



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE  
QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A.,  
MANABÍ, ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERA INDUSTRIAL**

**AUTORA:**

**VERA GONZÁLES MARÍA DAYANA**

**TUTOR:**

**ING. BALÓN RAMOS ISABEL DEL ROCIO M.Sc.**

**LA LIBERTAD, ECUADOR**

**2024**

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN  
DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A.,  
MANABÍ, ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORA:**

**VERA GONZÁLES MARÍA DAYANA**

**TUTOR:**

**ING. BALÓN RAMOS ISABEL DEL ROCIO M.Sc**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2024**

# CERTIFICACIÓN

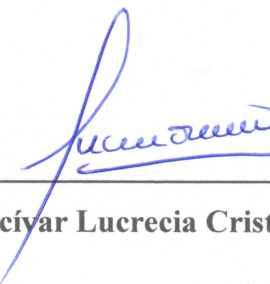
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Vera González María Dayana**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

## TUTORA

f. 

**Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío M.Sc**

## DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

**Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina Ph.D.**

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

## APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing.

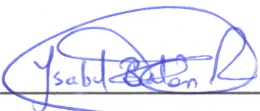
Isabel Del Rocío Balón Ramos, M.Sc.

TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A, MANABÍ, ECUADOR”, elaborado por la Srta. VERA GONZÁLES MARÍA DAYANA estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTORA

f. 

**Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío M.Sc.**

La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024

# DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Vera Gonzáles María Dayana**

## DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A, MANABÍ, ECUADOR**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mí total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024**

## LA AUTORA

f.

  
\_\_\_\_\_  
**Vera Gonzáles María Dayana**

# AUTORIZACIÓN

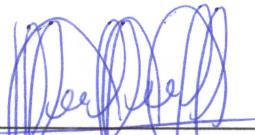
Yo, **Vera Gonzáles María Dayana**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “**Modelo logístico en la cadena de distribución de quesos para la empresa Lácteos San Isidro S.A, Manabí, Ecuador**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mí exclusiva responsabilidad y total autoría.

**La Libertad, a los 4 días del mes de julio del año 2024**

**LA AUTORA:**

f.



**Vera Gonzáles María Dayana**

**C.I 0955898473**

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema, **“MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A., MANABÍ, ECUADOR”**, elaborado por la Srta. **VERA GONZÁLES MARÍA DAYANA**, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 0% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**MARIA DAYANA VERA GONZALES - TESIS**

**0%**  
Textos sospechosos

**0% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes  
mscionruafac  
**< 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)**

Nombre del documento: MARIA DAYANA VERA GONZALES - TESIS.docx  
ID del documento: 2c4c08bd48d0bad0af48da379010d560df22263a  
Tamaño del documento original: 1003,76 kB

Depositante: ISABEL DEL ROCIO BALON RAMOS  
Fecha de depósito: 20/6/2024  
Tipo de cargo: interface  
fecha de fin de análisis: 20/6/2024

Número de palabras: 13.935  
Número de caracteres: 90.658

Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

f. 

Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío M.Sc

C.I: 0910136191

# CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

*Lcda. Betty Gómez Suárez, Mgtr.*

*Celular: 0962183538*

*Correo: [bettyruthgomez@educacion.gob.ec](mailto:bettyruthgomez@educacion.gob.ec)*

## CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRAFÍA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A., MANABÍ, ECUADOR”**, de la estudiante: **VERA GONZÁLES MARÍA DAYANA**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia, además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a la interesada hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 26 de junio del 2024



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.

CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
MAGÍATER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS  
N° DE RESGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por haberme dado la fuerza, la sabiduría y la salud en todo el trayecto universitario, reconozco su infinita bondad por haberme guiado en cada paso del camino, por haberme iluminado en los momentos de duda y por brindarme la fortaleza para superar los obstáculos que se presentaron.

A mis amados padres, Fredy Vera y Monserrate Gonzáles, expreso mi más profunda gratitud por su amor incondicional, sus sabios consejos y por ser mi soporte imprescindible en el cumplimiento de cada uno de mis objetivos personales y académicos. Desde el primer día de mi vida, han sido mi guía, mi inspiración y la fuente de fortaleza que me ha permitido alcanzar mis sueños.

A mis queridas hermanas, Ximena, Isamara y Génesis Vera Gonzáles, expreso mi más profunda gratitud por su cariño incondicional, su confianza inquebrantable y su apoyo constante, han sido fieles creyentes en mi capacidad para alcanzar mis metas, y su apoyo ha sido fundamental para superar los obstáculos y celebrar los triunfos.

A mi gran amigo, Kevin Laínez por su amistad inquebrantable, su lealtad a toda prueba y por ser un ejemplo tangible del verdadero significado de la amistad.

A mis profesores por impartir sus conocimientos, siendo guía y ejemplo en mi formación como profesional.

*Dayana Vera Gonzáles*

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios por darme fuerza y sabiduría en todo mi trayecto universitario.

A mí amada madre, Monserrate Gonzáles Bermello quién ha luchado por mi salud y bienestar, brindándome su amor incondicional y sus consejos, cuidándome en las noches de desvelo y, a pesar de la distancia, siempre ha estado presente en cada momento importante de mi vida.

A mi querida hermana, Génesis Vera Gonzáles, por cuidarme, guiarme y darme aliento cuando la meta se sentía lejana, por brindarme siempre su amor incondicional y creer completamente en mí.

A Anthony por su amor y apoyo incondicional durante todo este proceso, por siempre creer en mí, por impulsarme a dar lo mejor en cada paso y no permitir bajo ninguna circunstancia que doblegue en mis momentos más abrumadores.

*Dayana Vera Gonzáles*

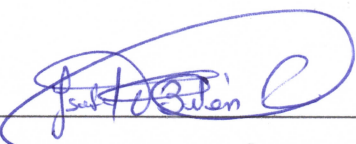
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  \_\_\_\_\_

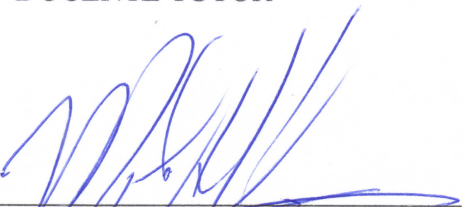
**ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR PhD.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f.  \_\_\_\_\_

**ING. EDISON NOE BUENAÑO BUENAÑO MS.c.**  
DOCENTE ESPECIALISTA

f.  \_\_\_\_\_

**ING. ISABEL DEL ROCÍO BALÓN RAMOS M.Sc.**  
DOCENTE TUTOR

f.  \_\_\_\_\_

**ING. JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA MEng.**  
DOCENTE UIC

# ÍNDICE GENERAL

<b>PORTADA</b> .....	i
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	iv
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	v
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	vi
<b>CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO</b> .....	vii
<b>CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA</b> .....	viii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ix
<b>DEDICATORIA</b> .....	x
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS</b> .....	xvii
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	9
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	9
1.1. Antecedentes investigativos.....	9
1.2. Estado del arte.....	12
1.2.1. Discusión del estado del arte.....	22
1.2.2. Modelo logístico.....	24
1.2.3. Cadena de distribución.....	29
1.2.4. Modelo logístico y cadena de distribución.....	31
1.3. Fundamentos teóricos.....	31
<b>CAPÍTULO II</b> .....	33
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	33
2.1. Enfoque de investigación.....	33
2.2. Diseño de investigación.....	33
2.3. Procedimiento metodológico.....	34

2.4.	Censo.....	35
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	36
2.5.1.	Métodos de recolección de los datos.....	36
2.5.2.	Técnica de recolección de los datos .....	36
2.5.3.	Instrumento de recolección de los datos .....	37
2.6.	VARIABLES del estudio .....	38
2.7.	Operacionalización de las variables .....	39
2.8.	Procedimiento para la recolección de los datos .....	39
2.9.	Plan de análisis e interpretación de los datos .....	40
	<b>CAPÍTULO III</b> .....	42
	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	42
3.1.	Descripción de la empresa .....	42
3.1.1.	Generalidades .....	42
3.1.2.	Organización estructural.....	43
3.1.3.	Análisis situacional.....	44
3.2.	Marco de resultados .....	44
3.2.1.	Análisis de resultados de la entrevista.....	45
3.2.2.	Validación del instrumento .....	46
3.2.3.	Análisis de resultados del censo .....	48
3.2.4.	Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach .....	52
3.2.5.	Correlación de las variables.....	53
3.3.	Propuesta de mejora para la distribución de quesos Lácteos San Isidro S.A..	55
3.3.1.	Simulación del modelo matemático .....	63
3.3.2.	Presupuesto para la implementación del modelo matemático.....	73
3.4.	Marco de discusión .....	76
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	79
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	80
	<b>ANEXOS</b> .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros de la Revisión Integradora de la Literatura .....	13
<b>Tabla 2.</b> Criterios de inclusión .....	14
<b>Tabla 3.</b> Síntesis de los estudios seleccionados .....	17
<b>Tabla 4.</b> Matriz de ponderación (AHP).....	22
<b>Tabla 5.</b> Taxonomía de los modelos logísticos estocásticos.....	25
<b>Tabla 6.</b> Variaciones de un VRP .....	27
<b>Tabla 7.</b> Costos logísticos en una organización .....	31
<b>Tabla 8.</b> Población del censo.....	35
<b>Tabla 9.</b> Operacionalización de las variables .....	39
<b>Tabla 10.</b> Procedimiento para la recolección de datos .....	40
<b>Tabla 11.</b> Plan de análisis e interpretación de resultados.....	41
<b>Tabla 12.</b> Puntos de venta de los productos .....	45
<b>Tabla 13.</b> Productos de la empresa.....	45
<b>Tabla 14.</b> Datos de la empresa .....	46
<b>Tabla 15.</b> Revisión por expertos.....	47
<b>Tabla 16.</b> Análisis de frecuencia de las rondas de validación por expertos .....	48
<b>Tabla 17.</b> Tabulación de los datos obtenidos en el censo .....	49
<b>Tabla 18.</b> Tabulación de los datos obtenidos en el censo.....	49
<b>Tabla 19.</b> Matriz de ponderación general de los datos obtenidos .....	50
<b>Tabla 20.</b> Análisis de los resultados obtenidos del censo .....	51
<b>Tabla 21.</b> Valoración de procesamiento de datos.....	52
<b>Tabla 22.</b> Fiabilidad del instrumento .....	53
<b>Tabla 23.</b> Coeficiente de correlación de Pearson.....	54
<b>Tabla 24.</b> Escala de correlación de Pearson .....	55
<b>Tabla 25.</b> Costos de transporte de planta a almacén .....	58
<b>Tabla 26.</b> Costos de transporte de almacén a cliente.....	58
<b>Tabla 27.</b> Restricciones de la demanda .....	62
<b>Tabla 28:</b> Solución de distribución desde AL hasta C .....	69
<b>Tabla 29.</b> Costos de distribución desde AL1 y AL2 hasta C .....	70
<b>Tabla 30.</b> Comparación de los precios de distribución .....	73
<b>Tabla 31.</b> Presupuesto para la implementación del modelado.....	74
<b>Tabla 32.</b> Cálculos del tiempo de recuperación de la inversión (VAN, TIR, PR) ...	74
<b>Tabla 33.</b> Período de recuperación de la inversión .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo sobre problemática de investigación .....	3
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios.....	16
<b>Figura 3.</b> Base de datos .....	20
<b>Figura 4.</b> Soluciones aplicadas en los artículos.....	21
<b>Figura 5.</b> Herramientas que utilizan los modelados logísticos de distribución.....	21
<b>Figura 6.</b> Modelo logístico cross-docking.....	26
<b>Figura 7.</b> Esquema del VRP .....	26
<b>Figura 8.</b> Diseño de la investigación.....	34
<b>Figura 9.</b> Metodología de la red de distribución .....	34
<b>Figura 10.</b> Plan de recolección de datos.....	36
<b>Figura 11.</b> Fases del método Delphi.....	37
<b>Figura 12.</b> Logo de la empresa Lácteos San Isidro SA.....	42
<b>Figura 13.</b> Orden jerárquico de la empresa .....	43
<b>Figura 14.</b> Método logístico de la empresa Lácteos San Isidro S.A .....	57
<b>Figura 15.</b> Definición de ecuaciones .....	64
<b>Figura 16.</b> Evaluación de variables .....	65
<b>Figura 17.</b> Variables: producción, capacidad y demanda. ....	66
<b>Figura 18.</b> Costos de distribución desde AL1 y AL2 hasta C.....	67
<b>Figura 19:</b> Solución del modelo matemático .....	68
<b>Figura 20.</b> Diagrama de solución del modelo PL .....	71
<b>Figura 21.</b> Modelo logístico actual .....	72
<b>Figura 22.</b> Modelo logístico propuesto .....	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Proceso de jerarquía analítica de AHP (entradas múltiples de EVM) .....	90
<b>Anexo B:</b> Licencia para utilizar el software SPSS Statistics.....	92
<b>Anexo C:</b> Cuestionario instrumento para la recolección de datos.....	93
<b>Anexo D:</b> Guía de la entrevista instrumento para la recolección de datos. ....	95
<b>Anexo E:</b> Formato para la validación de instrumento para expertos.....	96
<b>Anexo F:</b> Recolección de datos en la empresa. ....	97
<b>Anexo G:</b> Tabulación de los datos en el software IBM SPS Statistics. ....	98
<b>Anexo H:</b> Resultados del censo realizado. ....	100
<b>Anexo I:</b> Coeficiente Alfa de Cronbach. ....	106
<b>Anexo J:</b> Correlación de las variables. ....	106
<b>Anexo K:</b> Aceptación de la empresa .....	107

