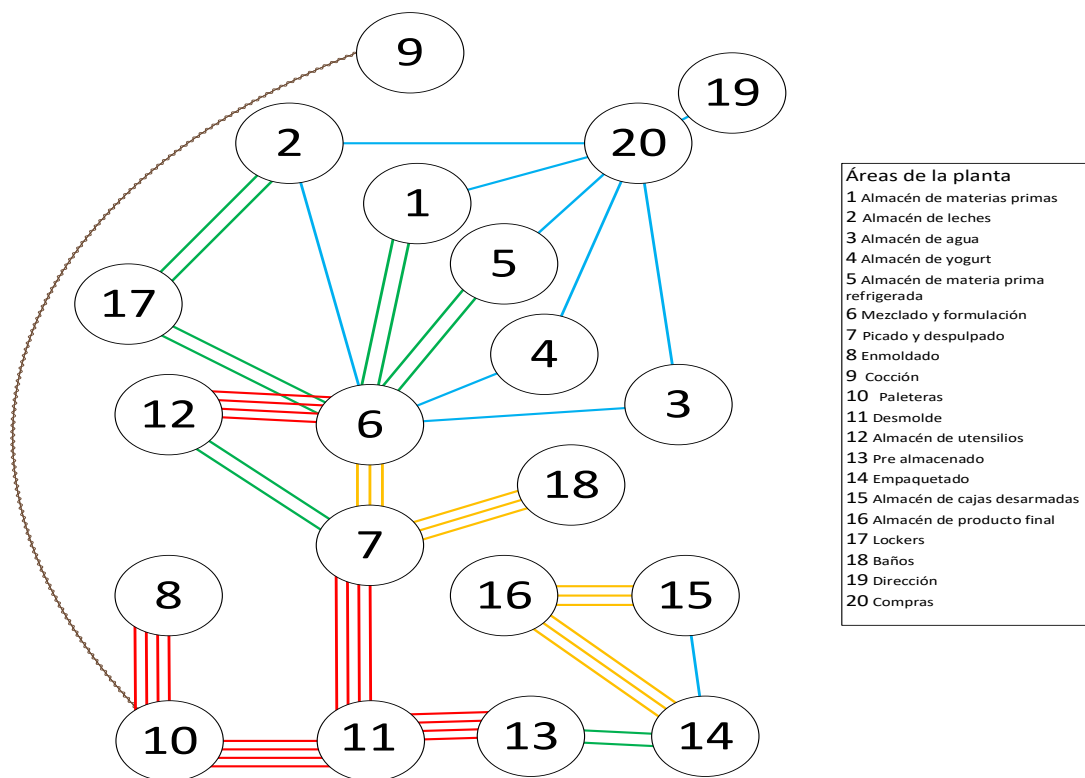


Figura 3.21 Diagrama de relación de actividades, cuarta y quinta interacción O's y X's.
(Elaboración propia)

3.9.5 Paso 4: Requerimientos de espacio

En esta sección se determinaron los requerimientos de espacio necesarios (Sección 2.6.7) para cada área del proceso de producción de paletas de hielo. Para evaluar cada área, se utilizaron los siguientes dos formatos:

- **Hoja de inventario.** En esta hoja se establecieron las áreas totales necesarias para cada maquinaria y equipo, así como las de los pasillos. Las áreas detallan el espacio del operador, la maquinaria y el área necesaria para el mantenimiento. Un ejemplo del equipo denominado “estantería” en el área “Almacén de materias primas” se presenta en la Tabla 3.16.

Es importante mencionar que esta hoja de inventario se realizó para cada maquinaria y equipo utilizados en las 20 áreas que componen el sistema de producción de paletas de hielo.

El Anexo 1 muestra otros ejemplos de hojas de inventario.

- **Hoja de maquinaria y equipo por área.** En este formato se recolectó la información de cada una de las hojas de inventario (Tabla 3.17) por área de la empresa en estudio, con el fin de determinar el requerimiento de espacio de cada una. La de hoja de maquinaria y equipo para el área “compras”, que se muestra en la Tabla 3.17, indica que se necesitan 8 m².

Es importante mencionar que esta hoja de maquinaria y equipo se elaboró para cada una de las 20 áreas que componen el sistema de producción de paletas de hielo.

El Anexo 2 muestra las hojas de maquinaria y equipo de cada una de las 20 áreas.

- **Hoja de concentrado de requerimiento de espacio.** Una vez determinado el requerimiento de espacio por área se determinó el espacio total necesario mediante la Hoja de concentrado total (Tabla 3.18), este documento integra las necesidades de las 20 áreas operativas del sistema. Este concentrado suma las superficies, lo que permite determinar que se requieren 345 m² para el funcionamiento óptimo de la planta.

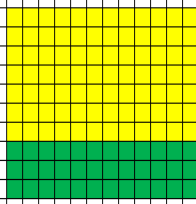
Tabla 3.16 Ejemplo de hoja de inventario
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Estante	Identificación:	-
Elaborado por:	Victor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Estante de acero para almacenar distintos ítems			

Nombre del área:	Enmoldado	Abrebiatura:	Enmo
Fabricante:	Desconocido	Modelo:	Tipo 430
Izq.Der.(cm):			1.2
Fre.Pos.(cm):			0.6
Área de maquinaria o equipo (cm ²):			0.72
Área para material (cm ²):			-
Área para espacio del operador (cm ²):			0.72
Área de pasillos (cm ²):			
Área total (cm ²):			1.44



Foto de referencia



Espacio del operador
 Material
 Máquina
 Pasillo

Vista de plano
Escala: 1 cuadro = 20 cm²

Tabla 3.17 Hoja de maquinaria y equipo por área
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

[illegible]

Tabla 3.18 Hoja de concentrado total
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

CONCENTRADO TOTAL				Características Físicas Requeridas												Planta		Helados del centro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
				Espesor de la lámina	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga	Mód. Carga

3.9.6 Paso 5: Disponibilidad de espacio

Una vez determinadas, en metros cuadrados, las áreas de todos los departamentos que forman parte del sistema de producción (Sección 3.9.5), se determinó, con base en la teoría de la Sección 2.6.8, el espacio disponible para la redistribución del área de producción.

Para visualizar el espacio, se elaboró un plano de la planta baja (Figura 3.22) con ayuda del software *Mástercam Learning Edition 2025*. Esta figura muestra lo siguiente:

1. Se cuenta con un área física total de 555,42 m² en la planta baja
2. La planta baja se compone de 3 áreas. 2 áreas disponibles y 1 no disponible.
3. El **área física disponible es de 435,85 m²** (área 1 + área 3).
4. El área física no disponible es de 143,35 m² (área 2).

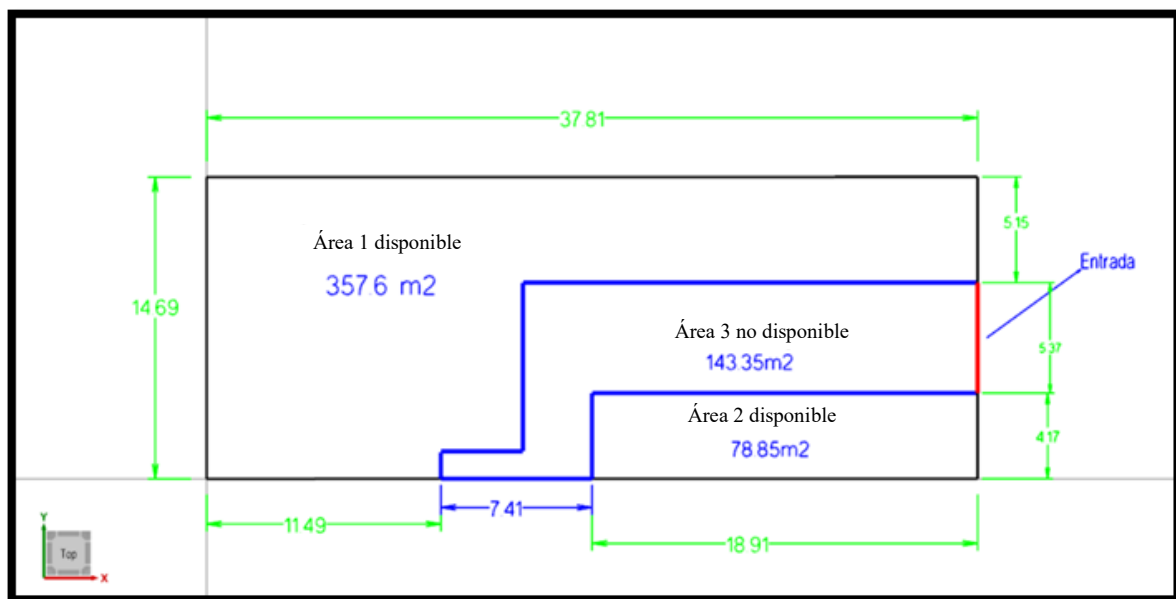


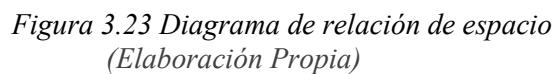
*Figura 3.22 Plano del espacio disponible en la planta baja
(Elaboración propia)*

3.9.7 Paso 6: Diagrama de relación de espacio

Una vez definido el espacio requerido para cada una de las áreas que conforman el sistema de producción de paletas de hielo (Sección 3.9.5) y con ayuda del diagrama de relaciones de actividades (Figura 3.21), se elaboró el diagrama de relaciones de espacios de la Figura 3.23.

Para la elaboración de este diagrama de relación de espacios se realizaron las siguientes actividades:

- **Determinar los siguientes elementos para su elaboración:**
 - Las áreas que conforman el sistema de producción de las paletas de hielo fueron representadas previamente en el diagrama de relaciones de actividades de la Figura 3.21.
 - Las líneas que representan la importancia de la cercanía entre las áreas se tomaron de la simbología de la Tabla 3.15.
 - Los espacios requeridos por cada área se tomaron de los concentrados mostrados en cada hoja de inventario y de maquinaria por área; un ejemplo se mostró en la Tabla 3.18.
- **Determinar la escala que se utilizará.** Se definió que la escala a usar fuera de 1 mm equivale a 10 cm.
- **Dibujar a escala los espacios de cada área.** Para esta actividad se usaron rectángulos y, dentro de cada uno, se colocaron los metros cuadrados requeridos, además de un número de identificación.
- **Realizar un diagrama de relaciones de espacios** colocando líneas de cercanía con base en el diagrama de relaciones de actividades de la Figura 3.21 y en la simbología mostrada en la Tabla 3.15. El resultado se muestra en la Figura 3.23.



En este paso, conforme a la metodología SLP (Sección 2.6.10), se identificaron factores influyentes que deben considerarse para realizar ajustes o modificaciones al Diagrama de Relación de Espacios de la Figura 3.23 (Sección 3.10.7). Estos factores, que son condiciones clave que impactan directamente la redistribución de la planta de helados, se detallan a continuación:

- 124

- Evaluar la opción de ubicar la primera entrada con mayor amplitud, lo que permitiría la entrada de carritos auxiliares y optimizaría la logística interna.
- **Instalaciones y equipos especializados para el almacenamiento.** Dado que el producto final requiere condiciones especiales de almacenamiento para garantizar su conservación, es necesario organizar el espacio adecuadamente. En este sentido, se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - La existencia de dos almacenes especializados para el producto final, que deben operar a -25 °C para asegurar su calidad, además de otro espacio destinado a materias primas refrigeradas.
 - Evaluar la incorporación de puertas adicionales con sellos térmicos en estos almacenes, lo que permitirá mantener la temperatura interna controlada y evitará las fluctuaciones no deseadas.
- **Requisitos del personal y políticas de la empresa.** Como la empresa pertenece al sector alimenticio, se deben cumplir normativas estrictas relacionadas con los utensilios y equipos, que deben ser aptos para el grado de higiene alimenticia. Esto impacta directamente en la distribución de la planta. En este sentido, se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - La necesidad de utilizar equipos y mobiliario aptos para grado alimenticio, lo que implica que alguno de ellos deberá ser especializado y ubicado estratégicamente dentro de la planta.
 - Evaluar las modificaciones necesarias en los equipos que podrían generar riesgos de contaminación del producto en proceso, lo que requerirá asignar espacio adicional para garantizar la seguridad alimentaria.

3.9.9 Paso 8: Limitaciones prácticas

En esta sección, conforme a la metodología SLP (Sección 2.6.11), se identificaron las limitaciones prácticas a considerar al ajustar la redistribución de la planta. Las siguientes limitaciones podrían afectar la viabilidad de los cambios en la distribución de la planta, por lo que deben tenerse en cuenta en el proceso:

- **Áreas de almacenaje con instalaciones especiales.** Se debe considerar la existencia de áreas que requieren condiciones específicas de almacenamiento, ya que esto puede influir en la distribución de los espacios.

- **Instalaciones para camionetas especiales:** Es importante evaluar la disponibilidad de espacio para el acceso y el estacionamiento de vehículos especiales, ya que esto puede limitar la distribución de otras áreas.
- **Estructura del inmueble.** La estructura del edificio, incluidas las columnas o los muros de carga, debe considerarse, ya que puede limitar las opciones de redistribución o requerir modificaciones costosas para cumplir con los nuevos requisitos.
- **Maquinaria y equipo necesarios.** Es esencial considerar el espacio necesario para la instalación y operación de maquinaria y equipos especializados, que deben ubicarse de forma estratégica para asegurar su funcionalidad sin comprometer el flujo de trabajo.

3.9.10 Paso 9: Generación de alternativas

En esta sección se generaron alternativas de redistribución de planta para el proceso de producción de paletas de hielo, considerando los siguientes puntos:

1. La proximidad requerida (Sección 3.9.3) y los requerimientos de espacios de las áreas del proceso de producción de paletas de hielo (Sección 3.9.5).
2. Los factores influyentes de la Sección 3.9.8.
3. Las limitaciones prácticas establecidas en la Sección 3.9.9 (considerando que el área central debe quedar libre para el estacionamiento de las unidades de venta y que los almacenes de producto final no pueden ser trasladados debido a la instalación requerida).

Las tres alternativas obtenidas para la distribución de planta fueron las siguientes:

1. Optimización por relación de espacios (Figura 3.24)

La primera alternativa se derivó directamente de la síntesis del Diagrama de Relaciones de Espacios (Figura 3.23). En este diseño, la configuración de las áreas priorizó el estricto cumplimiento de los niveles de importancia de cercanía identificados en la etapa de análisis. El objetivo principal fue minimizar el recorrido total mediante la agrupación de las estaciones de mayor flujo, asegurando el respeto de los claros y de los pasillos de maniobra necesarios para una operación segura.

2. Flujo lineal y consolidación de almacenamiento (Figura 3.25)

La segunda alternativa propuso una reestructuración del proceso bajo una lógica de flujo continuo en línea recta. Para lograrlo, se colocaron secuencialmente las zonas de almacenamiento, en particular las áreas 2, 3, 4, 5 y 12. Esta disposición permitió que, desde el inicio del ciclo productivo, el tránsito de materias primas e insumos siguiera una ruta unidireccional, reduciendo los tiempos de traslado y eliminando cuellos de botella por retrocesos en la cadena de suministro interna.

3. Segregación térmica y mitigación de incompatibilidades (Figura 3.26)

La tercera alternativa integró la eficiencia del flujo lineal de la propuesta anterior, pero añadió un criterio de segregación según las condiciones ambientales. En particular, se identificó que el Área 9 (Cocción) presentaba una incompatibilidad crítica con las zonas de congelamiento y de almacenamiento refrigerado (Áreas 2, 3, 4 y 5) debido al fenómeno de choque térmico.

En consecuencia, este diseño estableció una separación física estratégica del área de cocción, aislándola de los puntos críticos de frío.