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS**

**ACA:** Algoritmo de Colonia de Hormigas

**ACL:** Algoritmo Colonia de Lobos

**AHP:** Proceso de Jerarquía Analítica

**ARC:** Algoritmo de Ramificación y Corte

**ASEAN:** Asociación de Naciones del Sudeste Asiático

**CR:** Relación de Consistencia

**ESPAC:** Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

**HACA-AL:** Algoritmo Híbrido de Colonia de Hormigas y Algoritmo de Barrido

**HVRP:** Problema de Ruteo de Vehículos con Flota Heterogénea

**IBM SPSS:** Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales

**ILR:** Revisión Integradora de la Literatura

**IRP:** Problema de Inventario y Ruteo

**LIP:** Problema de Localización e Inventario

**LIRP:** Problema de Localización, Inventario y Ruteo

**LRP:** Problema de Localización y Ruteo

**MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería

**MILP:** Modelo de Programación Lineal Entera Mixta

**MINLP:** Modelo de Programación No Lineal Entera Mixta

**MIP:** Modelo de Programación Entera Mixta

**PBE:** Práctica Basada en la Evidencia

**PIB:** Producto Interno Bruto

**PL:** Programación Lineal

**RSL:** Revisión Sistemática de la Literatura

**SC:** Cadena de Suministro

**SIPA:** Sistema de Información Pública Agropecuaria

**TILI:** Algoritmo de Pérdida de Intervalo de Tiempo

**VD:** Variable Dependiente

**VI:** Variable Dependiente

**VRP:** Problema de Ruteo de Vehículos

**VRTW:** Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo

“MODELO LOGÍSTICO PARA LA DISTRIBUCIÓN DE  
PRODUCTOS DE LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A,  
CANTÓN SUCRE, PROVINCIA DE MANABÍ”

**Autor:** Vera Gonzáles María Dayana

**Tutor:** Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío MSc

## RESUMEN

La logística de distribución es crucial para la competitividad empresarial, la aplicación métodos como algoritmos mejorados y simulaciones en programas computacionales respaldan estas estrategias. El objetivo de la investigación se basa en la propuesta de un modelo logístico para la minimización de costos de distribución de quesos en la empresa Lácteos San Isidro S.A. La metodología utilizada en la investigación es de tipo no experimental, con un enfoque cuantitativo y un diseño descriptivo correlacional; se aplicaron técnicas para la recolección de datos, como la encuesta y entrevista; a partir del análisis de los resultados, se desarrolló un modelo matemático que se implementó utilizando el software Lingo 20.0. Los resultados se obtuvieron a partir de un diagnóstico actual de la cadena de distribución de la empresa, realizado mediante la aplicación del instrumento de censo. Este diagnóstico permitió identificar problemas en la red de distribución, lo que evidenció la necesidad de la aplicación de un modelo de transbordo. La aplicación de este modelo en la cadena de distribución determinó los recorridos con menor distancia y las cantidades óptimas para cada destino; la reducción de los costos semanales representó un 42,31%, lo que se traduce en un ahorro de \$465,75 USD comparado con el costo anterior de \$1.100,70 USD.

**Palabras Claves:** (modelo logístico, red de distribución, minimización de costos, cadena de distribución, modelo matemático, programación lineal).

“LOGISTICS MODEL IN THE CHEESE DISTRIBUTION CHAIN FOR  
LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A, MANABÍ, ECUADOR”

**Author:** Vera Gonzáles María Dayana

**Tutor:** Ing. Balón Ramos Isabel del Rocío M.Sc

## **ABSTRACT**

Distribution logistics is crucial for business competitiveness and the application of methods such as enhanced algorithms and computer program simulations support these strategies. This research aims to propose a logistics model to minimize the distribution costs of cheeses at the company Lácteos San Isidro S.A. The methodology used in the research is non-experimental, with a quantitative approach and a descriptive-correlational design. Data collection techniques such as surveys and interviews were applied. Based on the analysis of the results, a mathematical model was developed and implemented using the Lingo 20.0 software. The results were obtained from a current diagnosis of the company's distribution chain, conducted through the application of a census instrument. This diagnosis identified issues in the distribution network, highlighting the need for the application of a transshipment model. The application of this model in the distribution chain determined the routes with the shortest distances and the optimal quantities for each destination. The reduction in weekly costs represented a 42.31% savings, amounting to \$465.75 USD compared to the previous cost of \$1,100.70 USD.

**Keywords:** (logistics model, distribution network, cost minimization, distribution chain, mathematical model, linear programming).

# INTRODUCCIÓN

En un entorno global, la logística de distribución dentro de la cadena de suministro (SC) permite coordinar eficientemente el flujo de productos desde su punto de origen hasta el consumidor final, minimizando costos y tiempos de distribución para satisfacer las demandas del mercado de manera eficiente (He, 2022). El propósito de la logística de distribución es garantizar que los productos lleguen al destino en las condiciones adecuadas y en el tiempo establecido, contribuyendo en maximizar la satisfacción del cliente y el rendimiento empresarial (Doan et al., 2021).

En Latinoamérica, la gestión logística es un factor clave para la competitividad empresarial debido a la variedad de estrategias disponibles para mejorar la distribución de mercancías a lo largo de la (SC) (Velásquez-Rodríguez et al., 2022). Las estrategias de ruteo, distribución y almacenamiento se pueden establecer mediante métodos sólidos como modelados de algoritmos mejorados que respalden la complejidad de este tipo de problemas (Gómez et al., 2019). Siendo el objetivo minimizar los costos y tiempos implicados en la logística de distribución, logrando maximizar las ganancias y mantener a una empresa por delante de la competencia mediante la coordinación de actividades entre proveedores y consumidores (Rocha & Salaberry, 2019).

En Ecuador, el crecimiento económico ha impulsado la gestión logística para dinamizar las relaciones entre productores y consumidores, en este contexto, la distribución desempeña un papel fundamental al conectar a las empresas con los clientes finales, además de promover el fortalecimiento productivo (Yagual-Velástegui et al., 2019). Al aplicar un sistema o modelo de transbordo para el transporte de productos dentro de una red de distribución, se obtiene una buena gestión logística, logrando reducir los costos de transporte, fortalecer los centros de distribución y optimizar los flujos de producción para satisfacer la demanda del mercado (Muyulema-Allaica & Rodríguez-Balón, 2023).

En Manabí, la gestión logística es crucial para la distribución eficiente de mercancías, la utilización de herramientas como modelos matemáticos optimiza la

operatividad de las empresas frente a cambios en la demanda, asegurando la satisfacción del cliente mediante la entrega de productos de calidad; mejorar la gestión logística se traduce en un crecimiento sostenido de las empresas manabitas (Lara-Murgueitio & Tamayo-Cevallos, 2023). Por otro lado, las empresas privadas de esta provincia tienen buena relación con la logística en relación con la implementación de modelados matemáticos y herramientas tecnológicas, permitiendo brindar servicios que poseen un valor agregado, con precios competitivos en el mercado y productos que están adaptados a las necesidades del cliente (Verduga-Pino, 2020).

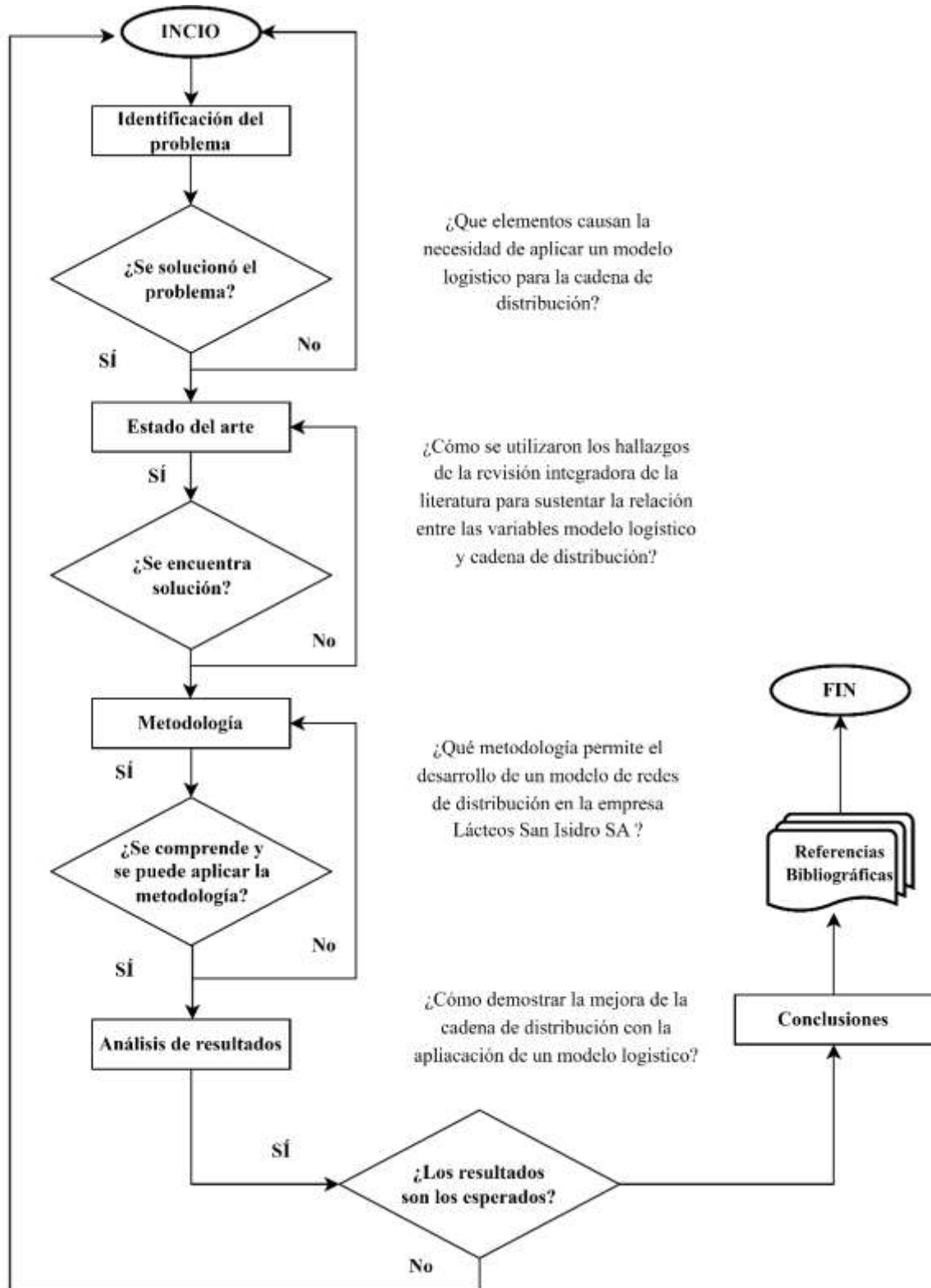
A pesar de la relevancia de la gestión logística para la operatividad que logra la satisfacción del cliente, la falta de estudios de modelos logísticos de las empresas lácteas del Cantón Sucre, en relación con los procesos de distribución, limita la implementación de prácticas logísticas adecuadas. Esto podría conducir a ineficiencias en la cadena de distribución, incremento de los costos operativos y menor competitividad en el mercado. Es importante abordar esta brecha mediante investigaciones que identifiquen los desafíos en la logística de distribución de estas empresas y se propongan modelados adaptados a su contexto, fomentando así el desarrollo sostenible y el crecimiento económico regional.

La empresa Lácteos San Isidro S.A., ubicada en el Cantón Sucre, Manabí, se dedica a la fabricación y comercialización de quesos, su proceso de almacenamiento y distribución actualmente se basa en una logística tradicional en función de los vehículos y demanda disponible en los centros de distribución. Sin embargo, la empresa desconoce la aplicación de herramientas logísticas que permitan mejorar su cadena de distribución. Este método aportaría al establecimiento de rutas estratégicas, evitando el incremento en costos de transportes, retrasos, cambios de rutas no planificadas, congestión vehicular, aumentos en los tiempos de entrega, pérdida de calidad y descomposición de los productos. Por lo tanto, existe una necesidad clara de implementar un modelo logístico que beneficie a la cadena de distribución de la empresa.

En base a la problemática existente, se plantea un diagrama de flujo (figura 1) donde se presentan cuatro interrogantes que permiten analizar las actividades para la toma de decisiones respecto a la identificación del problema, la aplicación del estado

del arte, la definición de la metodología de la investigación y el análisis de los resultados; donde se organiza, identifica y soluciona la problemática de la empresa.

Figura 1. Diagrama de flujo sobre problemática de investigación



Nota: Elaborado por autor

## Planteamiento del problema

El mercado de la logística de distribución de productos está en constante transformación a nivel global. Es por ello que las empresas en la actualidad se enfrentan a diferentes problemáticas que representan verdaderos retos a superar para mantener la eficiencia de sus procesos productivos en el tiempo, brindando satisfacción al cliente con relación al producto que reciben (Serna, 2021).

En América Latina, el transporte de productos representa el 30% de los costos dentro de la red logística de distribución; por lo consiguiente, si la distribución logística no cuenta con una correcta planificación, puede generar grandes pérdidas para las empresas. El momento de la entrega a los diversos centros de distribución tiene un papel fundamental en la maximización del aprovechamiento de recursos de transporte, lo que lleva a tener en consideración diversos factores como costos, plazos y calidad. Por lo tanto, es crucial poder identificar las mejores rutas (Hidalgo Torres et al., 2018).

En Ecuador, el *Sistema de Información Pública Agropecuaria* (SIPA, 2022) indicó que a nivel nacional se producen diariamente 6.317.851 litros netos de leche de ganado vacuno; 4.214.095 litros de leche diarios (76,6%) son vendidos y distribuidos para las empresas procesadoras de productos lácteos. Las provincias de la sierra ecuatoriana destacan por su gran producción de leche; Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua y Azuay representan el 62,28% de la producción de leche líquida vendida para los distintos procesos productivos, siendo Pichincha el primer productor, alcanzando un 21,95% con 962.700 litros diarios destinados a la venta en líquido *Ministerio de Agricultura y Ganadería* (MAG & SIPA, 2022).

Los resultados de la *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua* (ESPAC, 2022) revelaron que Manabí es una de las provincias con el mayor porcentaje de ganado vacuno en el país, contando con un total de 805,455 cabezas de ganado, lo que representa el 20.9% del mercado ecuatoriano; la producción de leche total de la provincia equivale al 12.47%, es decir, 779,071 litros diarios; sin embargo, solo el 6.57% de esta leche se distribuye para el procesamiento, lo que equivale a 287,974 litros de leche diarios.

Hidalgo Torres et al., (2018) mencionaron que la gestión del transporte tiene dos fases relacionadas entre sí, las cuales se definen como la elección del medio de transporte a utilizarse y la programación de la cadena de distribución. Es por ello que el manejo inadecuado del transporte que involucre la cadena de frío puede afectar la calidad y seguridad de los alimentos, lo que puede reducir su calidad, otorgando pérdidas económicas y también impactos negativos en la logística de los alimentos (Wu & Hsiao, 2021).

La producción y comercialización de productos lácteos requiere de adecuados modelos de distribución que permitan entregar los productos ofertados al cliente en el tiempo, calidad, cantidad y lugar apropiado, lo que conlleva a ganar posición y competitividad en el mercado (Franco-Crespo et al., 2019). Por otro lado, las herramientas tecnológicas y matemáticas permiten un cambio sustancial en las empresas, logrando minimizar costos y distancias a recorrer en la distribución (Tatés Hernández, 2020).

La empresa Lácteos San Isidro S.A. se dedica al procesamiento y distribución de leche cruda de vaca y a la elaboración de productos derivados como: queso duro, semiduro y variedad de quesos maduros. La empresa consta de una planta de producción que abastece a dos centros de distribución o almacenamiento que satisfacen a treinta y tres puntos de venta o sucursales oficiales; adicionalmente, les proveen a compradores externos en base a la demanda existente dentro del país. Actualmente la empresa no cuenta con un modelo logístico que le permita cumplir con los destinos y con los tiempos establecidos, siendo causante del incremento en los costos de distribución y esto a su vez repercute en los ingresos totales de la empresa mencionada.

Para la elaboración del presente trabajo ha sido necesario conocer de primera instancia las cualidades de la empresa, así como también sus debilidades y/o necesidades para que, de esta manera, resulte viable la planificación y ejecución de los objetivos planteados. En términos generales, se puede comentar que una característica de la empresa Lácteos San Isidro S.A. incide en el proceso productivo existente, siendo este ejecutado bajo los parámetros y normativas más exigentes del propio mercado.

## **Formulación del problema de investigación**

¿Cómo un modelo logístico disminuirá los costos y tiempos de distribución de la empresa Lácteos San Isidro SA del Cantón Sucre, Provincia de Manabí?

## **Alcance de la investigación**

Esta investigación se desarrolla en la empresa dedicada a la producción y distribución de quesos, Lácteos San Isidro S.A., ubicada en Manabí, Cantón Sucre, comprendiendo el proceso logístico en la cadena de distribución de productos (De et al., 2022). Para la elaboración de esta propuesta se consideró la gestión logística en base a las rutas de distribución y los costos durante el proceso de distribución.

El diseño de un modelo de transporte optimizado en la cadena de suministro permite reducir significativamente los costos de distribución, garantizando la disponibilidad de productos y ajustando la oferta a la demanda real, lo que se traduce en una cadena de suministro más eficiente y efectiva (Munim et al., 2022). Es por esto que se propuso la implementación de un modelo logístico en la cadena de distribución de la empresa Lácteos San Isidro S.A., que permitirá minimizar los costos excedentes en el proceso de distribución de su producto, mediante una buena gestión logística.

La implementación del modelo logístico de la cadena de distribución en la empresa Lácteos San Isidro S.A., deja como beneficiario directo de esta investigación a la empresa en estudio, también a los clientes que demandan de sus productos y a los trabajadores de la empresa en cuestión.

En base a lo expuesto, el problema de la empresa reside en la organización y control de su logística de distribución. La implementación de un modelo logístico en la cadena de distribución resulta crucial para establecer estratégicamente las rutas de la red de distribución, lo que se traduce en la reducción de costos y tiempos de distribución (Velásquez-Rodríguez et al., 2022).

## **Justificación de la investigación**

La importancia de aplicar un modelo de distribución logística va más allá de lograr la reducción de costos y tiempos en el proceso de distribución; también abarca

el posicionamiento y competitividad de una institución (Rebouças-Guimarães et al., 2020). Con base en lo mencionado, la necesidad de la implementación de un modelo logístico para la red de distribución se hizo evidente en la empresa Lácteos San Isidro S.A., con sede en la Provincia de Manabí, donde se identifica una problemática en la gestión logística que impacta su cadena de distribución.

Un método de distribución mal aplicado puede generar altos costos de transporte, rutas más largas y tiempos de entrega prolongados, esto puede influir directamente en la calidad del producto, incluso deterioro por completo, lo que a su vez incrementa los costos en la cadena de distribución (Zapata-Cortes et al., 2020). Por tal motivo, se considera viable la implementación de un modelo logístico en la cadena de distribución de quesos de Lácteos San Isidro S.A, para la minimización de costos de distribución. Por consiguiente, esta investigación se centró exclusivamente en aspectos logísticos de distribución del producto terminado y no interviene en áreas relacionadas con el proceso de producción o los costos asociados, debido a su mínima trascendencia en el desarrollo de este estudio.

Dado lo expuesto en párrafos anteriores, se definió el objetivo general y los objetivos específicos para la exposición y cumplimiento de estos con el fin de desarrollar este trabajo de investigación.

**Objetivo general:**

Proponer un modelo logístico, para la minimización de costos de distribución de quesos en la Empresa Lácteos San Isidro S.A., Manabí, Ecuador.

**Objetivos específicos:**

1. Realizar un análisis bibliográfico, a partir de una revisión integradora de la literatura para el sustento de la relación entre las variables modelo logístico y cadena de distribución.
2. Establecer un marco metodológico, a través de estudios enfocados en los modelos logísticos con incidencia en la distribución de productos.
3. Demostrar un modelo logístico de la cadena de distribución, que permita la minimización de los costos en la empresa Lácteos San Isidro S.A.