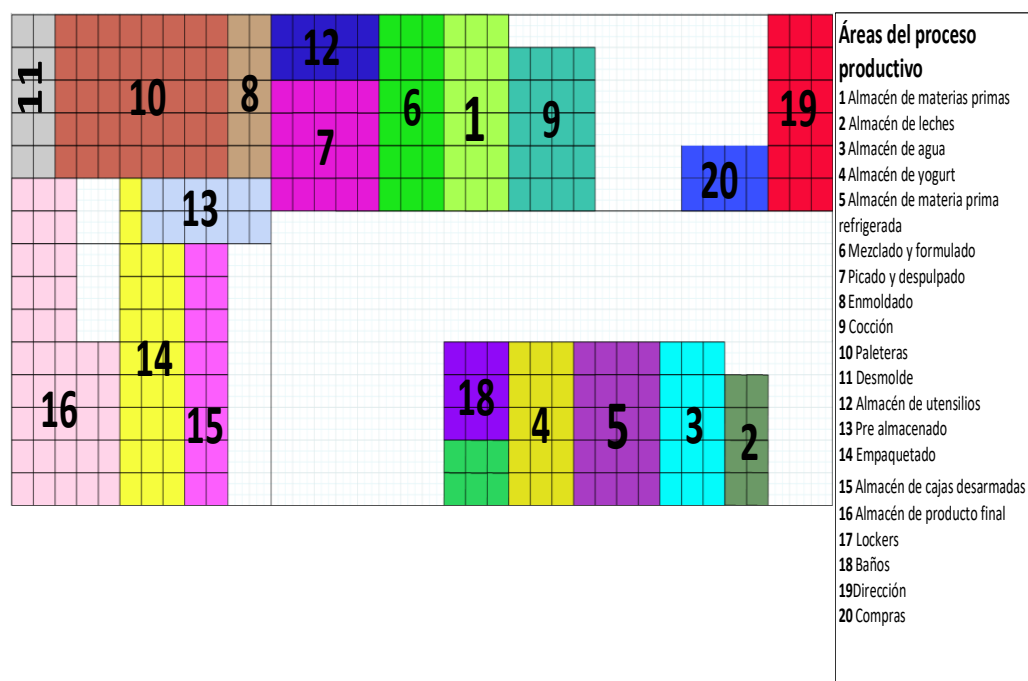


*Figura 3.24 Alternativa de redistribución de planta 1
(Elaboración propia)*

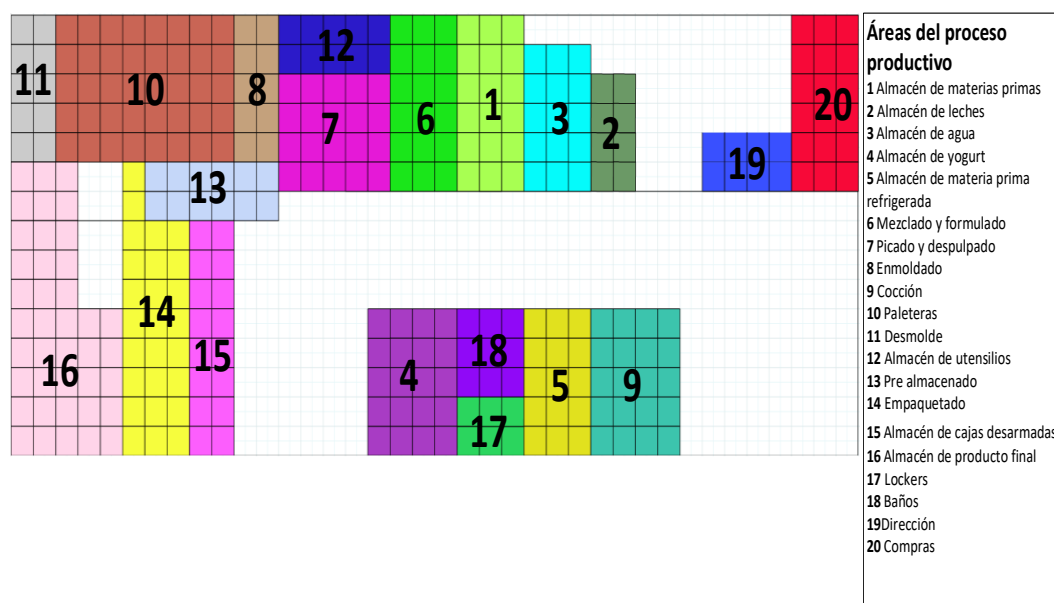


Figura 3.25 Alternativa de distribución de planta 2
(Elaboración propia)

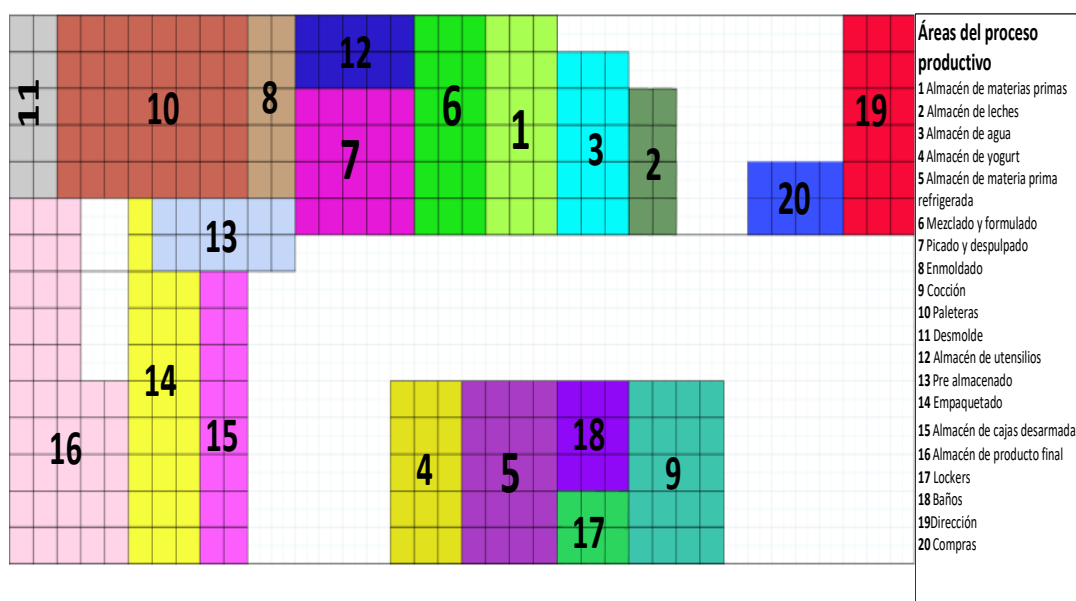


Figura 3.26 Alternativa de distribución de planta 3
(Elaboración propia)

3.9.11 Paso 10: Selección de alternativa

En esta sección se utilizó el método de evaluación de factores por puntos, descrito en la Sección 2.1.2, para seleccionar una de las 3 alternativas generadas en la Sección 3.9.10, mediante los pasos siguientes:

1. Se definieron seis criterios para evaluar las alternativas de redistribución de planta (Tabla 3.19).
2. Se asignó a cada criterio un peso de 0 a 100, como se muestra en la Tabla 3.19.
3. Se determinó una escala de vocales (Tabla 3.20), así como una calificación asociada a cada una de ellas, para indicar el grado de cumplimiento de los criterios de cada alternativa

*Tabla 3.19 Criterios para evaluar alternativas de redistribución
(Elaboración propia)*

No.	Criterios	Peso
1	Costo de instalación bajo	100
2	Mejor flujo y manejo de materiales	95
3	Facilidad de futura redistribución o expansión	90
4	Ergonomía dentro de la planta	85
5	Adaptación a la infraestructura actual	80
6	Utilización de espacio	75

*Tabla 3.20 Escala de vocales
(Muther & Hales, 2015)*

Letra	Significado	Puntos
A	Excelente (perfecto).	4
E	Muy bueno (considerablemente bueno).	3
I	Bueno (resultado positivo).	2
O	Mediano (porcentaje de mejora bajo).	1
U	Mediocre (mejora nula)	0
X	Imposible (no aplica o no cumple).	

4. Se calificó el cumplimiento de cada factor en cada una de las tres alternativas de redistribución con base en la escala de vocales (Tabla 3.20) y se registró en el formato de la Tabla 3.21, en la celda de la intersección entre la columna “Calificación” de cada alternativa y el factor correspondiente.
5. Se multiplicó la calificación por el peso de cada factor y se colocó en el formato de la Tabla 3.21, en la celda de intersección entre la columna “Puntaje por factor” de cada alternativa y el factor correspondiente.
6. Se sumaron los puntajes obtenidos de cada una de las alternativas y se colocaron en el formato de la Tabla 3.21, en la celda de intersección entre la columna “Puntaje por factor” de cada alternativa y la fila “Puntaje total de cada alternativa”.
7. Se seleccionó la alternativa con el mayor puntaje. La alternativa seleccionada para la redistribución de planta fue la número 3 con un puntaje de 1770 (Tabla 3.21).

Tabla 3.21 Selección de la alternativa de redistribución de planta
(Muther & Hales, 2015)

Método de evaluación de factores por puntos, selección de alternativas de redistribución de plantas												
Calificación de Factores					Empresa:		Proyecto:		Acotaciones echas por:	Fecha:		
Escala de vocales	Letra	Significado		Valor numérico	Helados del Centro		Selección de alternativa de reedistribución		Víctor J. Sánchez Ramírez		13/01/2026	
	A	Excelente	Perfecto	4								
	E	Muy bueno	Considerablemente bueno	3								
	I	Bueno	Resultado positivo	2	Acotación bruta o ponderada.							
	O	Mediano	Porcentaje de mejora bajo	1	Alternativas disponibles para selección							
	U	Mediocre	Mejora nula	0	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3			
	X	Imposible	No aplica o no cumple.	-								
Nº	Factores prioritarios			Pesos	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor	Calificación	Puntaje por factor		
1	Costo de instalación bajo			100	E	300	E	300	A	400		
2	Mejor flujo y manejo de materiales			95	E	285	E	285	A	380		
3	Facilidad de futura redistribución o expansión			90	I	180	A	360	E	270		
4	Ergonomía dentro de la planta			85	A	340	E	340	E	255		
5	Adaptación a la infraestructura actual			80	A	320	A	320	E	240		
6	Utilización de espacio			75	E	225	O	75	E	225		
Puntajes totales de cada alternativa						1650		1680		1770		
Alternativa seleccionada					Alternativa 3							

3.10 Medición de la distancia semanal recorrida del nuevo *Layout* (después de aplicación de SLP)

Una vez implementada la alternativa de redistribución seleccionada (Sección 3.9.11), fundamentada en la metodología SLP (Sección 2.6), fue necesario volver a medir la distancia total recorrida por semana durante el proceso de producción de paletas de hielo.

La nueva medición de la distancia total semanal recorrida, realizada con el fin de evaluar el desplazamiento del flujo operativo bajo la nueva configuración de las áreas, se realizó mediante las siguientes actividades:

- Determinar los centroides de las áreas de la nueva distribución.
- Calcular los flujos entre los centros de las áreas.
- Calcular distancias entre centroides de las áreas en la nueva distribución

- Determinar la distancia recorrida por los elementos que fluyen a través de las áreas de producción.

3.10.1 Determinar los centroides de las áreas de la nueva distribución

Una vez definidas las áreas del proceso productivo (Sección 3.8.1) utilizadas por las personas, los productos y la información en la fabricación de paletas de hielo, se determinaron los centroides de cada una de ellas en la nueva distribución de planta seleccionada (Sección 3.9.11). Las actividades para determinar los centroides fueron las siguientes:

1. Calcular centroides regulares. Para calcular los nuevos centroides regulares, se colocó la nueva alternativa en un plano cartesiano con ayuda del software *MasterCam Learning Edition*. El resultado se muestra en la Figura 3.27.
2. Determinar los centroides de las figuras irregulares. Para encontrar los centroides de las figuras irregulares se realizó lo siguiente:
 - a. Se identificaron figuras irregulares. Con base en el plano de la Figura 3.27, se determinó que sólo hay dos figuras irregulares: el almacén de producto final (área 16) y el área de empaquetado (área 14).
 - b. Se colocaron las figuras irregulares con sombreado rojo en un plano cartesiano, como se muestra en la Figura 3.28.
 - c. Se dividió cada figura irregular en figuras regulares y se determinaron los centroides de cada una de ellas. El resultado se muestra en la Figura 3.28.

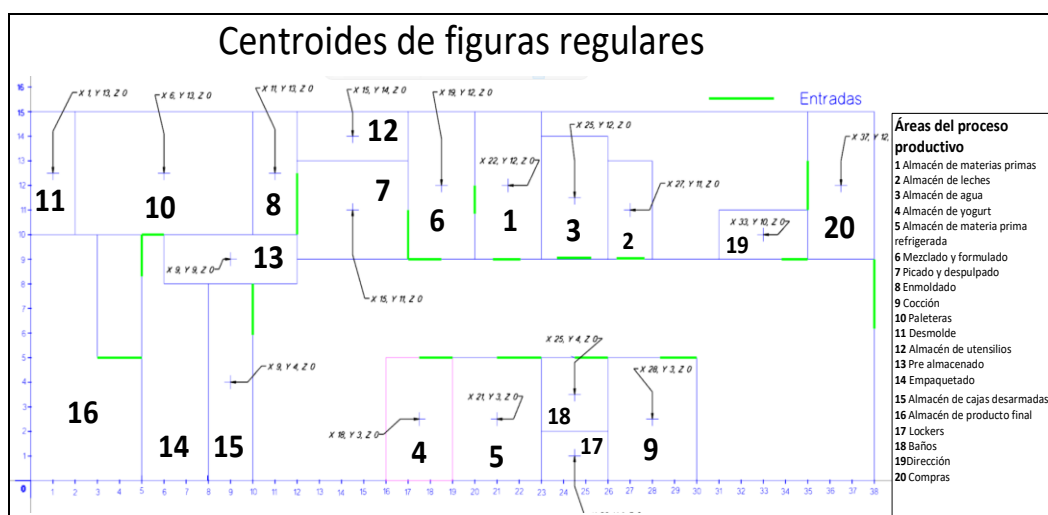


Figura 3.27 Centroides de las áreas regulares en la nueva distribución
(Elaboración propia)

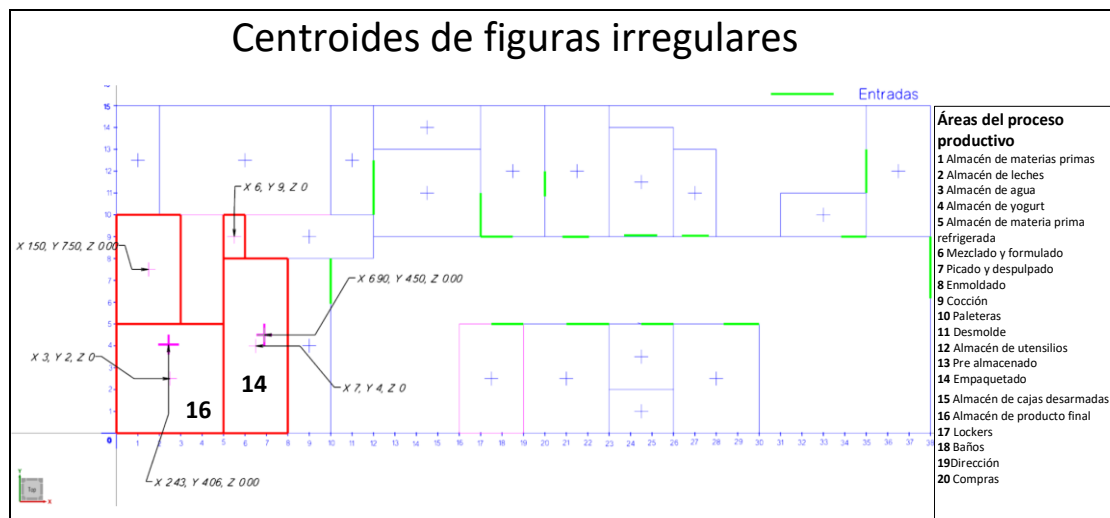


Figura 3.28 Centroides de figuras irregulares de la nueva distribución
(Elaboración propia)

- d. Se determinaron los centroides de cada figura irregular mediante las siguientes ecuaciones:

- Cálculo de centroide de almacén de producto final (área 16):

$$X = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(1.50)(15) + (3)(25)}{15 + 25} = \mathbf{2.43} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$Y = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(7.5)(15) + (2)(25)}{15 + 25} = \mathbf{4.06} \dots\dots\dots (3.6)$$

- Cálculo de centroide de empaquetado (área 14):

$$X = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(6)(2) + (7)(18)}{2 + 18} = \mathbf{6.9} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$Y = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{(9)(2) + (4)(18)}{2 + 18} = \mathbf{4.5} \dots\dots\dots (3.8)$$

- e. Se marcó con una cruz morada el centroide de cada figura irregular en el plano cartesiano. El resultado se muestra en la Figura 3.28.

- f. Se presentaron en la Tabla 3.19 los centroides calculados de las áreas de la empresa.

*Tabla 3.22 Centroides de las áreas de la empresa en estudio
(Elaboración propia)*

No. de Área	Áreas	Abreviaturas	Centroides
1	Almacén de materias primas	ALMP	(22,12)
2	Almacén de leches	ALML	(27, 11)
3	Almacén de agua	ALMA	(25,12)
4	Almacén de yogurt	ALMY	(18,3)
5	Almacén de materia prima refrigerada	ALMPR	(21,3)
6	Mezclado y Formulación	MEFO	(19,12)
7	Picado y despulpado	PICDE	(15,11)
8	Enmoldado	ENMO	(11,13)
9	Cocción	COCCI	(25,3)
10	Paletas	PALT	(6,13)
11	Desmolde	DESMO	(1,13)
12	Almacén de utensilios	ALMUT	(15,14)
13	Pre almacenado	PREALM	(9,9)
14	Empaquetado	EMPA	(6.9,4.5)
15	Embalaje	EMBA	(9,4)
16	Almacén de producto final	ALMPF	(2.43,4.06)
17	Lockers	LOCK	(25,1)
18	Baños	BAÑO	(25,4)
19	Compras	COMPR	(33,10)
20	Dirección	DIRE	(37,12)

3.10.2 Determinar los flujos de los elementos entre las áreas de la nueva distribución

Para determinar los flujos entre áreas se realizó lo siguiente:

- Se utilizaron los elementos identificados en la Sección 3.7.3.3: productos, personas e información.
- Se utilizaron los flujos definidos de los productos (Figura 3.10), de las personas (Figura 3.11) y de la información (Figura 3.12), entre las áreas del proceso de producción.
- Se utilizó la carta DE-A de flujos, previamente definida, de productos, personas e información. Para facilitar el nuevo cálculo, ésta se volvió a representar en la Figura 3.29.

DE-A FLUJO ENTRE ÁREAS																					
	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	EMBA	ALMPF	LOCK	BAÑO	ESCAL	COMPR	DIRE
	ALMP					7														3	
	ALML					5											25			3	
	ALMA					16														3	
	ALMY					2														3	
	ALMPR					10														3	
	MEFO	7	4	15	2	9	42	115				125									
	PICDE					43						10						50			
	ENMO						110			102											
	COCCI																				
	PALT							100			96										
	DESMO									95			96								
	ALMUT					124	10														
	PREALM										95			96							
	EMPA												95		4	97					
	EMBA													4							
	ALMPF														96						
	LOCK					25															
	BAÑO						50														
	ESCAL																				
	COMPR																				10
	DIRE																				

Figura 3.29 Carta DE-A del flujo por semana, de los elementos entre áreas de producción
(Elaboración propia)

3.10.3 Calcular distancias entre centroides de las áreas en la nueva distribución

Para calcular las distancias entre centroides se realizó lo siguiente:

5. Se consideraron las áreas identificadas en la Sección 3.8.1,
6. Se consideraron los nuevos centroides de cada área de la nueva distribución (Sección 3.10.1 en la Tabla 3.22).
7. Se colocaron las áreas y los nuevos centroides en la carta DE-A de la *Figura 3.30*
8. Se calculó la distancia entre los centroides de cada área mediante la ecuación de la distancia rectilínea entre centroides (Sección 2.6.4). Los resultados se muestran en la carta DE-A de la *Figura 3.30*.

3.10.4 Determinar distancia recorrida por los elementos a través de las áreas de producción

Para determinar la distancia total recorrida por semana, por los elementos: productos, personas, e información; en el nuevo *layout* de la empresa en estudio, se realizó lo siguiente:

1. Se consideró la carta de DE-A (*Figura 3.29*), con flujos entre las áreas del proceso de producción.
2. Se consideró la carta de DE-A (*Figura 3.30*) con la nueva distribución de distancias entre centroides de cada área,
3. Se multiplicó la carta DE-A de flujo (*Figura 3.29*) por la carta DE-A de distancia entre los nuevos centroides de las áreas de producción (*Figura 3.30*). El resultado se muestra en la *Figura 3.31*.

Al analizar la *Figura 3.31* se puntualizó lo siguiente:

- La distancia total recorrida es de 12608 metros por semana (12.5 km/semana).
- La nueva distribución disminuyó el total de distancia recorrida con respecto al primer análisis de la Sección 3.8.3.5 (de 17090 m/sem a 12608 m/sem)
- La nueva distribución presenta un acomodo de las áreas de proceso de producción en línea recta, lo que favorece un flujo continuo de los elementos que diariamente circulan a través del proceso productivo.

		DE-A DISTANCIA ENTRE DEPARTAMENTOS																					
		X	22	27	25	18	21	19	15	11	25	6	1	15	9	6.9	9	Almacén de cajas desarmadas	Almacén de producto final	Lockers	Baños	Compras	Dirección
		Y	12	11	12	3	3	12	11	13	3	13	13	14	9	4.5	4						
X	Y	ALMP	ALML	Almacén de agua	Almacén de yogurt	Almacén de materia prima refrigerado	Mezclado y formulación	Picado y despulpado	Emoldado	Cocción	Paletas	Desmold	Almacén de utensilios	Pre almacenado	Empaquetado								
22	12	ALMP	0	6	3	13	10	3	8	12	12	17	22	9	16	22.6	21	27.51	14	11	13	15	
27	11	ALML	6	0	3	17	14	9	12	18	10	23	28	15	20	26.6	25	31.51	12	9	7	11	
25	12	Almacén de agua	3	3	0	16	13	6	11	15	9	20	25	12	19	25.6	24	30.51	11	8	10	12	
18	3	Almacén de yogurt	13	17	16	0	3	10	11	17	7	22	27	14	15	12.6	10	16.63	9	8	22	28	
21	3	Almacén de materia prima desarmada	10	14	13	3	0	11	14	20	4	25	30	17	18	15.6	13	19.63	6	5	19	25	
19	12	Mezclado y formulación	3	9	6	10	11	0	5	9	15	14	19	6	13	19.6	18	24.51	17	14	16	18	
15	11	Picado y despulpado	8	12	11	11	14	5	0	6	18	11	16	3	8	14.6	13	19.51	20	17	19	23	
11	13	Emoldado	12	18	15	17	20	9	6	0	24	5	10	5	6	12.6	11	17.51	26	23	25	27	
25	3	Cocción	12	10	9	7	4	15	18	24	0	29	34	21	22	19.6	17	23.63	2	1	15	21	
6	13	Paletas	17	23	20	22	25	14	11	5	29	0	5	10	7	9.4	12	12.51	31	28	30	32	
1	13	Desmold	22	28	25	27	30	19	16	10	34	5	0	15	12	14.4	17	10.37	36	33	35	37	
15	14	Almacén de utensilios	9	15	12	14	17	6	3	5	21	10	15	0	11	17.6	16	22.51	23	20	22	24	
9	9	Pre almacenado	16	20	19	15	18	13	8	6	22	7	12	11	0	6.6	5	11.51	24	21	25	31	
6.9	4.5	Empaquetado	22.6	26.6	25.6	12.6	15.6	19.6	14.6	12.6	19.6	9.4	14.4	17.6	6.6	0	2.6	4.91	21.6	18.6	31.6	37.6	
9	4	Embalaje	21	25	24	10	13	18	13	11	17	12	17	16	5	2.6	0	6.63	19	16	30	36	
2.43	4.06	Almacén de producto final	27.51	31.51	30.51	16.63	19.63	24.51	19.51	17.51	23.63	12.51	10.37	22.51	11.51	4.91	6.63	0	25.63	22.63	36.51	42.51	
25	1	Lockers	14	12	11	9	6	17	20	26	2	31	36	23	24	21.6	19	25.63	0	3	17	23	
25	4	Baños	11	9	8	8	5	14	17	23	1	28	33	20	21	18.6	16	22.63	3	0	14	20	
33	10	Compras	13	7	10	22	19	16	19	25	15	30	35	22	25	31.6	30	36.51	17	14	0	6	
37	12	Dirección																					
			15	11	12	28	25	18	23	27	21	32	37	24	31	37.6	36	42.51	23	20	6	0	

*Figura 3.30 Carta DE-A de la distancia entre las áreas de producción de la nueva distribución.
(Elaboración propia)*

DE-A DISTANCIA TOTAL RECORRIDA POR SEMANA																				
	ALMP	ALML	ALMA	ALMY	ALMPR	MEFO	PICDE	ENMO	COCCI	PALT	DESMO	ALMUT	PREALM	EMPA	ACD	ALMPF	LOCK	BAÑO	COMPR	DIRE
	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0
	0	0	0	0	0	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	0	21	0
	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0
	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0
	0	0	0	0	0	209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0
	0	0	0	0	0	0	425	0	0	0	0	1494	0	0	0	0	7	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1350	0	0	0	30	0	0	0	0	0	1700	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	955	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2292	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1260.6	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.8	476.27	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	636.48	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	378	425	1350	0	1010	955	1524	2292	1260.6	20.8	1112.75	307	1700	213	60
																				12608

Figura 3.31 Carta DE-A de distancia total recorrida en metros por semana de la nueva distribución.

(Elaboración propia)

3.11 Implementación de mejora: *Poka-Yoke* en área de paletas

Durante la fabricación de paletas, en el proceso de congelación, un operador aplica su criterio subjetivo en la operación de colocación de palitos de madera en las paletas, lo que provoca una mala calidad de las paletas y retrabajo por colocaciones incorrectas

Con el objetivo de alcanzar, en esta operación de colocación, niveles consistentes de calidad y reducir el retrabajo, esta sección presenta la implementación de una mejora basada en la técnica *Poka-Yoke*. Esta herramienta de *Lean Manufacturing* se implementó con base en las siguientes actividades:

1. Medir el indicador “unidades defectuosas” antes del *Poka-Yoke* de mejora.
2. Diseño de un dispositivo *Poka-Yoke* para la colocación de palitos de madera.
3. Presentación del diseño del dispositivo *Poka-Yoke* a la dirección.
4. Implementación del dispositivo *Poka-Yoke*.
5. Medir el indicador “unidades defectuosas” después del *Poka-Yoke*.
6. Comparación de las unidades defectuosas antes y después de la implementación del *Poka-Yoke*.

3.11.1 Medir el indicador “Unidades defectuosas” antes del *poka-yoke* de mejora

Para establecer la línea base de la investigación y cuantificar el estado actual del proceso, se realizó un levantamiento de datos con un enfoque de **censo de producción**. El objetivo fue identificar la variabilidad y el costo de la no calidad generados por la inserción manual de los palitos de madera. El procedimiento se estructuró en las siguientes fases:

1. Definición del alcance y recolección de datos.
Se auditó la producción total de los cuatro tipos principales de productos: paleta de hielo selecto, yogurt, leche y agua.
El periodo de observación comprendió un ciclo operativo completo, del lunes 13 al viernes 17 de octubre de 2025, con jornadas laborales de 10 horas y una hora de intermedio para la alimentación.
Esta ventana de tiempo permitió capturar el comportamiento real del proceso en condiciones de operación estándar.
2. Registro de variables críticas de calidad.

Al término de cada turno, se procedió a la inspección y al registro de las unidades defectuosas. Se definieron como "productos no conformes" aquellos que presentaron fallas geométricas críticas: palitos mal posicionados (inclinados o descentrados) y una profundidad inadecuada (fuera de los rangos de tolerancia permitidos).

Estos defectos se detectaron durante la fase crítica de congelamiento, en la que la ausencia de un soporte físico favorece la movilidad del palito.

3. Concentración y organización de la información.

Los datos obtenidos durante la semana de estudio se tabularon y organizaron sistemáticamente en la Tabla 3.23, lo que permitió la segregación de los errores por tipo de producto y por día de producción.

4. Análisis del impacto financiero y operativo.

Con base en la información de la Tabla 3.23, se cuantificaron las unidades defectuosas totales.

El análisis de costos de no calidad reveló una pérdida económica de \$12,240 pesos durante la semana muestreada.

Esta cifra subraya la urgencia de una intervención técnica, ya que conlleva un desperdicio directo de materia prima, mano de obra y capacidad instalada.

5. Representación y diagnóstico gráfico.

Para facilitar la interpretación técnica del comportamiento del proceso, los resultados se presentan en la Figura 3.32. Esta representación gráfica permitió visualizar la inestabilidad del indicador y confirmó que la variabilidad es constante a lo largo de la semana, lo que valida la necesidad de implementar un dispositivo Poka-Yoke que estandarice la operación.

*Tabla 3.23 Registro de producción semanal de paletas de hielo semana 42
(Elaboración propia)*

Registro de producción de paletas de hielo por unidades(Antes del Poka Yoke)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Paleta de hielo selecto	1,680	0	2,520	2,520	1,680	8,400
Paleta de hielo yogurt	1,680	0	2,520	1,680	0	5,880
Paleta de hielo leche	0	2,520	0	1,680	2,520	6,720
Paleta de hielo agua	2,520	2,520	0	0	0	5,040
Total producción	5,880	5,040	5,040	5,880	4,200	26,040
Unidades defectuosas	120	168	120	144	96	648
Porcentaje	2%	3%	2%	2%	2%	2%
Valor en dinero	\$ 2,280	\$ 3,024	\$ 2,280	\$ 2,736	\$ 1,920	\$ 12,240

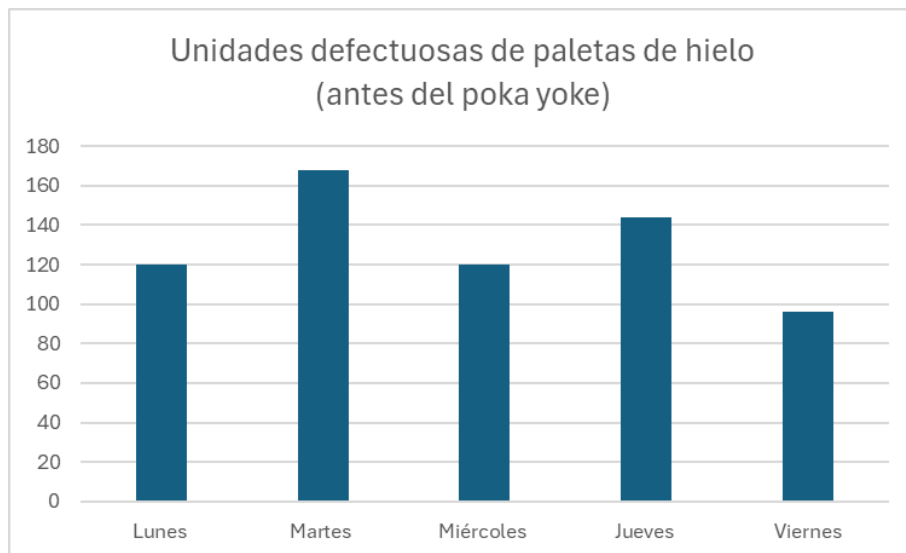


*Figura 3.32 Unidades defectuosas de paletas de hielo por día
(Elaboración propia)*

3.11.2 Diseño de un dispositivo *Poka-Yoke* para la colocación de palitos de madera

Para diseñar un dispositivo *Poka-Yoke* que disminuya o elimine las unidades defectuosas, se realizaron las siguientes actividades:

- 1. Identificación de problema en el proceso.** Se analizaron las unidades defectuosas determinadas en la Sección 3.11.1 y se **identificó el problema de la mala colocación de palitos de madera** en el proceso de producción que afectó la calidad final del producto, debido a lo siguiente:
 1. El palito se introducía en una posición inadecuada (fuera del centro).
 2. El palito se colocaba a una profundidad incorrecta.

3. El palito se colocaba con una orientación

La mala colocación de los palitos provocaba que, al momento del desmolde o del empaque, el palito se fracturara o quedara dentro de la paleta. Como consecuencia, estas paletas no podían continuar en el proceso productivo ni ser comercializadas; debían retirarse y clasificarse como merma.

2. **Determinación de las causas del problema.** Para determinar las causas de la mala colocación del palito de madera, se utilizó el diagrama de Ishikawa. Con esta herramienta se identificaron posibles causas relacionadas con el método de trabajo, la mano de obra, la maquinaria y el material. El resultado se muestra en la Figura 3.33.

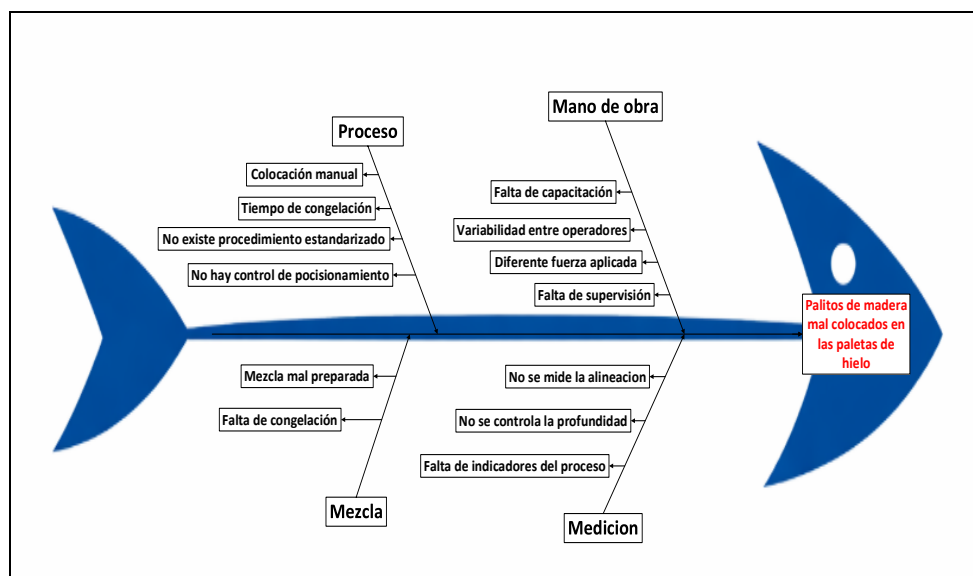


Figura 3.33 Diagrama de Ishikawa del proceso de colocación de palitos de madera
(Elaboración propia)

3. **Definición de los requerimientos del dispositivo.** Para el diseño del dispositivo *poka-yoke*, se establecieron los siguientes criterios con el fin de reducir errores en la colocación de los palitos de madera:

1. Que facilite la colocación del palito de madera por parte del operador: que sea rápida y sencilla.
2. Que asegure la alineación correcta del palito dentro del molde de la paleta.
3. Que controle la profundidad de inserción para garantizar una fijación adecuada durante la congelación.
4. Que evite posiciones o inclinaciones incorrectas del palito para evitar defectos.