Este trabajo de investigación está conformado por tres capítulos donde, el capítulo I se basó en el estado de arte realizado mediante una revisión integradora de la literatura de publicaciones en revistas científicas, casos de estudios, artículos publicados entre otros; obteniendo información referente a estudios relacionados respecto a los modelos logísticos existentes y su efecto optimización de rutas de transporte. El capítulo II está compuesto por el marco metodológico, donde se dispone de: métodos, técnicas, instrumentos, esenciales para el análisis, con relación al régimen de tabulación y análisis de datos obtenidos; finalizando con el capítulo III, que nos hace referencia a la aplicación del modelo matemático para el cumplimiento del tercer objetivo.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

Liu et al., (2023) en su estudio plantearon que, para poder mejorar los resultados de un diseño de optimización de la distribución logística, aplicaron la combinación del modelo genético (método de resolución de problemas de optimización restringidos y no restringidos) con capacidades de búsqueda aleatoria y el algoritmo mejorado de colonias de hormigas, donde se demostró que la propuesta de la combinación de los modelos matemáticos incide de forma positiva en la optimización de las rutas de distribución, logrando disminuir el 20 % de los costos de distribución.

Cuervo-Cruz et al., (2022) en el artículo, propusieron un enfoque que combina modelos de localización, inventario y ruteo de vehículos con orientación estocástica para optimizar la gestión de la cadena de suministro; esta propuesta se basó en una revisión sistemática de la literatura (RSL) en las bases de datos escogidas, dando como resultado una taxonomía de cuatro modelos: tres de forma diádicos problema de localización e inventario (LIP), problema de inventario y ruteo (IRP), problema de localización y ruteo (LRP) y uno tríadico problema de localización, inventario y ruteo (LIRP), donde se contempla la función objetivo del modelo y el número de restricciones contempladas para la cadena de distribución.

Agarwal et al., (2022) en este caso de estudio se evaluó la relación entre los problemas de optimización descentralizada y los algoritmos de búsqueda de equilibrio restringida, mediante la revisión de la literatura basada en artículos sobre la teoría de juegos con incidencia en los costes de los agentes. Obteniendo como resultado una convergencia teórica-práctica del modelado, concluyendo que los agentes evaluados según su resultado y la decisión que se efectuó inciden directamente con los costos en las redes de distribución y en los sistemas de energía.

Nguyen et al., (2021) en este caso de estudio, propusieron mejorar la eficiencia de la red logística de la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN) mediante la aplicación de un modelo de localización de nodos en la red de

distribución. Esto resultó en una reducción significativa de los costos logísticos de distribución a 2,36 billones de dólares. Además, se identificaron las 5 ciudades óptimas como centros de distribución utilizando el software Matlab 2014, este enfoque contribuyó a aumentar el desarrollo económico de los países y ciudades involucradas.

Wei et al., (2019) en un estudio realizado en China, propusieron un modelo innovador para la distribución logística de la cadena de frío, considerando los límites de tiempo de transporte y el costo de distribución, se combinó un modelo de programación lineal entera mixta (MILP) con un modelo descriptivo para abordar la problemática existente. El resultado fue la propuesta de estrategias de enrutamiento para la distribución logística de la cadena de frío, lo que permitió optimizar las rutas de distribución un 15%, mejorando la eficiencia en la entrega de productos frescos.

Vavřík et al., (2017) en su investigación, propusieron mejorar la efectividad de los procesos logísticos de distribución mediante la implementación de nuevas rutas de transporte basadas en un modelo matemático de distribución logística. A través de la simulación, se determinó la cantidad de vehículos necesarios y su capacidad de carga aproximada, lo que facilita el diseño de las rutas en la cadena de distribución. Se concluyó que la simulación de este modelo de distribución logística automatiza los proyectos financieros, lo que permite optimizar los tiempos al 40% y las rutas de transporte al 67%.

Velásquez-Rodríguez et al., (2022) en el caso de estudio llevado a cabo en Colombia, se señalaron que, para mejorar las ubicaciones de los centros de distribución, así como los tipos y la cantidad de vehículos a utilizar en la distribución, se implementó un modelo de red logística de distribución multi-período de enteros mixtos (MIP), con el objetivo de reducir los costos asociados al enrutamiento de vehículos; en la aplicación del modelo mencionado, se complementó con el uso del software GUSEK para su simulación, lo que resultó en un modelo matemático de distribución que refleja las interdependencias entre el transporte de salida y de entrada, teniendo un costos mínimo de \$3.000 en el proceso de transporte.

Alzate-Jiménez et al., (2014) destacaron que, en la cadena de suministro relacionada con el proceso de fabricación y distribución de los productos lácteos, es

importante establecer un modelo logístico de optimización que satisfaga los requerimientos de la empresa estudiada, para crear estrategias con incidencia en la cadena de frío que requiere mantener los productos lácteos al ser distribuidos, disminuyendo las rutas largas de distribución y, por lo consiguiente, disminuyendo los tiempos y costos logísticos, para el modelamiento, utilizó el software Flexsim para la simulación, permitiendo realizar el análisis estadístico de las variables para las tomas de decisiones.

Huérfano-Piñeiro & Meleán-Romero, (2020) en el estudio realizado en Venezuela, exponen que mediante el análisis de la cadena de suministro de una empresa procesadora de quesos, con incidencia en los flujos logísticos inversos, la empresa posee una cadena de distribución logística con estructura lineal, misma que está conformada por tres fases: aprovisionamiento, producción y distribución del producto final; estas fases permiten integrar los procesos, logrando un aumento de la producción en un 26.1% de queso industrial, la reducción de costos y tiempo de llegada a los puntos de distribución, consiguiendo flexibilidad y satisfacción al cliente final, concluyen que la cadena de suministro es un factor clave para la competitividad del mercado.

Franco-Crespo et al., (2019) el sector agrario en Ecuador, tiene un considerable crecimiento en la producción pecuaria en las Pymes, esta investigación se ha efectuado en la sierra del país, donde se estableció una muestra en base al ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), siendo su instrumento de levantamiento de datos una encuesta, dando resultado que la sierra ecuatoriana tiene mayor producción de leche la misma que se utiliza el 59,64% para el procesamiento y elaboración de productos derivados de la leche entre los principales se encuentra el queso (MAG, 2022).

Moreno-Marcial et al., (2018) indican en su investigación que en las medianas empresas, la optimización de los procesos logísticos mediante los modelos matemáticos y la simulación en software beneficia la implementación de estrategias, para la planificación de rutas de transporte, logrando así disminuir costos logísticos, se concluyó en que las Pymes son representativas en la economía nacional y con la aplicación de la logística de distribución pueden aumentar su productividad disminuyendo costos.

Guamán-Lozano et al., (2020) detallaron en su investigación un problema en la red de distribución de alimentos, donde se busca reducir los costos de la (SC) mediante el desarrollo de un modelo matemático de programación lineal (PL), desarrollado en Matlab; como resultado, se obtuvieron nuevas rutas de transporte y la capacidad de carga de los vehículos para la red de distribución de la empresa de alimentos.

Parada-Gutiérrez et al., (2017) detallaron en su investigación realizada en Riobamba que el sector ganadero se ve afectado por la mala implementación de su cadena de suministro, lo cual incide en la cadena de distribución de los productos terminados generando un incremento en costos logísticos, aumentando el valor añadido de los productos lácteos, dado que una cadena láctea abarca áreas de producción, procesamiento, almacenamiento y transporte hacia su destino final.

En base a las investigaciones mencionadas anteriormente, se observó que los modelos logísticos de distribución permiten disminuir los costos de transporte de productos, otorgando competitividad a las empresas, mediante la aplicación de modelos matemáticos tales como programación lineal entera mixta, modelo de localización de nodos, modelos de red logística de distribución multiobjetivo entero mixto y programación lineal, para la simulación de los modelados se emplearon programas como Matlab, Lingo y Gusek, los cuales permitieron el análisis de los resultados. Todas las investigaciones enfaizan en la buena práctica de la logística de distribución de productos con el propósito de lograr la minimización de costos, tiempos y rutas de transporte y transbordo.

## **1.2. Estado del arte**

Para Barbosa-Chacón et al., (2019) el estado del arte parte desde la investigación documental, misma que permite determinar las tendencias de búsqueda hacia nuevos campos de investigación, teóricos, conceptuales y metodológicos con el objetivo de lograr una construcción teórica sustentable en base al objeto de estudio. Por otro lado, para Molina Montoya, (2018) el estado del arte es un estudio analítico en base a la investigación documental que tiene como principal objetivo sistematizar las tendencias y vacíos en temas de investigación específicos.

Mediante una revisión integradora de la literatura (ILR), el estudio exploró los modelos logísticos de distribución o transporte en relación con la optimización de rutas de entrega, logrando una disminución de costos y tiempos de distribución. Para Duarte et al., (2023) la ILR tiene como objetivo sintetizar de forma sistemática y ordenada la evidencia en casos de estudios comprobables sobre un problema específico, con el fin de tener un conocimiento y criterio más extenso sobre el tema, siendo parte de la práctica basada en la evidencia (PBE), esta revisión exhaustiva permite establecer criterios y conclusiones generales a partir de los estudios analizados, lo que sirve como base para futuras investigaciones y la comprensión de sus implicaciones.

La elección del método de solución se realizó mediante un proceso de jerarquía analítica (AHP), ya que es una técnica sistemática que permite organizar y evaluar los artículos en base a los criterios de decisión con los indicadores de sostenibilidad por medio un sistema de ponderación, que determina la prioridad e importancia de la decisión a través de sus dimensiones (Ilham et al., 2022).

Para el desarrollo del estado del arte de este trabajo se empleó la Revisión Integradora de la Literatura con Prisma basado en el método aplicado en el artículo desarrollado por Rodríguez-Melo et al., (2021), que consta de cinco parámetros para la selección y obtención de los artículos, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** *Parámetros de la Revisión Integradora de la Literatura*

<b>Parámetros para realizar una Revisión Integradora de la Literatura</b>
1. Formulación de la pregunta orientadora
2. Establecimiento de los criterios de inclusión
3. Búsqueda de la literatura
4. Representación de síntesis de datos de los estudios seleccionados
5. Análisis crítico de los hallazgos

**Nota:** *Elaborado por autor en base a (Rodríguez-Melo et al., 2021)*

### 1. Formulación de pregunta orientadora:

La preguntadora orientadora de la investigación fue: ¿Cómo un modelo logístico de distribución permitirá a la empresa Lácteos San Isidro S.A. a disminuir costos de distribución?

### 2. Establecimiento de los criterios de inclusión

En la tabla 2, se indican los criterios de inclusión que se consideraron para la búsqueda estratégica de los artículos, publicaciones y demás en las bases de datos seleccionadas.

*Tabla 2. Criterios de inclusión*

<b>Criterios de inclusión:</b>
1. Tratarse de investigaciones de artículos científicos, libros, sitios webs oficiales.
2. La publicación del artículo está restringida al período comprendido entre 2019 y 2023.
3. Investigaciones que aborden temas referentes a modelos logísticos, modelos de transporte, modelos de ruteos de vehículos y sus modelos de optimización de costos de distribución.
4. Artículos con lenguajes de español e inglés.
5. Artículos con acceso a la información completa.