5. Que el dispositivo sea simple, resistente y de bajo costo, y que se adapte fácilmente al proceso de producción existente.
4. **Diseño conceptual del dispositivo *Poka-Yoke*.** Se propuso que el dispositivo *Poka-Yoke* sirviera como guía mecánica para que el palito se insertara únicamente en la posición correcta. En otras palabras, que el dispositivo limite el movimiento del palito y evite que se coloque en un ángulo o en una profundidad incorrectos.
5. **Selección de materiales para el diseño del dispositivo *Poka-Yoke*.** Se consideró utilizar un material resistente, de fácil limpieza y de bajo costo, con el fin de que el dispositivo sea funcional en el entorno de producción, no represente un incremento significativo en los costos y sea de grado alimenticio para cumplir con las normas.
6. **Elaboración del diseño del dispositivo *Poka-Yoke*.** Una vez definidos los criterios del dispositivo, el diseño conceptual y los materiales, se desarrolló el diseño preliminar del dispositivo *Poka-Yoke* que se muestra en la Figura 3.34. Cada elemento que lo compone se menciona a continuación:
 1. **Guías de posicionamiento.** Orificios alineados con cada cavidad del molde que permiten introducir el palito únicamente en el punto correcto, evitando inclinaciones o desplazamientos laterales.
 2. **Topes de profundidad.** Pequeñas placas metálicas soldadas a la tapa de acero inoxidable que permiten insertar el palito de madera únicamente hasta una profundidad estándar.
 3. **Sistema de centrado o de alineación de molde.** Bordes que permiten colocar el dispositivo *Poka-Yoke* exactamente sobre el molde, para evitar que se desplace durante la operación.
 4. **Estructura de soporte.** Marco que mantiene la rigidez del dispositivo y permite manipularlo fácilmente al colocarlo o al retirarlo del molde.
 5. **Manijas de agarre.** Permiten al operador colocar y retirar el dispositivo de manera rápida y segura sin interferir con el proceso de producción.
 6. **Material del dispositivo.** Se utilizó acero inoxidable, ya que es resistente y apto para uso alimentario; además, facilita su limpieza y mejora su durabilidad.

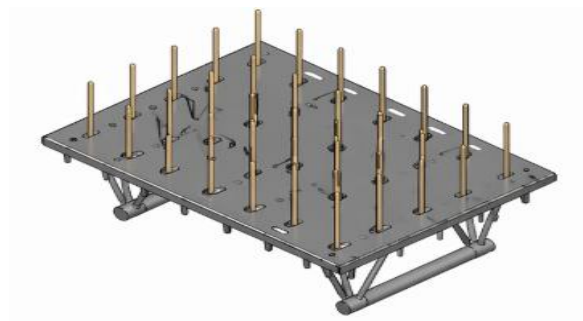


*Figura 3.34 Diseño de dispositivo poka-yoke de molde
(Elaboración propia)*

3.11.3 Presentación del diseño del dispositivo *Poka-Yoke* a la dirección

Con el objetivo de obtener la aprobación para el desarrollo del dispositivo *Poka-Yoke*, con el fin de mejorar el proceso de colocación del palito de madera en el área de paletas, se realizó la presentación estructurada, de forma técnica y clara, del diseño del dispositivo ante la dirección de la empresa abordando los siguientes puntos:

1. **Descripción del problema identificado.** Se organizó una reunión con el director de la planta y se realizó lo siguiente:
 - a. Se le explicó que, durante el proceso de producción, específicamente en la etapa de colocación manual de los palitos de madera, se presentaba el problema de su colocación incorrecta.
 - b. Se le mostró la información recopilada en la Sección 3.11.2, en la que se presentan las causas de la mala colocación de los palitos de madera (Figura 3.33).
2. **Justificación de la solución propuesta.** Para justificar el desarrollo del dispositivo *Poka-Yoke* se le comentó al director de la empresa lo siguiente:
 - a. Que la mala colocación de los palitos generaba defectos en el producto final: paletas descentradas, fracturas de palitos o dificultades durante el desmoldeo.
 - b. Que la cantidad de unidades defectuosas por semana es de **648** unidades y el equivalente en dinero perdido es de **\$12,240**, como se mostró en la Tabla 3.23.
3. **Descripción técnica del dispositivo *Poka-Yoke*.** El dispositivo *Poka-Yoke* propuesto, mostrado en la Figura 3.29, consiste en una placa alineadora diseñada para colocarse sobre el molde metálico de 24 cavidades utilizado en la línea de producción. Esta placa

cuenta con perforaciones distribuidas según la posición de cada cavidad del molde, que sirven como guías para la inserción de los palitos y aseguran su correcta alineación.

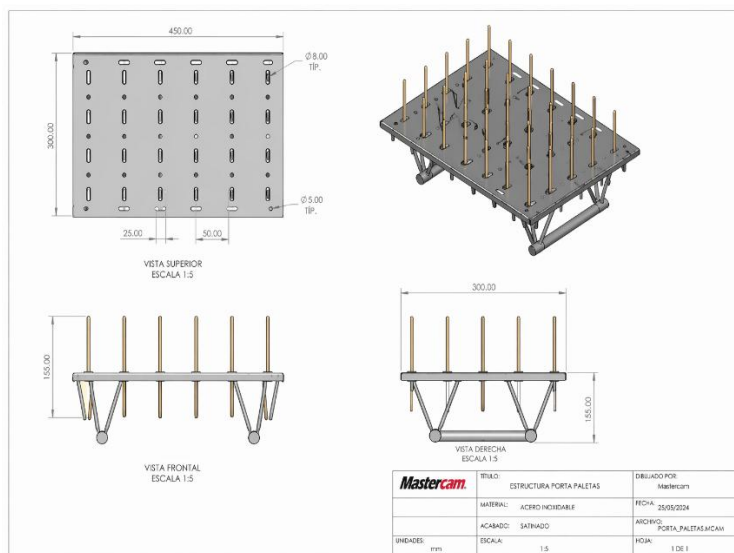


*Figura 3.35 Prototipo de dispositivo Poka-Yoke
(Elaboración propia)*

4. **Integración en el proceso existente.** Se habló con el director y se explicó que el diseño del dispositivo *Poka-Yoke* se adaptaba a las características del molde actual, por lo que la implantación del nuevo dispositivo no requería modificaciones en el equipo ni cambios significativos en el flujo del proceso de producción de las paletas de hielo.
5. **Beneficios estimados.** Se destacaron los principales beneficios que se obtendrían con la implementación del dispositivo:
 - a. *Reducción significativa de errores en la colocación de palitos.*
 - b. *Mayor uniformidad en la posición de los palitos de madera en la paleta de hielo.*
 - c. *Disminución de productos defectuosos y de merma.*
 - d. *Estandarización de la operación de colocación de palitos de madera.*
 - e. *Mejora de la eficiencia del proceso productivo.*
6. **Propuesta para validación.** Se propuso al director de la planta la fabricación de dispositivos Poka-Yoke (1 paleta por cada tipo de paleta de hielo; 7 dispositivos por paleta, para un total de 28 dispositivos), con el objetivo de comparar la colocación de palitos de madera en el área de paletas y evaluar su desempeño antes de considerar la implementación definitiva en las 10 paletas de la empresa.

7. **Construcción de prototipo Poka-Yoke.** Para el prototipo del dispositivo Poka-Yoke se consideraron las especificaciones de los moldes existentes: una medida de 35 cm x 30 cm x 25 cm y una capacidad de albergar hasta 24 paletas de hielo por molde; y los siguientes puntos:

- a. **Sistema de encaje con ranuras de alineación.** El dispositivo debe diseñarse con una tapa con ranuras y guías mecánicas en la base que permitan que los palitos de madera solo entren en una posición.
- b. **Mecanismo de Bloqueo Manual de Seguridad.** El dispositivo debe contar con un sistema de bloqueo manual que permita al operario asegurar la tapa con un simple mecanismo de clip o pestillo
- c. **Guías de Posicionamiento para la Tapa.** Se deben incorporar guías mecánicas en los bordes de la tapa y del molde para facilitar que el operario coloque la tapa en la posición correcta sin esfuerzo adicional.
- d. **Liberación rápida con palancas.** La tapa debe estar equipada con un sistema de liberación rápida, como palancas o resorte, para facilitar su retirada sin necesidad de herramientas adicionales.

3.11.4 Implementación del dispositivo *Poka-Yoke*

Tras la validación del diseño por la dirección (Sección 3.11.3) y la construcción del prototipo *Poka-Yoke* (3.11.4), se procedió a la fase de implementación en el área de paletteras. Esta etapa tiene como objetivo integrar formalmente el dispositivo *Poka-Yoke* en la línea de producción para:

- Estandarizar la colocación de los palitos de madera
- Eliminar la variabilidad humana y
- Asegurar la alineación geométrica requerida para el proceso de empaquetado automatizado.

A diferencia del método anterior al *Poka-Yoke*, la implementación de este dispositivo permite realizar la inserción de forma inmediata tras el vertido de la mezcla, sin necesidad de esperar a que alcance temperaturas de congelación de -18°C a -24°C para sostener el palito. La implementación se estructuró mediante un despliegue operativo que abarca desde la

preparación de los moldes hasta la ejecución de la secuencia de producción bajo el nuevo estándar, detallado a continuación:

1. Preparación de insumos y equipos.

Para garantizar la efectividad del sistema a prueba de errores, se realizó una inspección técnica de los moldes de acero inoxidable de 24 cavidades, debido a su **configuración de 4 filas y 6 columnas** (Figura 3.36), asegurando que sus dimensiones fueran compatibles con las tolerancias del dispositivo diseñado. El proceso inicia con el vertido controlado de la mezcla base (Figura 3.37) y, en los casos en que el producto lo requiera, con la adición manual de chilito en polvo.



*Figura 3.36 Molde de acero inoxidable para paletas de hielo 24 cavidades
(Elaboración propia)*



*Figura 3.37 Colocación de mezcla en los moldes de acero inoxidable
(Elaboración Propia)*

2. Integración del dispositivo en el flujo productivo.

Una vez que los moldes cuentan con la mezcla, se procede a colocar de inmediato el dispositivo *Poka-Yoke* (Figura 3.39). Al introducirse directamente en la mezcla líquida o semilíquida, el dispositivo actúa como un soporte físico que garantiza la profundidad y la centralidad uniformes de cada palito de madera, sin depender de la consistencia térmica del producto. Posteriormente, el conjunto (molde y dispositivo) se introduce en las paletas (Figura 3.40), lo que elimina el riesgo de inclinaciones que antes generaban unidades defectuosas debido a la mala alineación.

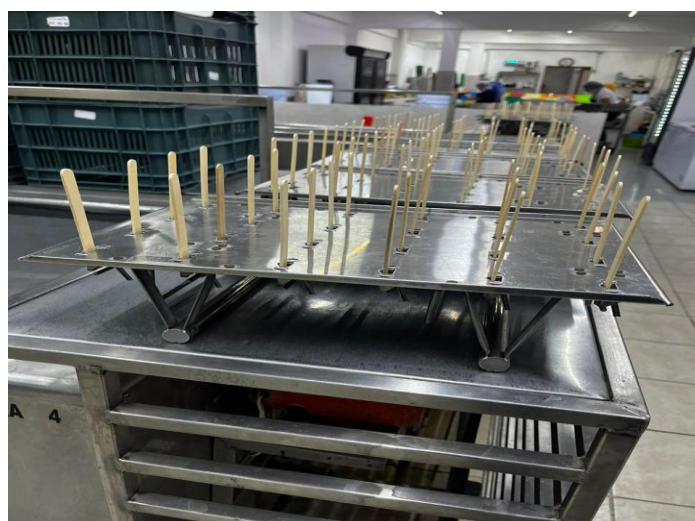


*Figura 3.38 Dispositivo para la colocación de los palitos.
(Elaboración propia)*



*Figura 3.39 Colocación de los moldes en las paleteras
(Elaboración propia)*



*Figura 3.40 Colocación del Poka-Yoke en proceso de producción
(Elaboración propia)*

3. Estandarización de la secuencia operativa.

La adopción de esta mejora técnica conllevó la definición de una nueva secuencia operativa estandarizada (Figura 3.41). Este procedimiento documenta el método correcto de ensamble entre el dispositivo y el molde, lo que permite que cualquier operario obtenga resultados consistentes. Esta estandarización reduce la dependencia de la habilidad individual y fomenta una cultura de "calidad en la fuente" en el área de paleteras, lo que facilita la transición a la etapa de desmolde y empaquetado.

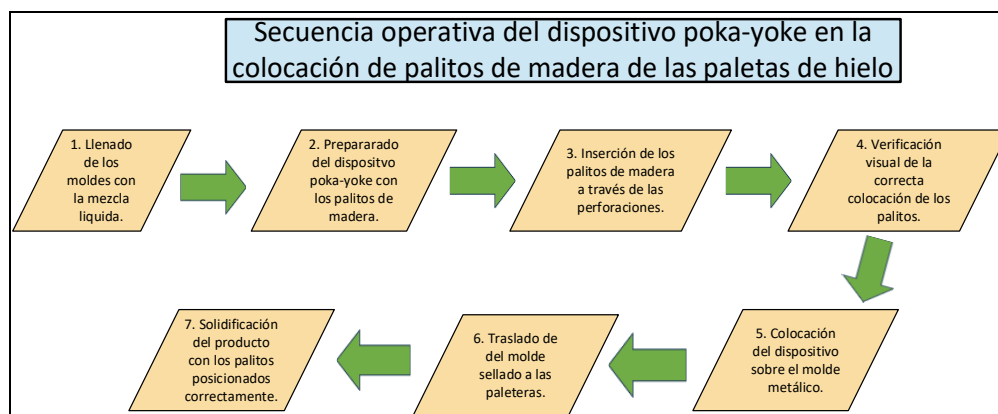


*Figura 3.41 Secuencia operativa de dispositivo Poka-Yoke
(Elaboración propia)*

3.11.5 Medir el indicador “unidades defectuosas” después del *Poka-Yoke*

Tras la implementación del dispositivo *Poka-Yoke*, se realizó un levantamiento de datos para cuantificar el impacto del indicador “Unidades defectuosas”, determinado en la Sección 3.11.1, es decir, medir la mejora en la calidad del producto terminado.

Para medir este indicador, a diferencia de un muestreo aleatorio simple, se optó por un enfoque de inspección por atributos al 100% de la producción durante un ciclo de operación completo (una semana), garantizando que la variabilidad de todos los turnos y tipos de productos quedara registrada. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

1. **Determinación del tamaño de la muestra y recolección de datos.**

Para dotar de robustez estadística a la investigación, se auditó la producción total de los cuatro tipos de paletas fabricadas en la planta: paleta de hielo selecto, paleta de hielo yogurt, paleta de hielo leche y paleta de hielo agua. El universo de estudio comprendió un volumen de 25440 paletas semanales y se recolectaron datos diariamente (del lunes 10 de noviembre al viernes 14 de noviembre de 2025, durante el turno de 10 horas con una hora de comida) para asegurar la representatividad ante posibles fluctuaciones en el proceso.

Este volumen de datos permitió que el margen de error estadístico fuera mínimo, lo que proporcionó una base sólida para la comparación.

2. **Organizar la información recolectada durante el ciclo operativo.**

Se registraron las defectuosas de cada tipo de paleta, es decir, las que no cumplían con las características de calidad necesarias, como la colocación de los palitos de madera

mal posicionados (inclinados o no centrados) y la profundidad inadecuada (más o menos de lo permitido) durante el proceso de congelamiento, se tabularon diariamente, clasificando las unidades según el cumplimiento de los estándares de alineación y de profundidad del palito, y se registraron en la Tabla 3.24.

3. Registro de resultados en el área de paletas.

El seguimiento diario de las 25440 paletas permitió observar el desempeño del *Poka-Yoke* en condiciones reales de alta demanda. Como se ilustra en la Figura 3.42, el registro de "unidades defectuosas" tras la implementación del *Poka-Yoke* muestra una tendencia a la estabilidad, lo que evidencia que el control físico del molde previene de manera sistemática el error de inserción manual.

Tabla 3.24 Registro de producción semanal de paletas de hielo semana 46 (Elaboración propia)

Registro de producción de paletas de hielo por unidades (Antes del Poka Yoke)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Paleta de hielo selecto	1440	0	2520	2520	1680	8,160
Paleta de hielo yogurt	1680	0	1800	1680	0	5,160
Paleta de hielo leche	0	2520	0	1680	2880	7,080
Paleta de hielo agua	2520	2520	0	0	0	5,040
Total producción	5640	5040	4320	5880	4560	25,440
Unidades defectuosas	24	15	21	26	16	102
Porcentaje	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Valor en dinero	\$ 456	\$ 270	\$ 399	\$ 494	\$ 320	\$ 1,939

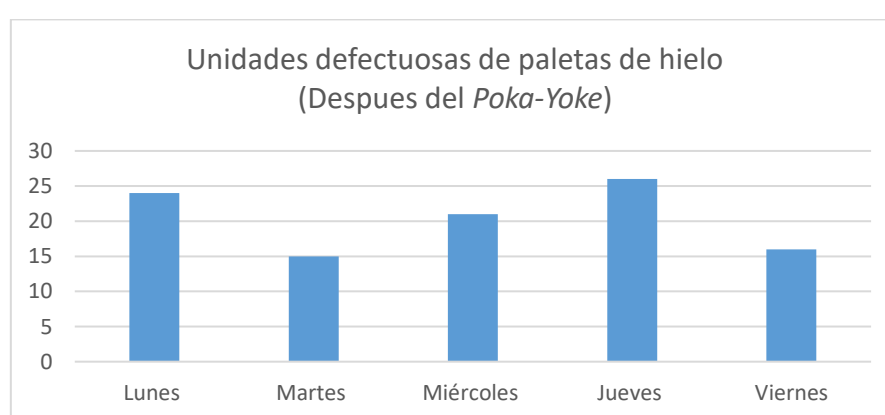


Figura 3.42 Gráfica de unidades defectuosas de paletas de hielo por semana (Elaboración propia)

3.12 Comparación de indicadores: distancia recorrida y unidades defectuosas

Una vez realizada la implementación de la técnica de mejora basadas en la metodología SLP (Sección 3.9) y la técnica *Poka-Yoke* (Sección 3.11), se presenta el análisis comparativo de los siguientes indicadores clave de desempeño (Sección 3.6):

- Comparar la distancia total recorrida por semana antes y después de la implementación de redistribución
- Comparación de las unidades defectuosas antes y después de la implementación del *Poka-Yoke*

Esta comparación contrasta cuantitativamente el escenario operativo previo con los resultados obtenidos tras la redistribución de planta mediante la metodología SLP (Sección 3.9.11) y la estandarización del proceso mediante el dispositivo *Poka-Yoke* (Sección 3.11.5).

3.12.1 Comparación de la distancia total recorrida por semana antes y después de la implementación de redistribución

Una vez determinadas las distancias recorridas semanalmente por los elementos que fluyen dentro del sistema de producción de paletas de hielo (productos, personas e información), tanto antes (Sección 3.8) como después de la implementación de las mejoras basadas en la metodología SLP (Sección 3.10), se comparó el nivel de mejora alcanzado. Para ello, fue necesario desarrollar los siguientes pasos

- 1) Se recopilaron los resultados del indicador clave de desempeño: distancia recorrida semanal; de los dos análisis (Sección 3.8 y Sección 3.10), y se representaron gráficamente (Figura 3.43).

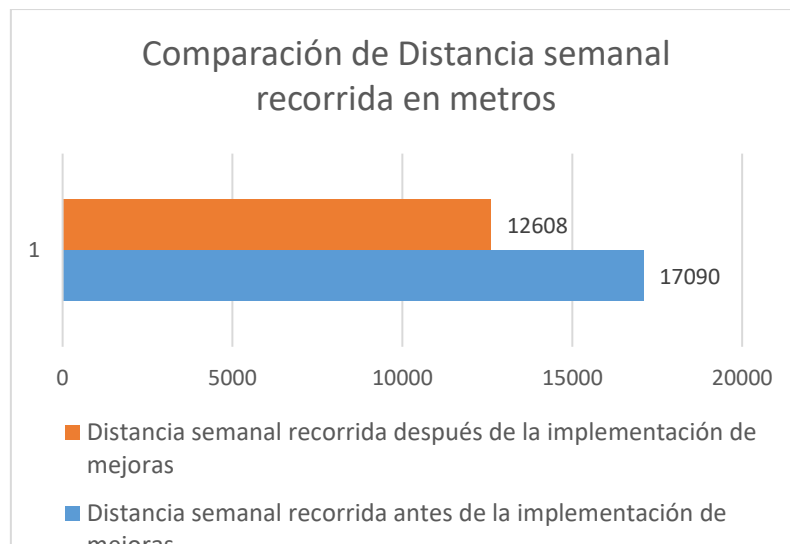


*Figura 3.43 Comparación de distancia semanal recorrida en metros
(Elaboración propia)*

2) Se realizó un análisis de las Figura 3.43 y se determinó lo siguiente:

- **La implementación del método SLP redujo significativamente la distancia semanal recorrida en la planta.** Antes de la mejora, la distancia recorrida era de 17,090 metros semanales; después de la redistribución, disminuyó a 12,608 metros, lo que evidencia una mejora operativa significativa en el flujo interno.
- **La nueva distribución de planta permitió optimizar el flujo de productos, de personas e de información.** La disminución de los recorridos indica que las áreas fueron ubicadas de forma estratégica, lo que reduce los desplazamientos innecesarios y favorece una mayor cercanía entre las operaciones relacionadas, tal como plantea la metodología SLP.
- **La redistribución contribuyó al incremento de la eficiencia del sistema productivo.** Al reducirse los trayectos dentro del proceso, es razonable concluir que también se reducen los tiempos de traslado, los esfuerzos operativos y las posibles interrupciones, lo cual impacta positivamente en la productividad general de la planta.
- **El método SLP demostró ser una herramienta efectiva para mejorar la distribución de planta.** Los resultados reflejados en la comparación validan que la aplicación de esta metodología permitió identificar y corregir deficiencias en la disposición física inicial, logrando una planta más funcional y orientada a la eficiencia

3.12.2 Comparación de las unidades defectuosas antes y después de la implementación del Poka-Yoke

Al comparar los registros de la Tabla 3.23 correspondientes a la línea base (Semana 42) con los resultados de la Tabla 3.24, posteriores a la implementación (Semana 46), se identificó una variación significativa en el desempeño del proceso de producción. El análisis detallado de unidades de paletas de hielo arrojó los siguientes resultados:

- **Unidades defectuosas.** En la Figura 3.44 se visualiza el registro de la disminución de las unidades defectuosas, por día y por semana: de 648 por semana (Tabla 3.23) a 102 por semana (Tabla 3.20), lo que indica una tendencia a la estabilidad en la producción de paletas de hielo de los cuatro tipos existentes.
- **Porcentaje de mejora.**
 - a. La incidencia de palitos descentrados o con profundidad irregular se redujo, en promedio, diariamente en un 84% (Figura 3.44).
 - b. La incidencia de palitos descentrados o con profundidad irregular se redujo en un **84%** (de 648 a 102 unidades) al eliminar las paradas no programadas en la estación de empaque (Figura 3.45).

La estandarización en el proceso de colocación de los palitos de madera permitió que el flujo de 25440 paletas semanales (Tabla 3.20) se desplazara del área de paleteras hacia el área de desmoldado siguiendo el recorrido mostrado previamente en la Figura 3.2, y que, además, un mayor porcentaje cumpliera con las especificaciones de calidad requeridas para mantener un correcto flujo del proceso de producción. En resumen, los datos de producción de las 25440 paletas tras la implementación del dispositivo *Poka-Yoke* reflejan una reducción significativa del índice de defectos.

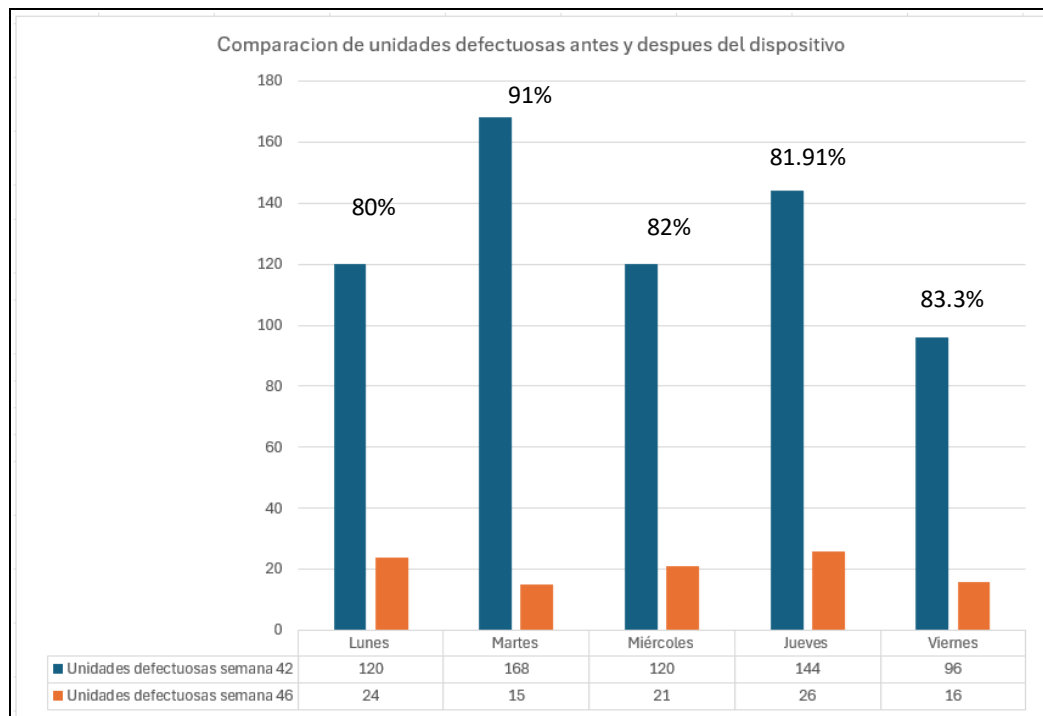


Figura 3.44 Comparativa de unidades defectuosas antes y después del poka-yoke
(Elaboración propia)

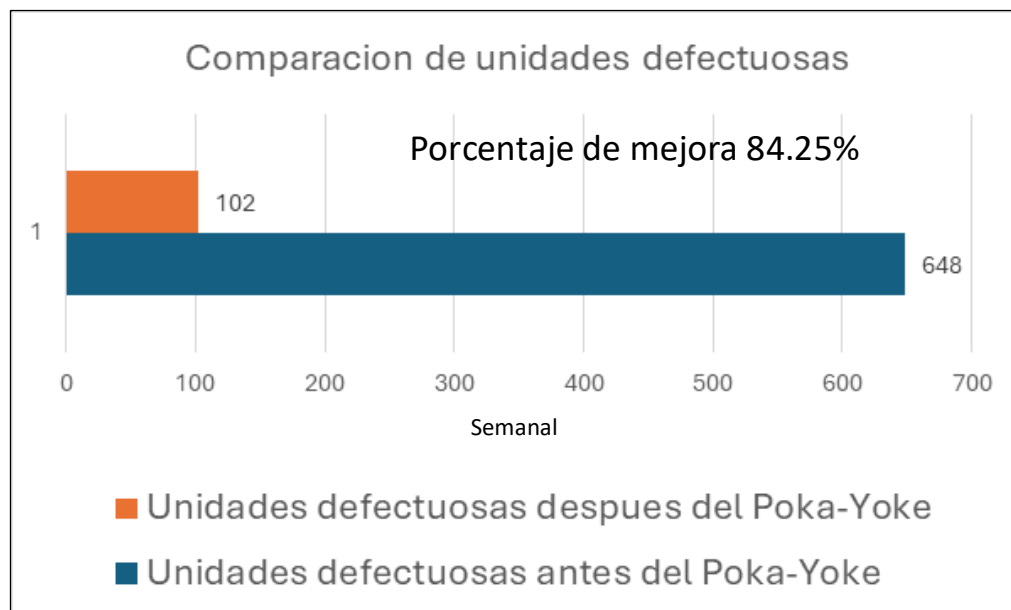


Figura 3.45 Comparativa de unidades defectuosas semanales
(Elaboración propia)

3.13 Determinación del impacto económico y ahorro en costos de no calidad

La validación técnica del dispositivo *Poka-Yoke* se complementó con un **análisis de viabilidad financiera**. Considerando el costo unitario de producción y la reducción de mermas lograda; el impacto económico se resume a continuación:

- **Reducción de pérdidas directas.** Antes de la implementación del dispositivo *Poka-Yoke*, la empresa registraba una pérdida semanal de **\$12240** (Tabla 3.23), debido a productos rechazados por mala alineación de los palitos. Tras la implementación del dispositivo *Poka-Yoke*, este costo de no calidad, debido a unidades defectuosas, se redujo a **\$1939** por semana (Tabla 3.24).
- **Ahorro proyectado mensualmente.** La disminución de la merma representa un ahorro semanal de \$10301 (\$12240-\$1939) o un ahorro mensual estimado de **\$41204**, lo que fortalece el margen de utilidad neta de la línea de producción de paletas de hielo.
- **Costo total de la inversión.** Se realizó el registro de los costos asociados a la fabricación y transporte de los dispositivos Poka-Yoke:
 - **Costo por dispositivo *Poka-Yoke*:** \$900.
 - **Costo por 28 moldes:** \$25,200.
 - **Costo de transportación:** \$4,800.

Por lo tanto, el costo total de la inversión para la implementación de 28 dispositivos *Poka-Yoke* fue de \$30,000.

- **Periodo de recuperación de la inversión.** El periodo de recuperación o *Payback* se calculó con la Ecuación 3.5 y los siguientes datos:
 - Inversión total: **\$30,000.**
 - Ahorro semanal: **\$10,301**

$$Payback = \frac{Inversion\ total\ (30000)}{ahorro\ semanal(10301)} = periodo\ de\ recuperacion\ (2.9\ semanas).....(3.5)$$

Con base en el resultado de la Ecuación 3.5 se determina un período de recuperación de **2.9** semanas

- **Retorno de inversión (ROI).** El retorno sobre la inversión se calculó con ayuda de los siguientes datos:
 - Beneficio: **\$10301**
 - Inversión: **\$30000**
 - Periodo: 1 año

Los cuales se sustituyeron en Ecuación 3.6:

$$\text{Retorno de Inversion (ROI)} = \frac{(\text{Beneficio-Inversión})}{\text{Inversión}} \times 100 \dots \dots \dots (3.6)$$

Con base en el resultado, el beneficio económico estimado es de 1685%.

3.14 Análisis de resultados

La culminación de la propuesta de distribución de planta mediante la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) permitió realizar una evaluación crítica de las mejoras proyectadas para la planta de helados.

Este análisis permitió evaluar el impacto de las propuestas en el flujo y en las áreas de producción de la empresa. Los hallazgos críticos derivados de la implementación y de la comparación de los escenarios evaluados se detallan a continuación:

1. Optimización del flujo y eficiencia en el transporte

Tras el análisis del flujo de materiales mediante **la Carta De-A y el Diagrama de Espaguetti**, se determinó que la alternativa de distribución seleccionada atiende directamente el factor de mayor relevancia estratégica, al cual se le asignó un peso de 100 en la matriz de planeación.

La reconfiguración de la planta **redujo las distancias de recorrido (R)** en los departamentos críticos de producción y de almacenamiento. Esta transición a un flujo continuo, en particular bajo la lógica de línea recta, propuesta en la tercera alternativa, permitió una disminución significativa de los metros recorridos tanto por los operarios como por el producto.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, esta mejora no fue solo métrica; representó una optimización de la logística interna que eliminó movimientos improductivos e impactó directamente en la eficiencia operativa al minimizar los traslados no valorados por el cliente.

Asimismo, la optimización de los flujos semanales, derivada del análisis de los viajes entre departamentos, reveló que la reorganización de las áreas de mayor interacción (como el mezclado y la formulación con el almacén de utensilios) redujo la congestión en las zonas de tránsito. Lo anterior facilitó un movimiento de materiales más fluido y seguro, garantizando un flujo continuo que minimizó la fatiga operativa y agilizó la entrega de insumos a la línea de congelado.

2. Validación de la capacidad instalada y ajuste de espacios

La aplicación sistemática del SLP, basada en el análisis de relaciones y en la asignación de espacios, garantizó que la nueva configuración de planta fuera funcional y escalable. Durante el desarrollo del proyecto, se ajustaron los espacios, lo que permitió alcanzar una concordancia precisa entre las dimensiones requeridas para los equipos de producción de paletas de hielo y el espacio físico disponible en la planta.

Este proceso permitió eliminar las discrepancias detectadas en el diagnóstico inicial, logrando una integración armónica de las estaciones de trabajo y respetando las dimensiones necesarias para la operación segura de los equipos de fabricación.

Asimismo, se consolidó una mejora en la organización mediante la implementación de un dispositivo *Poka-Yoke*; esto ayudó a mejorar los estándares de preparación de insumos y equipos, detallados en el área de paletas (Sección 3.11), y complementó la nueva distribución al asegurar que el proceso de producción de las paletas de hielo se mantuviera estable y sin cuellos de botella para sostener la mejora del flujo. Esta sinergia con la nueva distribución de planta creó un entorno controlado que previno errores operativos y mantuvo la eficiencia del proceso productivo.