*Nota: Elaborado por autor*

### 3. Búsqueda de la literatura

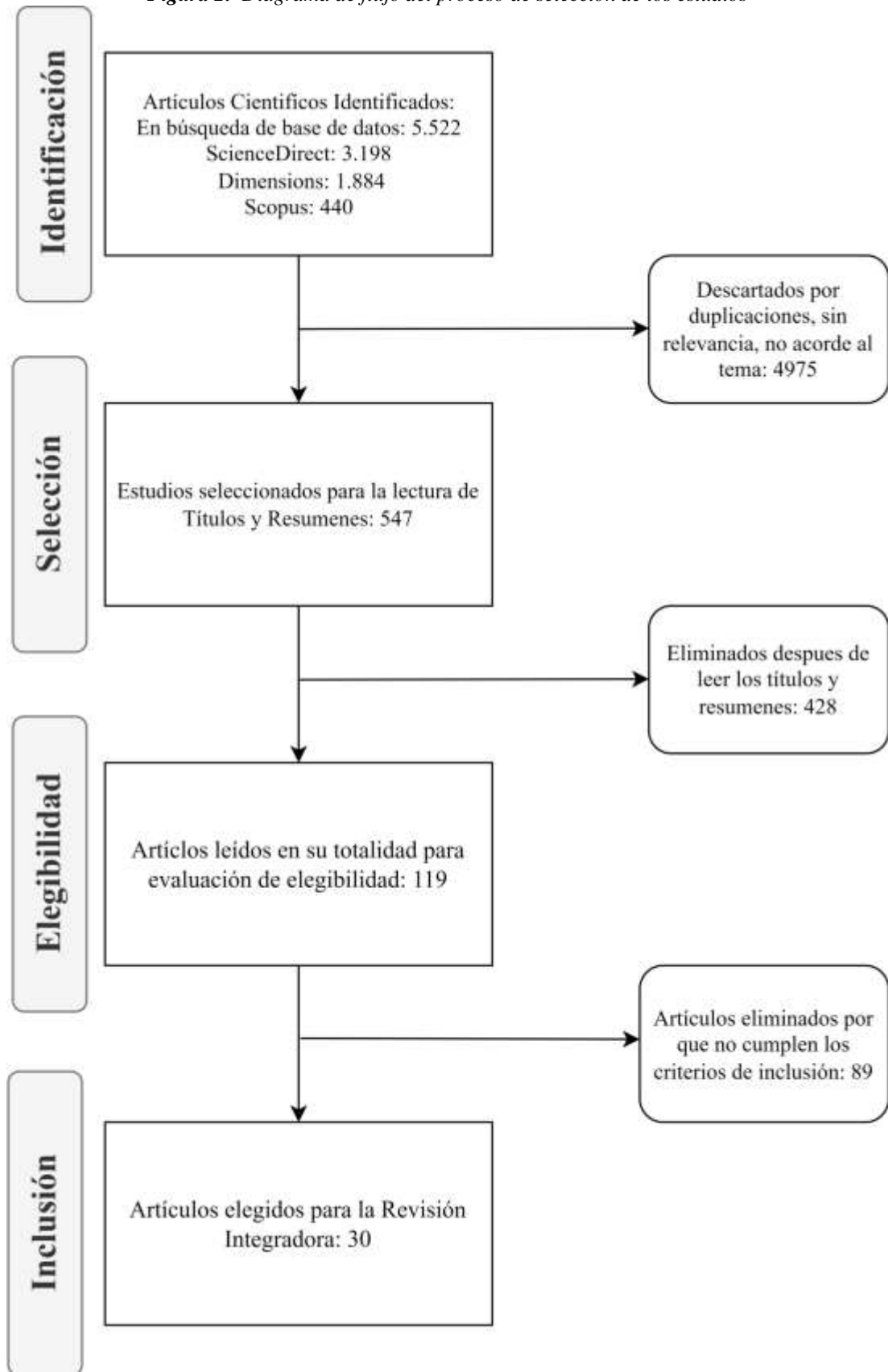
Para el proceso de selección de estudios basada en la revisión integradora se requiere de la identificación de los metabuscadores y base de datos se efectuara la búsqueda, para esta investigación las bases de datos fueron: ScienceDirect, Scopus y Dimensions, la búsqueda se realizó utilizando palabras claves en inglés “Modelo logístico” y “Cadena de valor” realizando la siguiente combinación (“Modelo logístico” AND “Cadena de distribución”) OR (“Modelo de ruteo” AND “Distribución de productos”) OR (“Logística de distribución” AND “Problema de ruteo”) donde según los criterios de inclusión establecidos, se tomaron en cuenta los artículos de los años 2019 a 2023.

De acuerdo con el diagrama que ilustra el proceso de selección de estudios (figura 2), se detalla los cuatro parámetros utilizados para la selección de las investigaciones, iniciando con la identificación de los artículos científicos relacionados con la variable independiente (Modelo logístico) y la variable dependiente (cadena de distribución) realizando una búsqueda en las bases de datos seleccionadas (ScienceDirect, Dimensions y Scopus), obteniendo un total de 5,522 artículos, donde se descataron artículos no acorde al tema, duplicados y sin relevancia, eliminado un total de 4,975 artículos.

Seguido por las etapas de selección, elegibilidad e inclusión, en la etapa de selección, se consideraron 547 artículos para la lectura de títulos y resumen; tras una evaluación inicial, se excluyeron 428 artículos que no proporcionaban información relevante para el caso de estudio, en la etapa de elegibilidad, se seleccionaron 119 artículos para una lectura completa y se aplicaron los criterios de inclusión establecidos en la metodología de la revisión; como resultado, se descartaron 89 artículos que no cumplían con los criterios establecidos, finalmente, en la etapa de inclusión, se seleccionaron 30 artículos científicos para el desarrollo de la investigación, estos artículos fueron considerados relevantes y de alta calidad para abordar el tema de estudio.

El riguroso proceso de selección de estudios garantiza la solidez y confiabilidad de la investigación presentada, la búsqueda exhaustiva en bases de datos relevantes, la aplicación de criterios de selección estrictos y la evaluación profunda de los artículos seleccionados aseguran que la investigación se base en evidencia científica y relevante para el tema de estudio, la selección final de 30 artículos científicos representa un conjunto sólido de literatura que sustenta la investigación y proporciona una base sólida para comprender el impacto del modelo logístico en la cadena de distribución.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios



Nota: Elaborado por autor, adaptado de (Rodríguez-Melo et al., 2021)

#### 4. Representación de síntesis de datos de los estudios seleccionados

Tras aplicar los criterios de inclusión establecidos para la revisión sistemática, se identificaron un total de 30 artículos, estos estudios abordaban la problemática de los modelos de transporte y ruteo en diversos contextos., como lo muestra la tabla 3.

**Tabla 3.** Síntesis de los estudios seleccionados

Nº	Autor	Objetivo	Modelo/Método	Sinergia
1.	(Giusti et al., 2023)	Gestionar los envíos origen destino, minimizando los costos originados por la ubicación y transporte.	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP)	Se propuso un modelo con estructura simplificada para los nodos de transporte para largas distancias, para minimizar los costos de ubicación.
2.	(Cabrales-Navarro et al., 2023)	Maximizar la demanda obtenida minimizando la demanda perdida basado en el LRP.	Método LRP (problema de localización y ruteo) con múltiples objetivos.	Se propuso la aplicación de métodos exactos para la minimización de costos, tiempos y confiabilidad de rutas.
3.	(Rodríguez-Vásquez, 2020)	Presentar un modelado, para el ruteo de vehículos con una flota heterogénea y múltiples depósitos.	Modelado híbrido del algoritmo de colonia de hormigas y el algoritmo de barrido.	Se propuso un modelo híbrido para el VRP, logrando la disminución de costos de distribución del 4,5%.
4.	(Cubides et al., 2019)	Desarrollar un modelo para aumentar la capacidad de las baterías de forma virtual, mediante la ubicación estratégica de estaciones de recarga a lo largo de la red de transporte,	Modelo matemático programación lineal entera mixta (MILP).	Modelo de optimización multiobjetivo aplicado al VRPB, para la operación de las redes de distribución y transporte de energía eléctrica.
5.	(Yıldız et al., 2023)	Presentar un modelo de red multimodal para el transporte de carga exprés con transbordos.	Modelado de programación entera mixta (MIP) con una red multimodal.	Maximiza la demanda atendida, mediante un modelo para el diseño de una red multimodal.
6.	(Battarra et al., 2022)	Diseñar una red cross-dock de múltiples terminales para el problema de asignación de ubicación (LAP).	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP) de una red cross-docking.	Modelo para una red cross-docking multiobjetivo para la consolidación y distribución de productos perecederos.
7.	(Truden et al., 2022)	Presentar una propuesta para el problema de ruteo de vehículos, optimizando las ventanas de tiempo.	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP).	Se propuso un modelo matemático para la optimización de rutas para el STWVRP.
8.	(Agrawal et al., 2022)	Desarrollar un modelo matemático para productos perecedero y su control de calidad durante el proceso de distribución.	Modelo de programación no lineal entera mixta (MINLP).	Se propuso un modelo para la minimización de costos de distribución de productos perecederos de una flota heterogénea.
9.	(Guan & Li, 2023)	Optimizar los problemas de selección de rutas en los procesos de transporte y distribución de vehículos.	Algoritmo mejorado de colonias de hormigas.	Se expuso un algoritmo viable en la minimización de tiempos para el ruteo de productos con cadena de frío.
10.	(Cuervo-Cruz et al., 2022)	Identificar los modelos estocásticos y sus eslabones en	Taxonomía de los modelos estocásticos	Se identificó alternativas para la logística de distribución estocástica

		la cadena de distribución.	tríadicos y diádicos.	de una cadena de suministro.
11.	(Govindan et al., 2021)	Desarrollar un modelo matemático para minimización de costos y riesgos en la gestión de desechos médicos.	Modelado de programación lineal entera mixta (MILP).	Se identificó un modelado bio-objetivo de ubicación-ruta para la gestión de desechos médicos.
12.	(Ambrosino & Sciomachen, 2021)	Evaluar el impacto de las externalidades en la gestión de la red de distribución.	Modelado de programación lineal entera mixta (MILP).	Se propuso un modelado evaluando las externalidades para la gestión de redes logísticas, minimizando los costos de distribución.
13.	(Al-Ashhab, 2022)	Desarrollar un modelo matemático de optimización multiobjetivo para una red robusta.	Modelado de programación lineal entera mixta (MILP).	Se propuso un modelado multiobjetivo para la planificación y optimización de una red robusta en la cadena de suministro de circuito cerrado.
14.	(Baghizadeh et al., 2021)	Presentar un modelo que minimice los costos totales de una red de distribución.	Modelado de programación no lineal entera mixta (MINLP) multiobjetivo.	Se propuso un modelo para la minimización de costos de procesamiento y transporte de productos y flujos de retornos para una red en condiciones de incertidumbre.
15.	(Naim-Rahman et al., 2022)	Presentar un modelo matemático multiobjetivo que permita la minimización de los costos de distribución de vacunas.	Modelado de programación mixta multiobjetivo.	Se propuso un modelo para una cadena de suministro de vacunas sostenible para un sistema de salud.
16.	(De et al., 2022)	Proponer un modelado para minimizar los costos de una red de suministro de salmón.	Modelado de programación mixta (MILP).	Se propuso un modelo matemático basado en la red de cadena de suministro del salmón noruega, con el objetivo de minimizar los costos de transporte.
17.	(Flores-Tapia & Flores-Cevallos, 2021)	Presentar un modelo de transporte para la minimización de los costos de distribución.	Modelado de programación lineal (PL).	Se propuso un modelo de transporte para minimizar los costos y optimizar las ganancias de una empresa distribuidora de cemento.
18.	(Rebouças-Guimarães et al., 2020)	Presentar un nuevo sistema de transporte de mercancías de largo recorrido.	Modelado heurístico de programación entera mixta (MIP).	Se presentó un nuevo sistema heurístico de transporte de mercancía para la minimización de costo de distribución total y tiempo.
19.	(Javadi-Gargari et al., 2021)	Desarrollar un problema de optimización multiobjetivo para la selección de proveedores y distribuidores.	Modelado de programación no lineal multiobjetivo (MINLP).	Se propuso un modelo multiobjetivo para la cadena de suministro para la minimización de costos de transporte.
20.	(Kohar & Suresh-Kumar, 2021)	Proponer una formulación de índices para la obtención de rutas d vehículos con menores costos de distribución.	Algoritmo ramificación y corte.	Se presentó un modelo para encontrar las rutas óptimas de distribución para el problema de ruteo MPDPTW.
21.	(Pérez-Iribarren et al., 2023)	Proponer un modelo simple para la optimización de sistemas de energía.	Modelado de programación mixta (MILP).	Se propuso un modelo simple para la optimización de las rutas del sistema térmico.
22.	(Villamarín-Padilla et al., 2019)	Determinar un modelo de transporte eficiente para la cadena de suministro.	Modelado de programación lineal.	Se planteó un modelo matemático de transporte, para la minimización de costos de distribución, para una empresa distribuidora de combustible.