3. Impacto en indicadores de desempeño y valor estratégico

La comparación de los escenarios permitió concluir que la propuesta de mejora impactó positivamente en los siguientes indicadores clave de la organización:

- **Reducción de merma.** Al mejorar el manejo de materiales y la eficiencia de los recorridos (R), se atendió el segundo factor más crítico de la matriz (Mejor flujo y manejo de insumos, con un peso de 95), lo que disminuyó el riesgo de merma por manipulación bajo estándares no aprobados.
- **Productividad operativa.** Al haberse estandarizado la secuencia de colocación de los palitos de madera mediante la aplicación del dispositivo *Poka-Yoke* y optimizado el *layout*, se observó un incremento en la capacidad de respuesta de la línea.

La eliminación de cuellos de botella mediante la preparación previa y a prueba de errores en un proceso tan preciso como la colocación de los palitos de madera aunado a la distribución colocada de manera lineal proyectó una mayor fluidez en el proceso de fabricación de las paletas de hielo, permitió abordar de manera estratégica el potencial de crecimiento del mercado nacional de helados y aseguró que la infraestructura física no fuera una limitación para los objetivos comerciales de la empresa en estudio.

- **Seguridad y condiciones físicas.** La adecuación de accesos y servicios en la nueva distribución mejoró la accesibilidad y las condiciones de seguridad del personal. Esta reorganización mitigó riesgos operativos previamente existentes, garantizando pasillos de tránsito despejados y una mejor proximidad a las áreas de servicio, elevando así los estándares de seguridad industrial en la planta.

4. Síntesis de la viabilidad técnica lograda

El análisis demostró que la intervención técnica proporcionó una solución robusta que transformó una operación empírica, como colocar los palitos de madera en las paletas de hielo, en un sistema articulado basado en principios científicos y técnicos.

La integración de técnicas como el diagrama de *Ishikawa* para la priorización de problemas en los procesos de congelamiento, empaque y colocación de los palitos de madera, además del SLP para el rediseño físico, permitió transformar una operación no estandarizada en un sistema de producción integrado.

Los resultados confirmaron que la aplicación del SLP y del *Poka-Yoke* fue la vía óptima para asegurar la escalabilidad y la competitividad de la empresa. Asimismo, demostraron que la tercera alternativa de distribución fue la más viable, no solo por la eficiencia técnica en el manejo de materiales y en los recorridos (R), sino también por su alineación con los objetivos estratégicos de la empresa para incrementar su participación en el sector económico mexicano, cumpliendo así con los niveles de análisis exigidos para la obtención del grado de Maestro en Ingeniería Industrial.

3.15 Conclusión

El desarrollo del presente capítulo permitió la transición de un diagnóstico empírico a una propuesta técnica fundamentada en los principios de la Ingeniería Industrial y en la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP). Mediante la aplicación rigurosa de esta metodología, se logró un rediseño integral de la planta de helados que armoniza los recursos físicos con las necesidades operativas de la organización.

A partir de los resultados obtenidos, se derivan las siguientes conclusiones críticas:

- **Optimización Metodológica.** La implementación del SLP, apoyada en el análisis de flujos mediante la Carta De-A y los Recorridos (R) en el análisis “PQRST”, demostró ser la herramienta óptima para resolver los conflictos de congestión y las distancias

excesivas identificados inicialmente. La selección de la tercera alternativa de distribución permitió una configuración lineal que redujo significativamente los traslados no valorados por el cliente.

- **Ajuste y escalabilidad.** El proceso de ajuste de los espacios garantizó que cada equipo de fabricación de helado cuente con el espacio necesario para su operación y mantenimiento, respetando las restricciones físicas del inmueble. Esto aseguró que la planta sea eficiente en su estado actual y que posea la flexibilidad necesaria para una futura escalabilidad en el mercado nacional.
- **Sinergia de herramientas *Lean*.** Se confirmó que la redistribución física es más efectiva cuando se complementa con estándares operativos. La integración de la metodología SLP y la técnica de *Poka-Yoke* consolidó un entorno de trabajo ordenado y seguro, mitigando riesgos operativos y previniendo errores en el manejo de insumos y del producto terminado.
- **Impacto Estratégico.** Los indicadores de desempeño, en particular la eliminación de cuellos de botella y la reducción de desperdicios, validaron la viabilidad técnica y económica del proyecto. La propuesta mejoró la productividad interna y alineó a la empresa con las exigencias competitivas del sector económico mexicano.

En resumen, el diseño propuesto en este capítulo constituye una solución técnica que transforma la operación de la planta y cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados para fortalecer la infraestructura productiva de la empresa.

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo se presenta una discusión de los resultados finales obtenidos mediante la aplicación de la metodología descrita en el Capítulo 3. El objetivo primordial de este apartado es evaluar cómo el rediseño de planta y la implementación de herramientas de ingeniería industrial impactaron en los indicadores de desempeño de la empresa de helados bajo estudio.

En particular, se analizan los efectos de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) sobre la eficiencia de los recorridos (R) y el flujo de materiales, así como la efectividad de los mecanismos *Poka-Yoke* y de la estandarización en la reducción de desperdicios en el área de paletas. El capítulo inicia con una sección dedicada a la discusión de resultados, en la que se contrastan los escenarios inicial y propuesto para validar la mejora técnica.

Adicionalmente, se incluye un apartado sobre los productos académicos generados durante la investigación, que dan fe del rigor científico del estudio y de su contribución a la retribución social. Finalmente, se presentan las conclusiones generales y las recomendaciones estratégicas que aseguran la viabilidad y la competitividad de la organización en el sector económico mexicano.

4.1 Discusión

La discusión de los resultados obtenidos se fundamenta en el contraste crítico entre el diagnóstico inicial de la planta de helados y la situación proyectada tras la intervención técnica. Al igual que en estudios similares de optimización industrial, la validación de las mejoras se divide en dos vertientes: la eficiencia logística (SLP) y la calidad operativa (Poka-Yoke).

A. Optimización del flujo mediante SLP

El diagnóstico realizado en el Capítulo 3, mediante el Diagrama de Espagueti (Figura 3.3 y Figura 3.4), evidenció que la planta operaba bajo un esquema empírico, con flujos cruzados y distancias de transporte excesivas. La implementación de la tercera alternativa de distribución permitió una transición a un flujo lineal, lo que se tradujo en una reducción significativa de los Recorridos (R).

Como se observa en la comparativa de la Figura 3.43, el rediseño basado en la metodología SLP permitió una reducción drástica de la distancia recorrida. Mientras que la situación actual presentaba una logística fragmentada con trayectorias largas, la implementación de un flujo lineal optimizó los desplazamientos semanales. Esta disminución de los metros recorridos reduce los tiempos de traslado no valorados por el cliente y acelera la transferencia del producto a la cadena de frío, garantizando el cumplimiento del factor de mayor peso en la planeación (Costos asociados, 100).

B. Reducción de desperdicios mediante Poka-Yoke

Un hallazgo fundamental es que el rediseño físico se vio potenciado por la implementación de mecanismos de prevención de errores. Mientras que el SLP mejoró la "forma" de trabajar, el Poka-Yoke mejoró el "fondo" del proceso, abordando directamente las causas raíz de las mermas.

La Figura 3.44 y Figura 3.45 ilustran el impacto directo de SLP y *Poka-Yoke* en la eficiencia en el uso de los recursos. Antes de la estandarización detallada en la Sección 3.11, el desperdicio de insumos por errores en la preparación y colocación de los palitos de madera suponía una pérdida económica constante. Tras la implementación de los dispositivos de prevención, se observa una caída pronunciada en el porcentaje de productos defectuosos. Este resultado valida la sinergia entre el diseño físico y el control operativo, demostrando que la empresa no solo es más ágil en sus movimientos, sino también más precisa en el uso de su materia prima, lo cual se alinea con el segundo factor crítico de la matriz (Flujo y manejo de materiales, 95).

C. Comparativa de escenarios

Al contrastar ambos escenarios —el Escenario Inicial, caracterizado por una operación empírica y desarticulada, frente al Escenario Propuesto, definido por una distribución técnica bajo la metodología SLP— resultó evidente que la integración de técnicas de ingeniería industrial transformó una operación fragmentada en un sistema robusto y eficiente.

La reducción de las distancias en los recorridos, sumada a la eliminación de errores críticos mediante dispositivos *Poka-Yoke* y la mitigación de los cuellos de botella, posiciona a la empresa con una ventaja competitiva superior. Estos resultados confirman que la transición

hacia una distribución planeada resuelve las deficiencias del diagnóstico y constituye la base fundamental para asegurar la escalabilidad y el crecimiento sostenido en el sector económico mexicano, cumpliendo con el estándar de análisis exigido a nivel de maestría.

4.2 Productos académicos

Como resultado del rigor metodológico y de la relevancia técnica de la presente investigación, se derivaron diversos productos académicos que permitieron la validación y la difusión de los hallazgos ante la comunidad científica y el sector educativo. Estos productos sustentan la calidad del trabajo realizado y también cumplen con los compromisos de retribución social orientados a fortalecer la competitividad de las PyMEs locales y al desarrollo de nuevas competencias en la formación de ingenieros industriales. A continuación, se detallan las contribuciones generadas durante el periodo de desarrollo de la tesis:

1. Publicación de artículo científico.

Se elaboró y sometió el artículo titulado "Aplicación del análisis PQRST y la carta DE-A para el diagnóstico del *layout* en una empresa de helados artesanales", el cual fue publicado en la revista FEGLININ en marzo de 2026. Este documento sintetiza los hallazgos clave del diagnóstico técnico y convierte la investigación en una guía metodológica práctica para optimizar procesos mediante el uso de diagramas de espagueti y cartas de flujo.

2. Ponencia internacional.

Los avances de la investigación fueron presentados en el 3.er Congreso Internacional Multidisciplinario: Sustentabilidad y Desarrollo Alimentario (INMUSDA). La ponencia destacó cómo la aplicación de técnicas de ingeniería industrial, como el análisis PQRST, favorece la viabilidad económica y la sostenibilidad de las pequeñas empresas alimentarias, promoviendo la creación de empleo y el fortalecimiento de la economía local.

3. Docencia y formación de recursos humanos.

Se colaboró como adjunto en la cátedra de Plan y Diseño de Instalaciones a nivel de licenciatura en el Instituto Tecnológico de Orizaba durante el semestre agosto-diciembre 2025. En esta actividad, se brindó asesoría técnica a los estudiantes en el uso de software especializado y en la aplicación de competencias para la redistribución de

planta, vinculando directamente los conocimientos generados en esta tesis con la formación de futuros profesionales.

Estos productos académicos confirman que la investigación trasciende el ámbito teórico y logra un impacto tangible en el sector artesanal de heladerías en México —el cual representa el 80% de este mercado— al fomentar la estandarización y la eficiencia en los negocios de esencia tradicional.

Conclusiones y recomendaciones

Una vez analizados los hallazgos y discutido el impacto de las mejoras en el sistema de producción de helados, en este apartado se presentan las conclusiones generales del estudio. Estas conclusiones sintetizan el cumplimiento de los objetivos y la validación de la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP) y de las herramientas de control operativo para la mejora de la planta de helados.

Asimismo, se incluye un conjunto de recomendaciones dirigidas a la organización, con el propósito de garantizar que los beneficios logrados en términos de eficiencia logística y reducción de desperdicios sean sostenibles a largo plazo y sirvan de base para el crecimiento competitivo de la empresa en el sector nacional.

4.3 Conclusiones

Tras la culminación del proyecto de mejora en la planta de helados, se presentan las siguientes conclusiones que validan el impacto técnico y estratégico de la investigación:

1. Cumplimiento del Objetivo General.

Se logró el rediseño de la distribución de planta mediante la metodología *Systematic Layout Planning* (SLP), transformando una operación empírica en un sistema optimizado. La implementación de la Alternativa 3 (Flujo Lineal y mitigación de áreas incompatibles) garantizó una infraestructura funcional que soporta la capacidad instalada y proyecta la escalabilidad de la empresa.

2. Optimización Logística Interna.

La aplicación de la Carta De-A y el análisis de Recorridos (R) permitieron una reducción drástica de las distancias recorridas. Al minimizar los flujos cruzados y los movimientos improductivos, se aseguró que el producto (paletas de hielo) permaneciera el menor tiempo posible fuera de la cadena de frío, lo que impactó directamente en la calidad y la frescura del insumo.

3. Estandarización y Calidad.

La integración de mecanismos *Poka-Yoke* y la estandarización del proceso de colocación de palitos de madera, bajo la filosofía *Lean*, demostraron ser el complemento indispensable del diseño físico. Estas herramientas permitieron una

reducción significativa de los desperdicios de materia prima por errores operativos, alineándose con los factores críticos de éxito detectados en el diagnóstico.

4. Validación de la Hipótesis

Se confirmó que una redistribución de planta incrementa la eficiencia operativa. La sinergia entre el *layout* físico y el control preventivo de procesos proporciona a la organización una ventaja competitiva en el sector de los helados artesanales en México.

4.4 Recomendaciones

Con el propósito de asegurar la sostenibilidad de las mejoras logradas y fomentar una cultura de mejora continua en la empresa, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Auditorías de Sostenibilidad (5S).

Establecer un programa de auditorías mensuales para asegurar que los estándares de orden y limpieza en las áreas de preparación y congelado se mantengan, evitando que la planta regrese a los niveles de congestión previos.

2. Mantenimiento de Dispositivos *Poka-Yoke*.

Realizar revisiones periódicas de los mecanismos de prevención de errores implementados para garantizar su correcto funcionamiento y actualizarlos conforme se introduzcan nuevas variantes de productos o insumos.

3. Capacitación Continua.

Diseñar un plan de entrenamiento para el personal operativo, enfocado en la nueva secuencia de producción y en el respeto a los flujos de materiales establecidos, asegurando que el recurso humano actúe como facilitador del nuevo *layout*.

4. Monitoreo de Indicadores.

Mantener el registro de los metros recorridos y del porcentaje de mermas de insumos para comparar el desempeño real con las proyecciones de esta tesis, lo que permitirá realizar ajustes proactivos ante cambios en la demanda del mercado.

Con la culminación de este apartado, se da por finalizada la fase de evaluación y cierre del proyecto. La integración de la metodología SLP y la técnica Poka-Yoke no solo permitió resolver las deficiencias operativas detectadas en la planta de helados, sino que también sentó las bases para una gestión industrial basada en la evidencia.

Este trabajo representa un esfuerzo por profesionalizar los procesos de las pequeñas empresas del sector alimentario en México, lo que demuestra que la ingeniería industrial es una disciplina capaz de generar valor social y económico. Los resultados aquí expuestos constituyen un testimonio de la viabilidad de la propuesta y un punto de partida para futuras investigaciones orientadas a la excelencia operativa y la competitividad en el sector artesanal.

Fuentes de información

- Alanoca Pilco, S. R., & Flores Navarro, V. D. R. (2022). *Propuesta de aplicación de Lean Manufacturing para la mejorar la productividad en la línea de paletas en una empresa agroindustrial* [Ingeniería industrial, Facultad de Ingeniería. Escuela profesional de Ingeniería Industrial]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6018>
- Arboleda Zúñiga, J., & Rubiano Del Chiaro, F. M. (2017). Aplicación de técnica de lean manufacturing en el proceso de cambio de moldes en una empresa pequeña de alimentos *Colección académica de ciencias estratégicas*, 4(2). <http://hdl.handle.net/20.500.11912/9372>
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7 ed.). McGraw Hill.
- Bartmus, P., Amateis, A., & Giusta, J. (2019). *Elaboración y Comercialización de Helados Artesanales* <http://www.federacion.pasteleros.org.ar/>
- Brem Vilas, L. (Julio, 2021). *Diseño y dimensionamiento de una planta de elaboración de helados con una capacidad de producción de 30.000 L/día en Alcobendas, Madrid* [Grado en Ingeniería Alimentaria, E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM)]. <https://oa.upm.es/69440/>
- Burbano Pasaje, E. S., & Torres Román, C. G. T. (Octubre, 2020). *Diseño de un modelo de gestión Lean Manufacturing empleando la herramienta Kaizen en el área de producción de la empresa “aplanchados doña chepa”* [Ingeniería Industrial, Fundación Universitaria de Popayán].
- Carreño Dueñas, D. A., Amaya González, L. F., Ruiz Orjuela, E. T., & Tiboche, F. J. (2019). Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario. *Industrial Data*, 22(1), 113–122. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81661270007> (IN FILE)
- Chase, R., & Jacobs, R. (2001). *Operations management for competitive advantage* (M.-H. Irwin, Ed. 9.ª ed ed.).
- Chilón Aguilar, X. M., Esquivel Paredes, L., & Tamay, W. E. (2017). Implementacion de las 5S para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua. *INGnosis* 3(1), 130–139. <https://doi.org/https://doi.org/10.18050/ingnosis.v3i1.2028>
- Cristóbal Miralles, R. H., uan A. Marin-Garcia, Lourdes Canos-Daros, . (2011). Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case study and implications. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2011.v4n3.436-452>
- El Economista. (2024). ¿Cuánto helado consumen los mexicanos? <http://www.eleconomista.com.mx/empresas/Transnacionales-dominan-el-mercado-mexicano-de-helados-20140306-0015.html>
- Empresa en estudio. (2025). *Informacion Interna*.
- García, M. T., & de Blanco, A. C. (2008). Aplicación del Diagrama de Afinidad para plantear problemas ambientales. *Ensayo y Error: revista de educación y ciencias sociales*, 17(34), 141–152.
- González de la Vara, M. (1989). *Historia del Helado en México* (M. y. asociados, Ed. 1a. ed.). https://www.academia.edu/102187507/Historia_del_helado_en_M%C3%A9xico
- Guevara Agreda, G. G. (2021). *Implementación de las 5S para mejorar la productividad en el almacén de la empresa Ingenieros Perú, Callao 2021* [Ingeniería Industrial, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/70559>
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma* (3 ed.). McGraw-Hill Education. <https://books.google.com.mx/books?id=zINgnQEACAAJ>
- Hernández Crisóstomo, C. d. C., Villagrana López, R. I., Cruz Queb, K. J., & Caamal Pech, A. V. (2023). Aplicación de la metodología 5S en un almacén para mejora en una industria azucarea. *Industrial Data*, 8(1-1), 317–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.33386/593dp.2023.1-1.1640>
- Hirano, H., & Bodek, N. (1988). *Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects*. CRC Press. <https://books.google.com.mx/books?id=CMerSwEACAAJ>

- Informe de expertos. (2024). Mercado de Helados en México: Análisis de la industria y previsión 2024-2023. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-helados-en-mexico>
- Jacobs F., R., & Chase, R. B. (2020). *Operations and supply chain management: The core* (M.-H. Education, Ed. 5.^a ed. ed.).
- McGregor2 Apple, J. (1977). *Plant layout and material handling* (Wiley, Ed. 3 ed.).
- Muther, R. (1973). *Systematic Layout Planning*. Cahners Books. <https://books.google.com.mx/books?id=UNBAAAAACAAJ>
- Muther, R., & Cabré Rabadá, C. M. (1970). *Distribución en planta* Hispano Europea.
- Muther, R., & Cabré Rabadá, T. C. M. (1981). *Distribución en planta* (3 ed.). Hispano Europea.
- Muther, R., & Hales, L. (2015). *Systematic Layout Planning* (4th ed.). Management & Industrial Research Publications. <http://mirpbooks.com/industrial-engineering/systematic-layout-planning-slp/>
- Oliveira2, R. (2020). *Diagrama de flujo: Evaluar y mejorar los procesos a través del mapeo de la situación actual y futura (7 herramientas de la calidad - flujograma - diagrama de actividades)* (K. Edition, Ed.). Amazon.
- ORFIS. (2013). Municipio de Río Blanco, Ver. <https://www.orfis.gob.mx/CuentasPublicas/informe2013/archivos/TOMO%20V/VOLUMEN%2010/012%20R%C3%ADo%20Blanco.pdf>
- Palomino Aguirre, M. d. I. A. (2019). *Distribución de planta para mejorar la productividad en la empresa metalmecánica Fissa Import S.A., Lima-2019* [Ingeniera Industrial, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/125966/Palomino_AMDLA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paredes Rodríguez, A. M., Pelaez Mejia, K. A., Chud Pantoja, V. L., Payan Quevedo, J. L., & Alarcon Grisales, D. R. (2016). Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Scientia Et Technica*, 21(4), 318–327. <https://doi.org/https://doi.org/10.22517/23447214.12571>
- Platas García, J. A., & Cervantes Valencia, M. I. (2014). *Planeación, Diseño y Layout de Instalaciones: Un enfoque por competencias*. Grupo Editorial Patria. <https://books.google.com.mx/books?id=6jnABgAAQBAJ>
- Ponce Talancón, H. (2007). La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación en diversas organizaciones *Enseñanza e investigacion en psicologia*, 12, 113–130. <https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>
- Render, B., & Heizer, J. (2007). *Administración de la producción* (1 ed.). Pearson Educación.
- Secretaría de Economía. (2023). Intercambio comercial de helados con cacao <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/ice-cream-containing-cocoa>
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*. Taylor & Francis. <https://books.google.com.mx/books?id=gkE8K7axQbYC>
- Summers, D. C. S. (2006). *Administración de la calidad*. Pearson Educación. <https://books.google.com.mx/books?id=xBgQ9R2io5oC>
- Winter, R. S. (2000). *Manual de Trabajo en Equipo*. Ediciones Díaz de Santos S.A. <https://books.google.com.mx/books?id=fQbICMgMCLAC>

Anexo 1

Hojas de inventario

El anexo uno incluye algunas de las hojas de registro de inventario correspondientes a la determinación de la disponibilidad de espacio (Sección 3.9.5)

Tabla 4.1 Hoja de requerimiento de maquinaria y equipo: escritorio
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

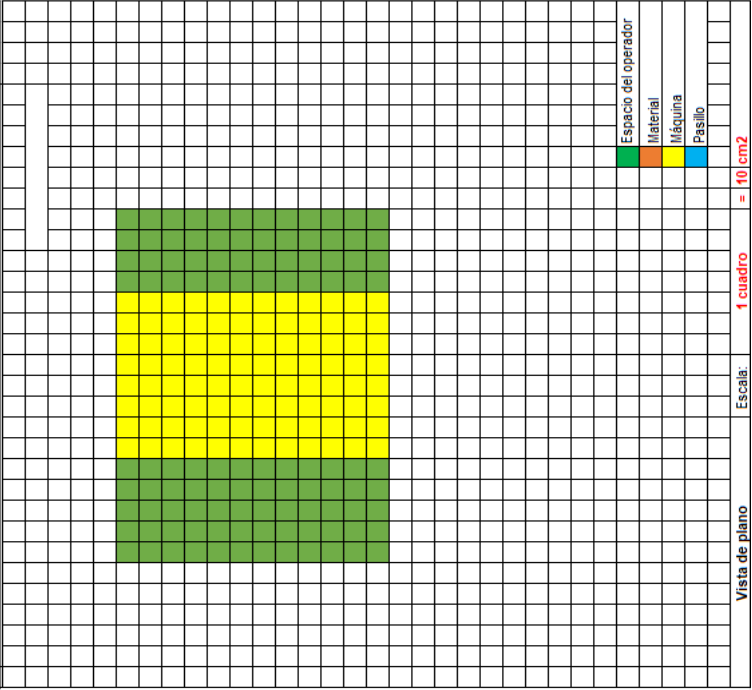
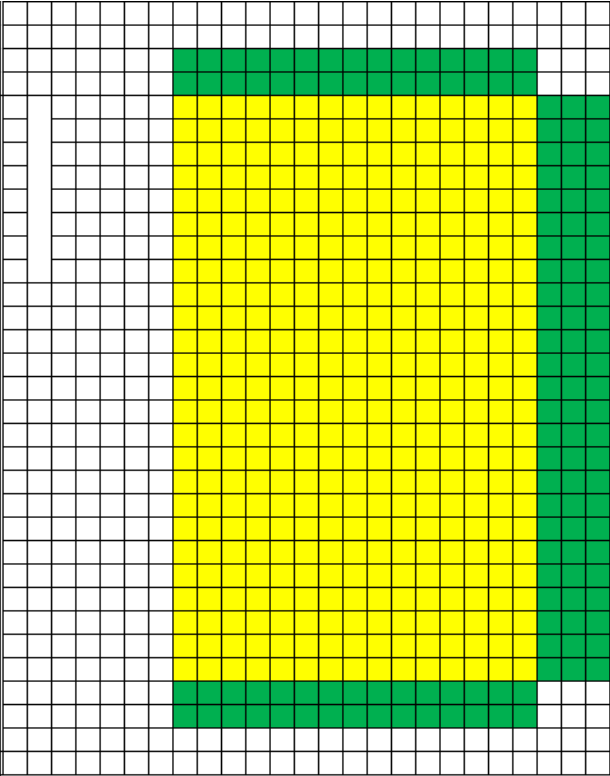
Hoja de datos para reuqrimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Escritorio	Identificación:	-
Elaborado por:	Victor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
			
Nombre del área:		Compras	
Fabricante:		Desconocido	
Izq.Der.(cm):		1.2	
Fre.Pos.(cm):		0.7	
Área de maquinaria o equipo (cm²):		0.84	
Área para material (cm²):		-	
Área para espacio del operador (m²):		0.84	
Área de pasillos (cm²):		-	
Área total (cm²):		1.68	
Abreviatura:		COMP	
Modelo:		Tipo 430	
			
Vista de plano		Escala:	1 cuadro = 10 cm2
Foto de referencia			

Tabla 4.2 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Congelador
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Congelador	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Congelador de piso que almacena diferentes cantidades de productos			



Nombre del área:	Prealmacenado	Abreviatura:	PREALM
Fabricante:	Desconocido	Modelo:	Tipo 430
Izq.Der.(cm):	2.5		
Fre.Pos.(cm):	1.5		
Área de maquinaria o equipo (cm²):	3.75		
Área para material (cm²):	-		
Área para espacio del operador (cm²):	1.92		
Área de pasillos (cm²):			
Área total (cm²):	5.67		



■ Espacio del operador

■ Material

■ Máquina

■ Pasillo

Vista de plano

Escala: 1 cuadro = 10 cm²

Foto de referencia

Tabla 4.4 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Rebanadora
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

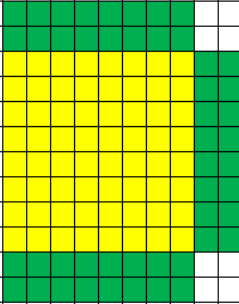
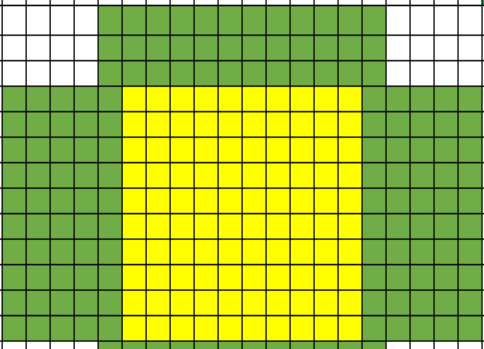
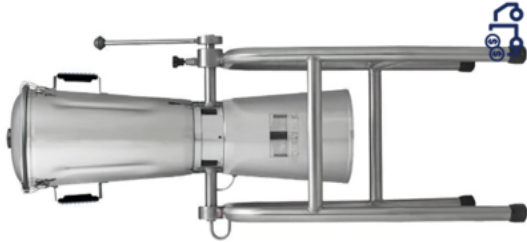
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			Nombre del área:		Picado y despulpado		Abreviatura:		PICDE																																																		
Nombre:		Rebanadora		Identificación:		-		Modelo:		Tipo 430																																																	
Elaborado por:		Víctor Jesús Sánchez Ramírez		Fecha:		25/01/2026		Iza.Detr.(cm):		0.8																																																	
								Fre.Pos.(cm):		0.8																																																	
								Área de maquinaria o equipo (m²):		0.64																																																	
								Área para material (m²):		-																																																	
								Área para espacio del operador (m²):		0.48																																																	
								Área de pasillos (m²):																																																			
								Área total (m²):		1.12																																																	
Rebanadora de acero para cortar materia prima en finas rebanadas  Foto de referencia																																																											
 <table><tr><td>Espacio del operador</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Material</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Máquina</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Pasillo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> Vista de plano Escala: 1 cuadro = 10 cm2												Espacio del operador												Material												Máquina												Pasillo											
Espacio del operador																																																											
Material																																																											
Máquina																																																											
Pasillo																																																											

Tabla 4.5 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Licuadora Industrial
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Licuadora Industrial	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Licuadora de industrial de acero donde se elaboraran concentrados o mezclas			

Nombre del área:	Mezclado y formulación	Abreviatura:	MEFO
Fabricante:	Desconocido	Modelo:	Tipo 430
Izq.Der.(m):			
Fie.Pos.(m):			
Área de maquinaria o equipo (m²):			
Área para material (m²):			
Área para espacio del operador (m²):			
Área de pasillos (m²):			
Área total (m²):			



Espejo del operador

Material

Máquina

Pasillo

Vista de plano

Escala:

1 cuadro = 10 cm2

Foto de referencia

Tabla 4.6 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Mesa para bascula
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

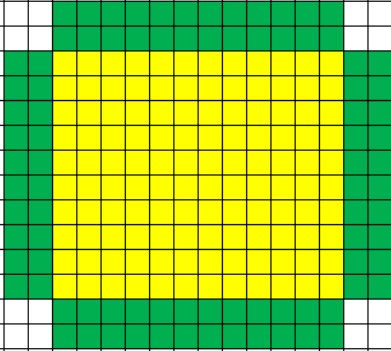
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo				Nombre del área:		Mezclado y formulacion	Abreviatura:	MEFO
Nombre:	Mesa para bascula	Identificación:	-	Fabricante:	Izq.Der.(m): Fre.Pos.(m):			
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026				Modelo:	Tipo 430
Descripción:								
Mesa amplia donde se colocara la bascula y materiales				Área de maquinaria o equipo (m²):	1.2			
				Área para material (m²):	1.2			
				Área para espacio del operador (m²):	-			
				Área de pasillos (m²):	0.6			
				Área total (m²):	1.8			
								
Foto de referencia				Vista de plano		Escala:	1 cuadro = 10 cm2	

Tabla 4.7 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Tanque mezclador
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

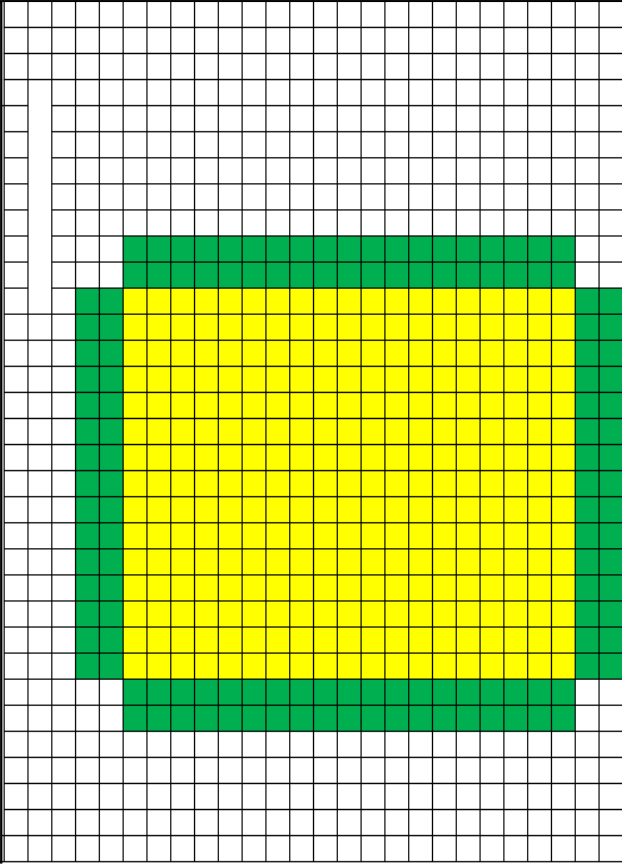
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Tanque mezclador	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Tanque de acero inoxidable para preparar mezclas			
Nombre del área:		Mezclado y Formulación	
Fabricante:		Desconocido	
Izq.Der.(m):		1.5	
Fre.Pos.(m):		1.9	
Área de maquinaria o equipo (cm²):		2.85	
Área para material (cm²):		-	
Área para espacio del operador (cm²):		0.6	
Área de pasillos (cm²):		3.45	
Área total (cm²):		3.45	
			
			
Escala: 1 cuadro = 10 cm2			
Vista de plano			
Foto de referencia			

Tabla 4.8 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Bascula
(Adaptado de Mulher (1973) y (Mulher & Hales, 2015)

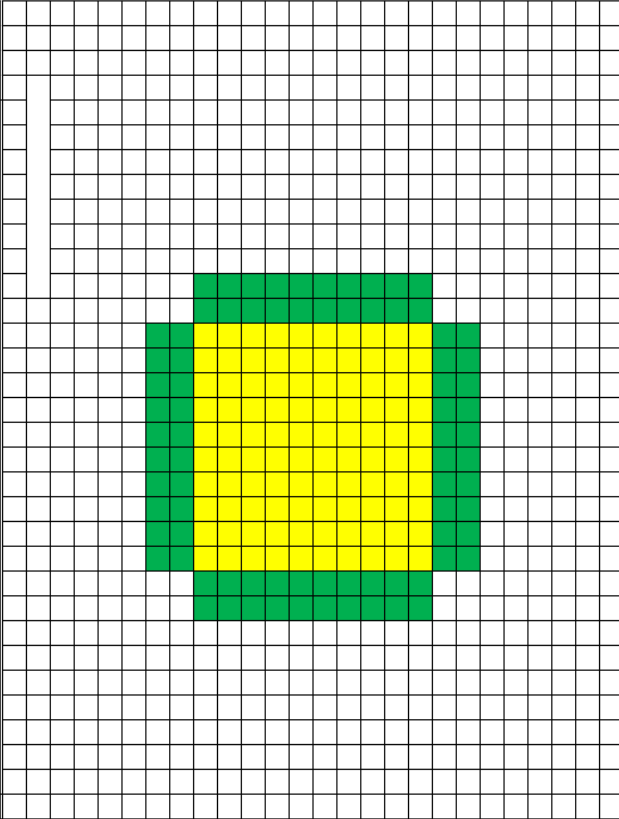
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Bascula	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Bascula con charola de acero donde se pesan materiales			
			