23.	(Aghsami et al., 2024)	Desarrollar un modelo para gestión de la cadena de suministro.	Modelo de programación no lineal entero mixto multiobjetivo (MINLP)	Se presentó un modelo matemático bio-objetivo con un algoritmo de optimización de Grasshopper para la cadena de suministro.
24.	(Kumar-Manupati et al., 2021)	Diseñar un modelo para las rutas de transporte de vacunas.	Modelo de programación lineal entera mixta (MILP).	Se propuso un modelo logístico de distribución para la cadena de frío y su minimización de costos de transporte.
25.	(Dong et al., 2022)	Optimizar las rutas de reparto de la red de distribución agrícola.	Algoritmo de Colonias de hormigas.	Se propuso un modelo mejorado de colonias de hormigas para el mejoramiento del proceso logístico.
26.	(Wang et al., 2021)	Proponer un método para la configuración de la red de distribución.	Algoritmo de pérdida de intervalo de tiempo (TILI).	Se planteó un algoritmo para la operación óptima de la red de distribución basado en un análisis
27.	(Zapata-Cortes et al., 2020)	Mejorar la gestión logística de distribución de la empresa de paquetería.	Modelo VRP con HVRP.	Se propuso un modelo logístico para mejorar la gestión de ruteo de vehículo para una empresa en Colombia.
28.	(Dou et al., 2020)	Minimizar los costos totales mediante un modelo de optimización de tiempos para los centros de distribución logística.	Algoritmo de colonia de lobos.	Se propuso un nuevo algoritmo híbrido para un problema de localización de los centros de distribución logística de la cadena de frío.
29.	(Andrade-Mahecha & Massy-Sanchez, 2019)	Desarrollar un modelo de simulación para una red de transporte de gas natural.	Modelo de programación lineal.	Se desarrolló un modelo de simulación para una red de transporte de gas basado en la minimización de costos de transporte.
30.	(Pucha-Medina et al., 2023)	Elaborar un modelo para minimización de costos de una red de distribución en la producción agrícola de cacao.	Modelo de programación lineal.	Se desarrolló un modelo que disminuye los costos de distribución de la red de distribución de Cacao.

*Nota: Elaborado por autor*

Entre los 30 artículos seleccionados en la revisión del estado del arte mediante el (IRL), se identificaron diversas metodologías para optimizar el modelado en redes de distribución y la logística de distribución. Un grupo significativo de 10 artículos propone la aplicación de (MILP) para el modelado de redes de distribución. Otros 5 artículos utilizan (MINLP) para resolver problemas de ruteo de vehículos. La (PL) se presenta como una alternativa viable en 4 investigaciones, mientras que 4 autores optan por (MIP). Cabe destacar la utilización de algoritmos de colonia de hormigas (AC) en 2 estudios para mejorar el proceso logístico. Los 5 artículos restantes proponen métodos específicos como solución óptima para la logística de distribución: un modelo VRP con HVRP, un algoritmo de colonia de hormigas combinado con un algoritmo de barrido, un algoritmo de ramificación y corte, un algoritmo de colonia de lobos y un algoritmo de pérdida de intervalo de tiempo.

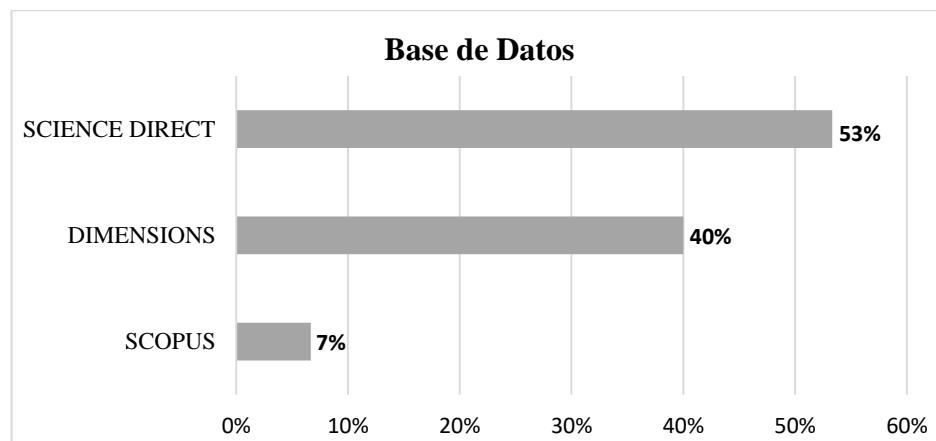
Todos los métodos mencionados en las investigaciones tienen como objetivo minimizar los costos de transporte y, a su vez, mejorar el proceso logístico de distribución (tabla 3).

## 5. Análisis crítico de los hallazgos

De los 5.522 artículos encontrados basados en los indicadores de búsqueda establecidos y mediante los criterios de selección, eliminando los duplicados, se filtraron por título y resumen, además de la selección final por la lectura completa de los artículos fueron escogidos un total de 30 artículos para el análisis total de su metodología, modelo matemático para desarrollo de la investigación.

La base de datos que proporcionó la mayor cantidad de artículos fue ScienceDirect, con un 53%, seguida por Dimensions, que cubrió el 40% de los artículos seleccionados, y finalmente la base de datos Scopus, con un 7%, como se ilustra en la figura 3. En cuanto a los idiomas predominantes en los artículos seleccionados, se destacan el inglés y el español, representando el 87% y el 13% respectivamente.

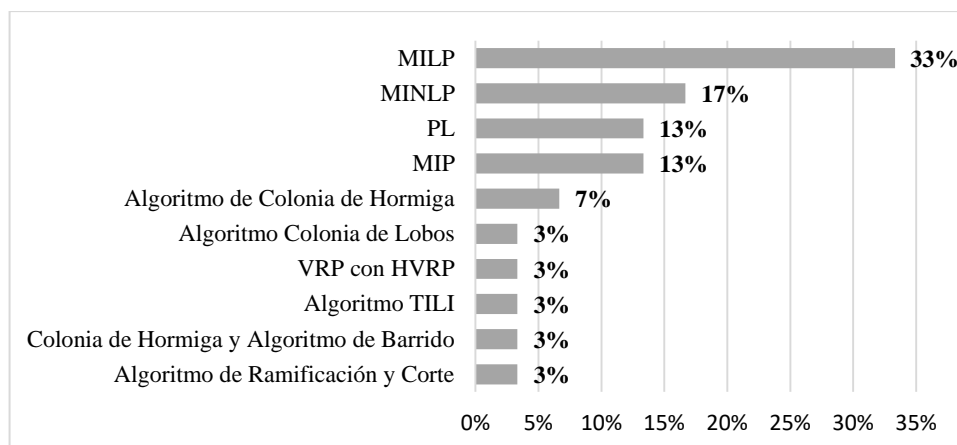
*Figura 3. Base de datos*



*Nota: Elaborado por autor*

En la figura 4, se detallan las soluciones aplicadas en los artículos seleccionados para el estado del arte, los cuales dan una solución al problema de ruteo de vehículos, en la búsqueda efectuada en las bases de datos mencionadas destaca el modelo matemático de programación lineal entera mixta (MILP) conformando el 33% y los modelos de programación no lineal entera mixta (MINLP) con un 17%.

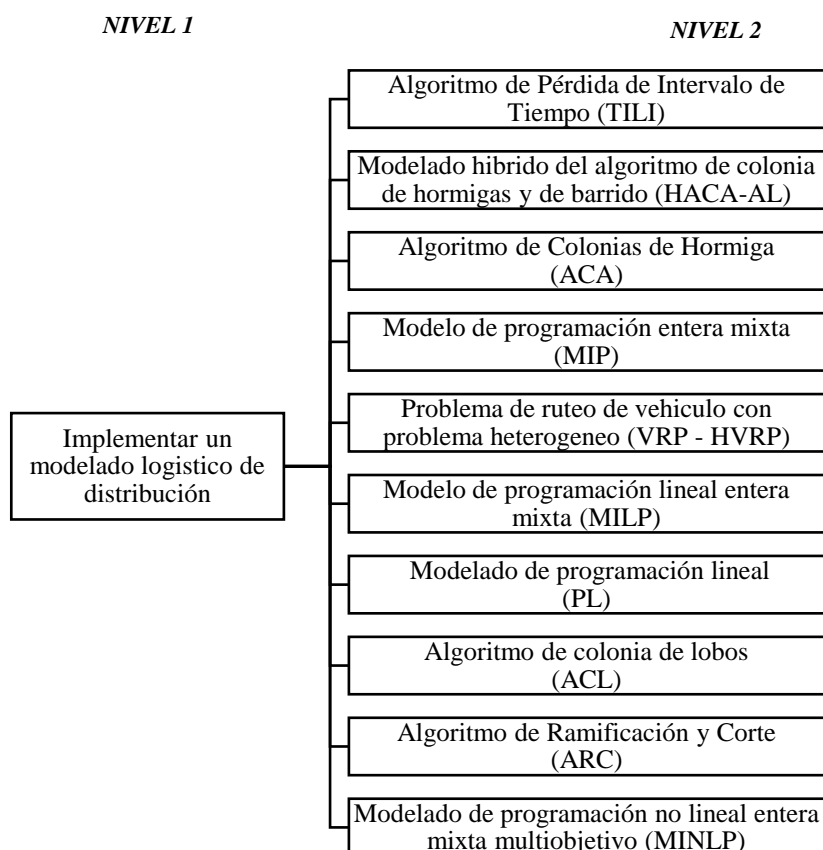
**Figura 4.** Soluciones aplicadas en los artículos



*Nota:* Elaborado por autor

Se presentan los modelos utilizados en las investigaciones realizadas por los autores descritos en la revisión integradora de la literatura con prisma ilustrado en la figura 5, mediante el proceso jerárquico analítico (AHP), donde el nivel 1 se encuentra la implementación de un modelo logístico de distribución y en el nivel 2 están las herramientas que utilizaron como solución de la cadena de distribución.

**Figura 5.** Herramientas que utilizan los modelados logísticos de distribución



*Nota:* Elaborado por autor

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la aplicación del (AHP) mediante una matriz de ponderación  $z$  (Anexo A), los resultados demostraron que la programación lineal (PL) es la herramienta que ocupa el primer lugar con una ponderación de 0,3586, seguida por el modelo de programación lineal entera mixta (MILP) con una ponderación de 0,2128 y, en tercer lugar, el modelo de programación entera mixta (MIP) con una ponderación de 0,1415. Esta herramienta se considera óptima para el modelo de la red de distribución, ya que permite optimizar la ubicación de los centros de distribución, los tipos y cantidad de vehículos a utilizar, y las rutas de transporte. La relación de consistencia (CR) obtenida fue de 0.097, menor que el valor de 0.1 recomendado por el método. Esto valida la evaluación de los resultados y los califica como consistentes. Por lo tanto, se determina el modelo logístico PL como la solución de esta investigación, ya que proporciona una solución óptima al problema de redes de distribución con transbordo.