			
Nombre del área:		Mezclado y Formulación	Abreviatura:
Fabricante:		Descrito:	Modelo:
Izq.Der.(m):			1
Fre.Pos.(m):			1
Área de maquinaria o equipo (m²):			1
Área para material (m²):			-
Área para espacio del operador (m²):			0.6
Área de pasillos (m²):			1.6
Área total (m²):			1.6
Vista de plano			
Escala:		1 cuadro	= 10 cm2
Foto de referencia			

Tabla 4.9 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Refrigerador
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

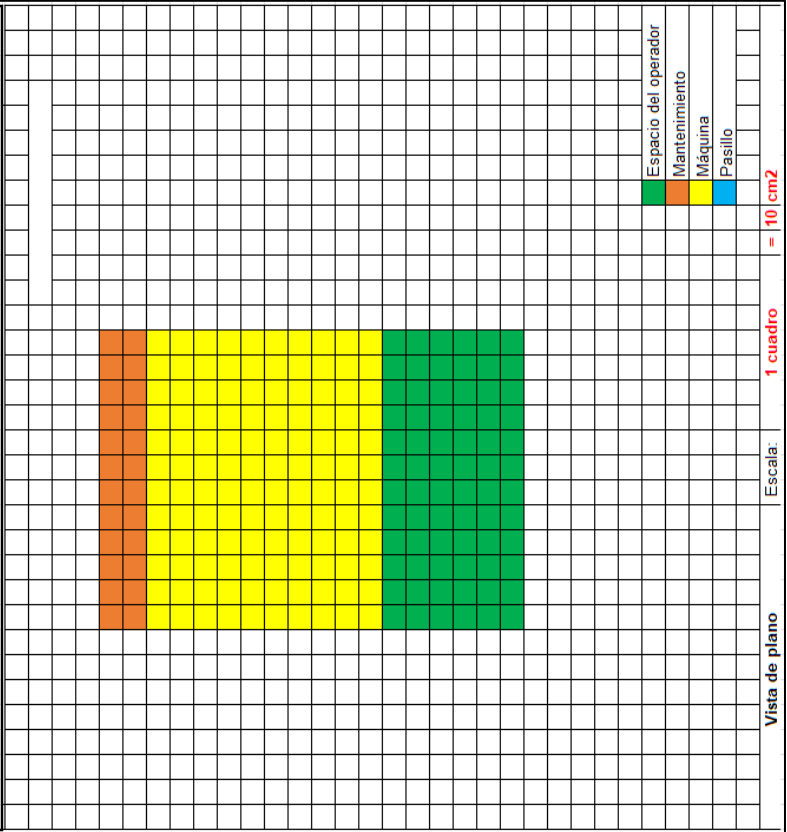
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Refrigerador	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Refrigerador de doble puerta que se utiliza para mantener a la temperatura correcta los productos.			
			
Nombre del área:	COCCION		COCCI
Fabricante:	Desconocido	Abrebiatura:	-
Izg.Der.(m):		Modelo:	1.25
Fre.Pos.(m):			1
Área de maquinaria o equipo (m²):			1.25
Área para mantenimiento (m²):			0
Área para espacio del operador (m²):			0.75
Área de pasillos (m²)			-
Área total (m²):			2
			
Vista de plano		Escala:	1 cuadro = 10 cm2
Foto de referencia			

Tabla 4.10 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Rack de garrafrones
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

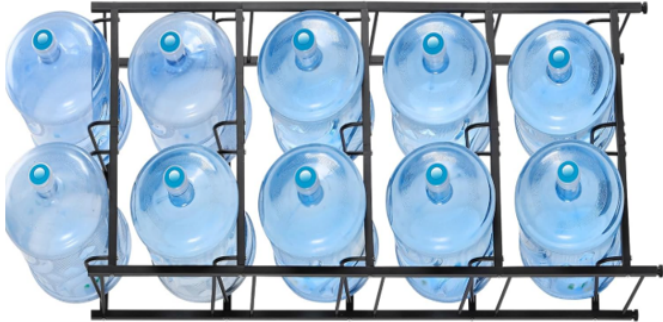
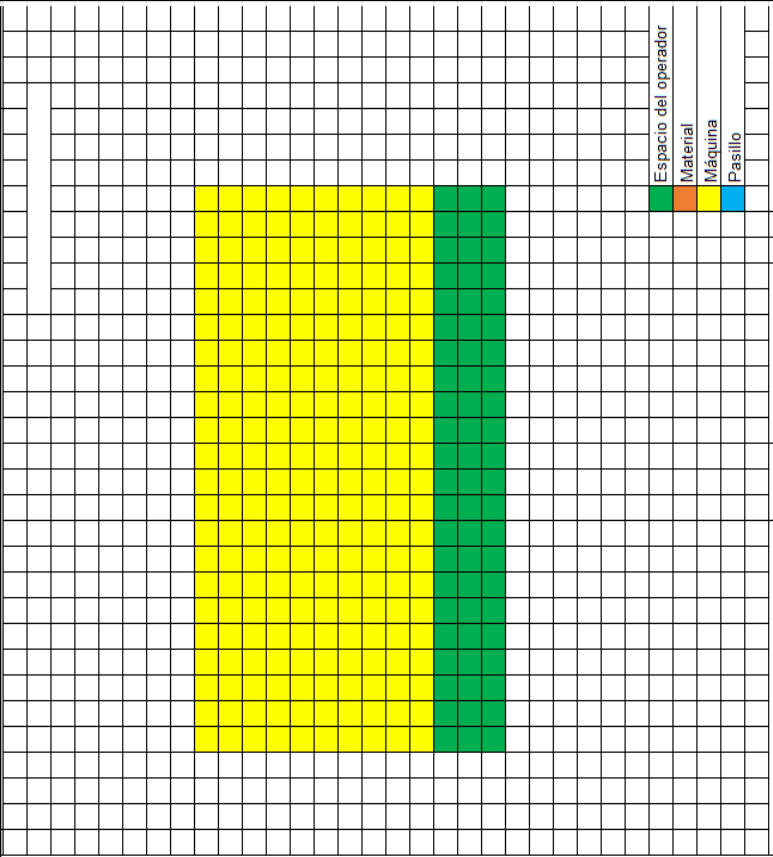
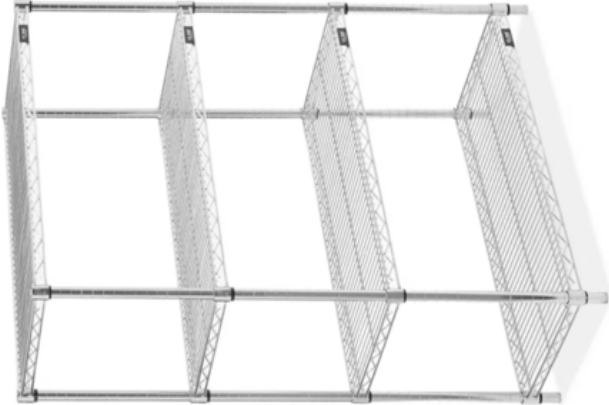
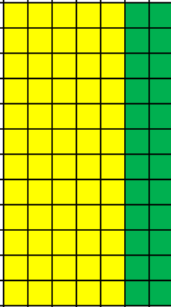
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Rack de Garrafrones	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
Rack para colocar garrafrones de agua de 25 lts			
Nombre del área:		Almacén de agua	Abreviatura:
Fabricante:		Desconocido	Modelo:
Izq.Der.(m):		2.25	
Fre.Pos.(m):		1	
Área de maquinaria o equipo (m²):		2.25	
Área para material (m²):		-	
Área para espacio del operador (m²):		0.72	
Área de pasillos (m²):			
Área total (m²):		2.97	
			
Foto de referencia		Vista de plano	Escala: 1 cuadro = 10 cm2

Tabla 4.11 Hoja de datos para requerimientos de maquinaria y equipo: Anaquel (Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))

Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			
Nombre:	Anaqueles	Identificación:	-
Elaborado por:	Víctor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026
Descripción:			
anaquel de acero inoxidable que puede ser usada en la industria alimentaria.			
			
Foto de referencia			

Nombre del área:		Almacén de materia prima	Abreviatura:	ALMP
Fabricante:	Izq.Der.(m):	Desconocido	Modelo:	-
	Fre.Pos.(m):			1.2
				0.5
	Área de maquinaria o equipo (m²):			0.6
	Área para material (m²):			-
	Área para espacio del operador (m²):			0.6
	Área de pasillos (m²):			-
	Área total (m²):			1.2



Espacio del operador

Material

Máquina

Pasillo

1 cuadro

= 10 cm2

Tabla 4.12 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Estante
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

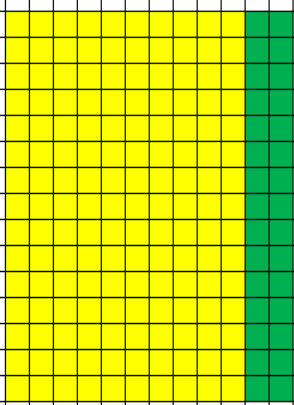
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			Nombre del área:		Almacén de materias primas		Abreviatura:		ALMP		
Nombre:		Estante		Identificación:		-		Modelo:		Tipo 430	
Elaborado por:		Víctor Jesús Sánchez Ramírez		Fecha:		25/01/2026					
Descripción:											
Estantería de acero para acomodar ítems variados.											
											
											
■ Espacio del operador ■ Material ■ Máquina ■ Pasillo											
Vista de plano										Escala:	
										1 cuadro = 10 cm2	

Tabla 4.13 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Estante
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

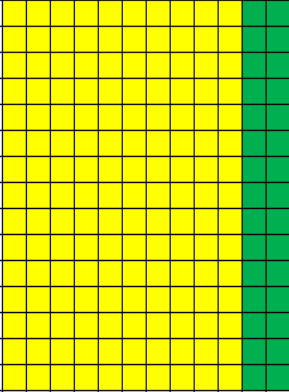
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			Nombre del área:		Almacén de materias primas		Abreviatura:		ALMP		
Nombre:		Estante		Identificación:		-		Modelo:		Tipo 430	
Elaborado por:		Víctor Jesús Sánchez Ramírez		Fecha:		25/01/2026					
Descripción:											
Estantería de acero para acomodar ítems variados.											
											
											
■ Espacio del operador ■ Material ■ Máquina ■ Pasillo											
Vista de plano										Escala:	
										1 cuadro = 10 cm2	

Tabla 4.14 Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo: Lockers
(Adaptado de Multher (1973) y (Multher & Hales, 2015)

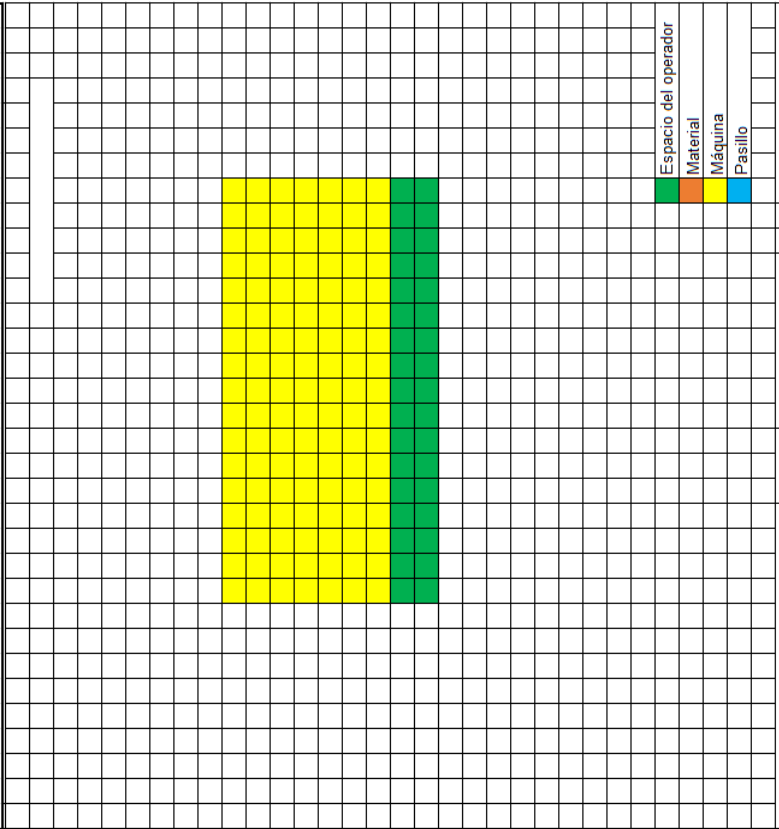
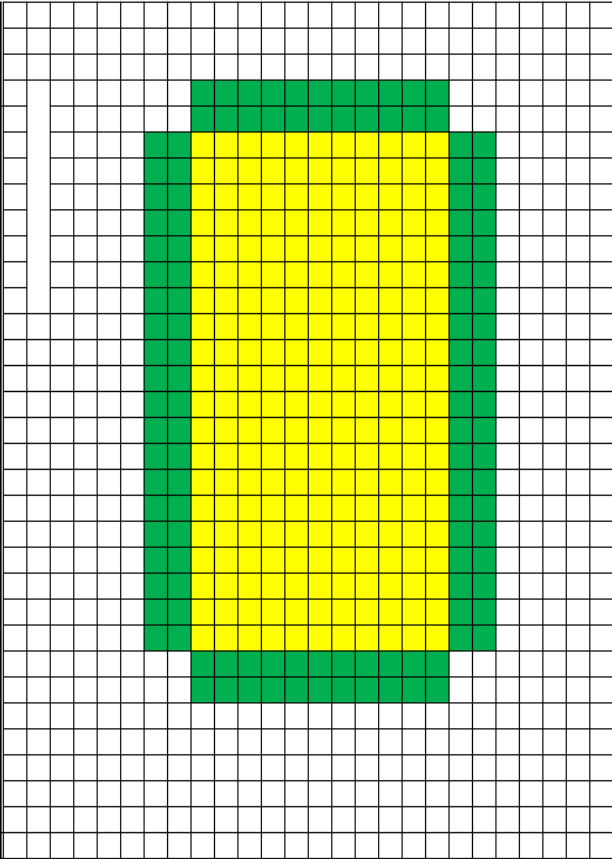
Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			Nombre del área:		Lockers		Abreviatura:		LOCK	
Nombre:		Locker	Identificación:				Modelo:		Tipo 430	
Elaborado por:		Víctor Jesús Sánchez Ramírez		Fecha:		25/01/2026				
Descripción:										
Lockers de acero que sirven para guardar objetos personales										
										
Izq.Der.(cm):										
Fre.Pos.(cm):										
Área de maquinaria o equipo (cm²):										
Área para material (cm²):										
Área para espacio del operador (cm²):										
Área de pasillos (cm²):										
Área total (cm²):										
										
Vista de plano										
Escala:										
= 1 cuadro										
= 10 cm²										
Foto de referencia										

Tabla 4.15 Hoja de requerimiento de maquinaria y equipo: Carrito de transporte
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

Hoja de datos para requerimiento de maquinaria y equipo			Nombre del área:		Enmoldado	Abreviatura:	ENMO	
Nombre:	Carrito de transporte	Identificación:	-		Fabricante:	Modelo:		
Elaborado por:	Victor Jesús Sánchez Ramírez	Fecha:	25/01/2026		Izq.Der.(m):	2		
Descripción: Carro con ruedas con diferentes niveles para desmoldar producto terminado					Fre.Pos.(m):	1.1		
					Área de maquinaria o equipo (m²):	2.2		
					Área para material (m²):	-		
					Área para espacio del operador (cm²):	4.8		
					Área de pasillos (m²):	7		
					Área total (m²):	7		
								
Foto de referencia			Vista de plano		Escala:	1 cuadro = 10 cm2		

Anexo 2

Hojas de maquinaria y equipo por área

El anexo 2 incluye las hojas de maquinaria y equipo correspondientes a cada área de la empresa en estudio, descrita en la Sección 3.9.5.

*Tabla 4.16 Hoja de maquinaria y equipo del área de almacén de materia prima
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))*

[illegible]

*Tabla 4.19 Hoja de maquinaria y equipo del área de almacén de yogurt
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales 2015))*

[illegible]

Tabla 4.20 Hoja de maquinaria y equipo por área de almacén de materia prima refrigerada (Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015)

*Tabla 4.25 Hoja de maquinaria y equipo por área: Paletaras
(Adaptado de Muther (1973) y (Muther & Hales, 2015))*

[illegible]

203