**Tabla 4.** Matriz de ponderación (AHP)

Herramientas	Matriz Normalizada											Ponderación	CR
<b>TILI</b>	0,026	0,013	0,012	0,016	0,018	0,045	0,031	0,012	0,055	0,010		<b>0,0201</b>	<b>0,097</b>
<b>HACA-AL</b>	0,078	0,040	0,018	0,026	0,070	0,058	0,043	0,070	0,055	0,010		<b>0,0405</b>	
<b>ACA</b>	0,078	0,081	0,036	0,020	0,018	0,045	0,031	0,070	0,055	0,017		<b>0,0405</b>	
<b>MIP</b>	0,130	0,121	0,144	0,079	0,140	0,058	0,072	0,105	0,192	0,257		<b>0,1415</b>	
<b>VRP- HVRP</b>	0,052	0,020	0,072	0,020	0,035	0,045	0,043	0,070	0,014	0,013		<b>0,0354</b>	
<b>PL</b>	0,234	0,282	0,323	0,551	0,316	0,403	0,433	0,314	0,247	0,360		<b>0,3586</b>	
<b>MILP</b>	0,182	0,201	0,251	0,236	0,175	0,201	0,216	0,174	0,137	0,257		<b>0,2128</b>	
<b>ACL</b>	0,078	0,020	0,018	0,026	0,018	0,045	0,043	0,035	0,082	0,013		<b>0,0321</b>	
<b>ARC</b>	0,013	0,020	0,018	0,011	0,070	0,045	0,043	0,012	0,027	0,010		<b>0,0235</b>	
<b>MINLP</b>	0,130	0,201	0,108	0,016	0,140	0,058	0,043	0,140	0,137	0,051		<b>0,0950</b>	

*Nota:* Elaborado por autor

### 1.2.1. Discusión del estado del arte

La revisión integradora de la literatura, mediante las 5 fases expuestas en el artículo de Duarte et al., (2023), permitió sintetizar de forma sistemática y organizada los artículos relacionados con las variables “modelo logístico” y “cadena de distribución” definidas en esta investigación. Los 30 artículos seleccionados

fueron presentados en el estado del arte (tabla 3), donde se detallan los modelados de solución aplicados para la optimización del proceso logístico de una red de distribución, así como los métodos, técnicas e instrumentos aplicada en cada caso estudiado.

Basado en la revisión y análisis de la literatura científica relacionada con modelos matemáticos aplicados a redes de distribución logística, el enfoque del proceso de jerarquía analítica (AHP) permitió una evaluación estructurada y sistemática de las 10 alternativas de solución, integrando factores claves como la sostenibilidad en el proceso de toma de decisiones, de esta manera, se logró identificar, con una ponderación de 0,3586, al modelo de programación lineal (PL) como el modelo apropiado para abordar la problemática de la red de distribución, esto en conexión con los objetivos de desempeño y sostenibilidad definidos para el estudio.

En el primer caso realizado por Wang et al., (2021), se destacaron la importancia de la estructura logística en el funcionamiento óptimo de la red de distribución, utilizando el método mejorado TILI para optimizar la operación, considerando las restricciones como la ventana de tiempo, lo que permitió una reconfiguración efectiva y una mejora del proceso de distribución en un 15%. Mientras que, en el segundo caso presentado por Andrade-Mahecha & Massy-Sanchez, (2019), se enfocó en la mejora específica de la logística de distribución de gas, donde se implementa un modelo de PL para la red de transporte, se hizo énfasis en la consideración de las restricciones de la demanda para minimizar los costos de distribución de gas, lo que resultó en la minimización de los costos totales de distribución del 12%.

Ambos enfoques presentaron estrategias específicas en base a modelos y con la simulación en software, para mejorar el proceso en la distribución logística, uno centrado en la estructura general de la red de distribución y el otro enfocado en un sector particular como el transporte de gas, ambos casos demostraron la importancia de la planificación y optimización en la cadena de distribución con el fin de reducir costos y mejorar la operatividad.

De acuerdo con la información presentada en la tabla 3, donde se detallaron los modelos aplicados para la solución de la red de distribución, los artículos publicados por los autores (Andrade-Mahecha & Massy-Sanchez, 2019; Flores-Tapia & Flores-Cevallos, 2021; Pucha-Medina et al., 2023; Villamarín-Padilla et al., 2019), permitieron fundamentar que la aplicación del modelo de programación lineal benefició a la gestión logística en la cadena de distribución, debido a su capacidad para optimizar la toma de decisiones y planificación de la producción, al emplear modelos matemáticos como la programación lineal, se pudieron resolver problemas complejos de asignación de rutas de distribución de manera eficiente, esto permitió minimizar costos, mejorar la operatividad en la cadena de distribución, además, la programación lineal proporcionó una base sólida para la toma de decisiones estratégicas al considerar múltiples variables y restricciones, lo que resulta en una gestión logística más efectiva y rentable.

### **1.2.2. Modelo logístico**

Distintos autores han propuesto el uso de modelado simple y combinado, con la finalidad de reducir los costos de distribución y, a su vez, aumentar la rentabilidad de las empresas o instituciones los cuales son detallados a continuación:

Según Zapata-Cortes et al., (2020) la evolución en los procesos implicados en la distribución de productos, incrementó por las nuevas herramientas logísticas utilizadas por las empresas, provocando entornos con mayor competitividad, es por eso que se consideró trascendental desarrollar e implementar nuevas herramientas logísticas que permitieran satisfacer al cliente con un buen margen de utilidad, mejorando el servicio y disminuir los costos que impliquen en el proceso de distribución de la mercadería. Una logística mal implementada afecta directamente el servicio brindado, en los costos de los productos, el deterioro o pérdida total del mismo, rutas de distribución prolongadas, horas de entrega incumplidas entre otras, provocando un incremento en los costos totales del producto.

En la investigación de Cuervo-Cruz et al., (2022) expresaron que los modelos logísticos estocásticos al no ser determinísticos, estos incorporan variables aleatorias para figurar la variabilidad en la aplicación de un modelo matemático, se puede clasificar como modelo de inventario, de localización y de ruteo, mismo que según

las variables del modelo pueden vincular como modelos tríadicos o diádicos. Expuesto lo anterior en la tabla 5 se presenta la taxonomía de los modelos estocásticos.

*Tabla 5. Taxonomía de los modelos logísticos estocásticos*

<b>Conjunto</b>	<b>Modelo</b>
<b>Diádico</b>	Localización- Inventario (LIP)
	Localización-Ruteo (RIP)
	Inventario-Ruteo (IRP)
	Localización-Ruteo (LRP)
<b>Tríadico</b>	Localización-Inventario-Ruteo (LIRP)

*Nota:* Elaborado por autor en base a (Cuervo-Cruz et al., 2022)

Donde; L corresponde a localización, R: ruteo, I: inventario y P: problema.

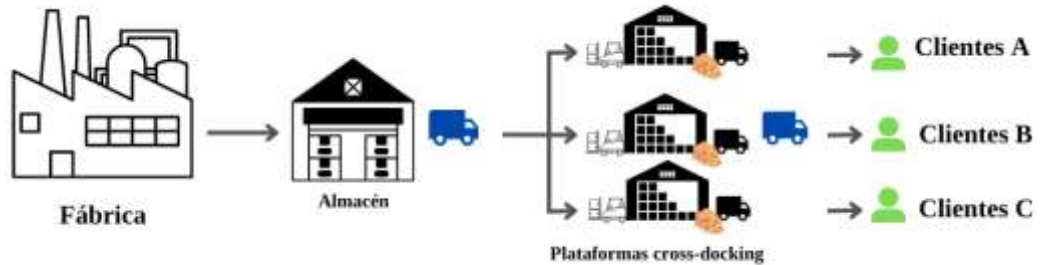
Los modelos estocásticos son utilizados cuando los datos implicados son aleatorios, con relación al tiempo de entrega de mercancías en grandes ciudades o rutas extensas donde, es complejo tener tiempos exactos y de manera constante.

En la investigación Cabrales-Navarro et al., (2023), detallaron que el problema de localización y ruteo tiene como enfoque la minimización de los costos totales de la cadena de distribución. No obstante, en el contexto de la gestión de la cadena de suministro, donde la tendencia se inclinó por las prácticas sostenibles, la mayoría de las decisiones consideradas incidieron en la optimización simultánea de varios objetivos, mismos que incluían perspectivas económicas, sociales y ambientales, expuesto lo anterior, convirtió al problema en un modelo de optimización multiobjetivo, dicho modelo busca determinar la localización óptima de las instalaciones, la distribución estratégica de las rutas de entrega, además de optimizar diversos objetivos.

Para Battarra et al., (2022) una red de distribución cross-docking es adecuada para la entrega de productos perecederos que requieren llegar a los clientes finales en un periodo de tiempo muy prolongado, este artículo propuso un modelo MILP para una red de distribución cross-docking con terminales múltiples, para potencializar la ubicación del almacén optimizando el tiempo de descarga y carga, y su vez asignar

las rutas y capacidad d carga por vehículo minimizando los tiempos y costos de transporte, figura 6.

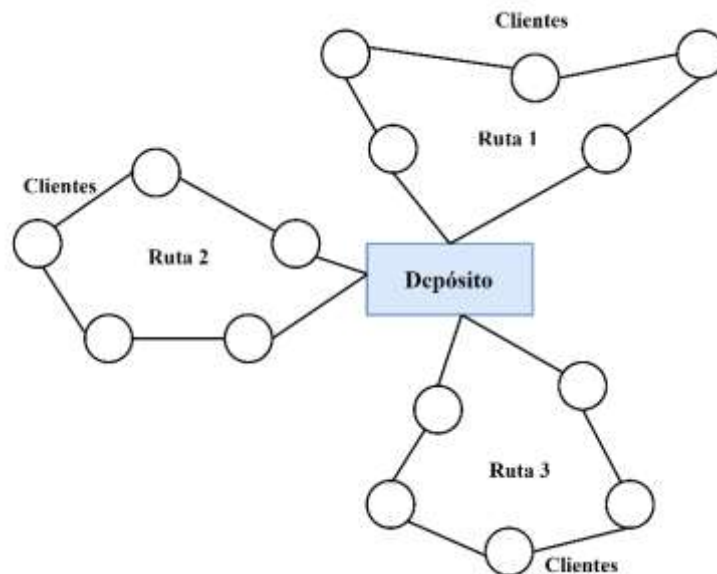
*Figura 6. Modelo logístico cross-docking*



*Nota: Elaborado por autor*

La investigación de Zapata-Cortes et al., (2020) detallaron que, el problema de ruteo de vehículos (VRP) se puede definir como el problema del diseño de rutas que recorren un conjunto de nodos, cumpliendo con una serie de restricciones, buscando maximizar o minimizar una determinada función objetivo como se puede observar en la figura 7.

*Figura 7. Esquema del VRP*



*Nota: elaborado por autor*

El VRP es uno de los modelos de planificación de rutas con más trascendencia en el medio logístico y por ende es uno de los más estudiados, ya que comprende un gran número de variantes, y puede ser aplicado en problemas de transporte y la distribución de mercancías, varios de los modelos complejos son

utilizados para los procesos de distribución, por lo consiguiente el VRP tiene variaciones acordes al caso en estudio, las cuales están detalladas en la tabla 6.

**Tabla 6.** Variaciones de un VRP

Variaciones consideradas para aplicar VRP
Múltiples vehículos con diferentes capacidades
Ventanas de tiempo
Tipo de flota
Múltiples almacenes
Embarque y descarga
Enfoques dinámicos
Tipo de mercadería

*Nota:* Elaborado por autor

Rodríguez-Vásquez, (2020) en su investigación empleó un modelado matemático (VRPTW), heterogéneo de ruteo vehículos considerando las restricciones de ventanas de tiempo, su capacidad, con flota heterogénea y múltiples depósitos, para minimizar los costos de transporte de una empresa de mensajería, donde se utilizó un algoritmo híbrido de optimización mediante el algoritmo de colonias de hormiga y el algoritmo de barrido, las ecuaciones utilizadas fueron las siguientes:

**Sujeto a:**

$$\text{Min } Z = \sum_{k,l \in T} \sum_{(i,j) \in A} C_k^l t_{ij} X_{ijk}^l + F_k^l Y_k^l \quad (1)$$

$$\sum_{k,l \in T} \sum_{j \in N} X_{jk}^l = 1; \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{d \in V_d} \sum_{j \in N} X_{djk}^l \leq; \forall k, l \in T \quad (3)$$

$$\sum_{d \in V_d} \sum_{i \in N} X_{iak}^l \leq 1; \forall k, l \in T \quad (4)$$

**Dónde:**

La ecuación (1) es la función objetivo que pretende optimizar los costos de visitar a los clientes incluyendo los costos variables relacionados con el tiempo

utilizado por los vehículos, la ecuación (2) es una restricción que asigna a cada cliente una ruta de vehículo, las ecuaciones (3) y (4) son restricciones que limitan el número de rutas por vehículo.

Aplicando este modelo matemático se obtuvo la reducción de vehículos utilizados, con una reducción del 4.5% en los costos fijos disminuyendo, utilizar algoritmos híbridos permite dar soluciones reales a los problemas de ruteo de las empresas.

Andrade-Mahecha & Massy-Sanchez, (2019) en la investigación aplicaron un modelo matemático de programación lineal, para desarrollar la simulación de la operación futura de una red de transporte con incidencia en la minimización de costos operativos. La aplicación de la ecuación a describirse permitió proyectar los costos agregados de su operación, tarifas asociadas, además el nivel del desabastecimiento:

$$Min \{OC_t\}$$

$$OC_t = -P_r * \sum_{d=1}^D (D_{d,t} - \delta_{d,t}) + \sum_{s=1}^S (pS_{s,t} * \delta_{s,t}) + \sum_{l=1}^L (pT_{l,t} * |f_{l,t}|)$$

**Dónde:**

$OC_T$ : Costo total de operación del sistema en el período  $t$ ;

$pR$ : Costo de escasez por unidad de caudal;

$D_{d,t}$ : Demanda requerida en el nodo durante el período  $t$ ;

$\delta_{s,t}$ : Oferta ofertada en el nodo  $s$  durante el período  $t$ ;

$D$ : Conjunto de nodos de demanda;

$pS_{s,t}$ : Costo de suministro en boca de pozo en el nodo de suministros durante el período  $t$ ;

$\sigma_{s,t}$ : Oferta en el nodo  $s$  durante el período  $t$ ;

$S$ : Conjunto de nodos de oferta;

$pT_{l,t}$ : Costo de transporte en el tramo  $l$  durante el período  $t$ ;

$f_{l,t}$ : Caudal en la sección  $l$  durante el período  $t$ ;

$L$ : Conjunto de tramo de transporte de gas natural;

En el artículo de Ambrosino & Sciomachen, (2021) Propusieron como solución al problema de transbordo un modelo de Programación Lineal Entera Mixta (MILP), que busca minimizar los costos asociados a la ubicación del centro de distribución y los costos de transporte, este modelo considera todos los costos externos, como el tráfico vehicular, teniendo en cuenta el factor tiempo y los posibles accidentes automovilísticos.

### 1.2.3. Cadena de distribución

La logística de transporte se puede clasificar en actividades internas, que incluyen el traslado de insumos y materias primas, así como el movimiento de productos hacia los puntos de almacenamiento, mientras que las actividades externas afectan los procesos de distribución y entrega de mercancías a los puntos de distribución de la empresa.

Govindan et al., (2021) detallaron que la minimización o aumento de los costos de la cadena de distribución dependen del valor total de transporte, el cual se definió de los costos fijos y costos variables. Dentro del sistema los costos fijos tienen poca prioridad, mencionando a seguros, salarios, amortizaciones y depreciación. Mientras que, los costos variables resultan elevar los costos de distribución debido al pago de peajes, combustible y los impuestos de peso/kilometraje.

En su investigación Truden et al., (2022) para el problema de ruteo de vehículos con ventana de tiempo única (VRPTW) propusieron un algoritmo de programación lineal entera mixta (MILP) con el objetivo de maximizar la capacidad de cada vehículo y minimizar los costos implicados en la cadena de distribución:

**Sujeto a:**

$$e_{aj+1} = \max\{B_{w(a_{j+1})}, e_{aj} + s(a_j) + t(a_j, a_{j+1})\}, j \in [n - 1]_0 \quad (1)$$

$$l_{aj+1} = \min\{E_{w(a_{j+1})}, l_{aj} - t(a_{j-1}, a_j) - s(a_{j-1})\}, j \in [n]/\{1\} \quad (2)$$

**Restricciones:**

$$e_{ai} \leq E_{w(i)}, i \in [n] \quad \text{TFEAS (3)}$$

$$\sum_{i \in [n]} c(i) \leq C_a \quad \text{CFEAS (4)}$$

La ecuación (1) es la función objetivo que establece la capacidad máxima de los camiones mientras la ecuación (2) minimiza los costos de distribución de los camiones relacionado con el tiempo variable de cada camión, la ecuación (3) garantiza que los tiempos de llegada de cada camión estén dentro de las ventanas de tiempo correspondiente y la ecuación (4) garantiza que la capacidad de la función objetivo no se exceda.

Zapata-Cortes et al., (2020) describieron en su investigación que para reducir los costos y generar mayor eficiencia en el proceso de distribución es necesario proponer esquemas que ayuden a la utilización de los recursos del proceso de traslado, entre ellas se puede mencionar:

- Definición de estrategias de transporte y costos asociados.
- Evaluación del tipo y modo de transporte a usar.
- Planificación de la secuencia de ruta.
- Adopción de tecnologías para el monitoreo de las rutas.

Dou et al., (2020) presentaron en su investigación un algoritmo híbrido para la localización de centros de distribución logística para productos alimenticios con una cadena de frío, priorizando la minimización de costos. Al combinar un modelo matemático ACL, permitiendo acelerar la convergencia de los datos logrando una solución eficiente y robusta.

Dong et al., (2022) en su investigación propusieron la optimización simultánea del inventario y transporte agrícola utilizando un algoritmo de decisión de rutas ACA, para minimizar los costos totales de distribución y, a su vez logrando una mejora en la eficiencia logística, mediante un retroalimentación positiva y negativa.

Flores-Tapia & Flores-Cevallos, (2021) indicaron que los costos asociados al transporte, que incluyeron actividades como la carga, descarga y manipulación de productos, representaron un porcentaje significativo del costo total de un producto terminado, oscilando entre el 18% y el 20%, estos costos constituyen la mitad de los gastos totales de la cadena de distribución en una organización, tabla 7.

*Tabla 7. Costos logísticos en una organización*

<b>Costos de la cadena de distribución en una organización:</b>
Repartos erróneos.
Visita de entrega de dos a tres veces el mismo lugar de destino.
Generación de franjas de tiempo de atención a clientes
Envíos a zonas lejanas
Generación de traumatismo en el tráfico debido a la carga y descarga de producto.
Poca coordinación de agentes de distribución.

*Nota: Elaborado por autor*

#### **1.2.4. Modelo logístico y cadena de distribución**

El modelo logístico permite gestionar y organizar la distribución logística de un producto mediante la aplicación de un modelo matemático, combinado o híbrido para tener una cadena de distribución óptima dentro de una empresa, la distribución logística comprende variables importantes y, según sea el caso se pueden maximizar o minimizar, tales son la optimización de rutas eliminando las rutas superfluas, planificación de envíos de mercadería, minimización de tiempos de entrega, cálculos de la capacidad de carga por camión, programación de vehículos para la distribución en pequeña o gran escala, entre otras, con el fin de minimizar los costos que implican en una cadena de distribución, y a su vez lograr una operación eficiente y de bajo costo mediante un modelo de distribución logístico (He Dan, 2022).

### **1.3. Fundamentos teóricos**

**Modelos matemáticos:** Permite simplificar fenómenos intrincados y analizarlos de manera rigurosa; al basarse en datos y evidencia concreta, el modelado matemático facilita la toma de decisiones informadas y optimizadas, convirtiéndolo en un pilar fundamental para el desarrollo de soluciones ingenieriles eficaces (Ogata, 2010)

**Programación lineal:** modelado matemático, aplicado en diversas áreas de estudio, con el objetivo de encontrar una solución a un problema logístico, permitiendo minimizar tiempo y costos de distribución (Vilén & Ahlgren, 2023).

**Transporte:** La selección del transporte adecuado para el traslado de los productos desde su planta hacia su destino tiene como principal objetivo minimizar los tiempos de transporte, así como también la programación de rutas estratégicas y los costos de distribución (Henríquez-Fuentes & Cardona, 2018).

**Transbordo:** Componente crucial dentro de la logística y distribución en la cadena de suministro, asegura el movimiento eficiente de productos terminados de un punto a otro (Basseey-Nyong & Chiabom-Zelibe, 2022).

**Costos de distribución:** Representa los desembolsos relacionados con el traslado del producto, esta acción es habitual entre las empresas distribuidoras, tanto minoristas como de mayor tamaño, las empresas industriales, en cambio, la consideran un costo complementario a sus actividades principales (Schroeder et al., 2011).

**Frecuencia de distribución:** Es una medida estadística que indica las veces que un flujo de productos es vendido o distribuido en un determinado periodo de tiempo, dentro de un rango preestablecido (Mora-García, 2019).

**Método heurístico:** Estos métodos se caracterizan por una exploración acotada del espacio de búsqueda, lo que les permite obtener soluciones satisfactorias en tiempos de cálculo moderados (Toth & Vigo, 2002).

**Logística de distribución:** La logística de distribución se encarga de optimizar el flujo de productos desde el proveedor hasta el cliente final, reduciendo costos y mejorando el rendimiento (López-Parada, 2020).

**Gestión logística:** Es la encargada de optimizar la entrega de productos o servicios desde su origen hasta el consumidor final, asegurando un servicio eficiente y adaptado a las necesidades del mercado (Aguilar-Henao, 2017).

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Enfoque de investigación

La metodología de investigación se estableció en base al estado del arte (Capítulo I), basado en la obtención de artículos científicos referente a los modelos logísticos de distribución, donde se evidenció la aplicación de un modelo de programación lineal (PL) en la empresa Lácteos San Isidro S.A., en el Cantón Sucre – Ecuador. Por lo cual, en base a los diversos métodos, enfoques y estrategias se determinó que el avance del estudio se efectuó mediante un enfoque cuantitativo con la finalidad de un alcance (descriptivo y correlacional).

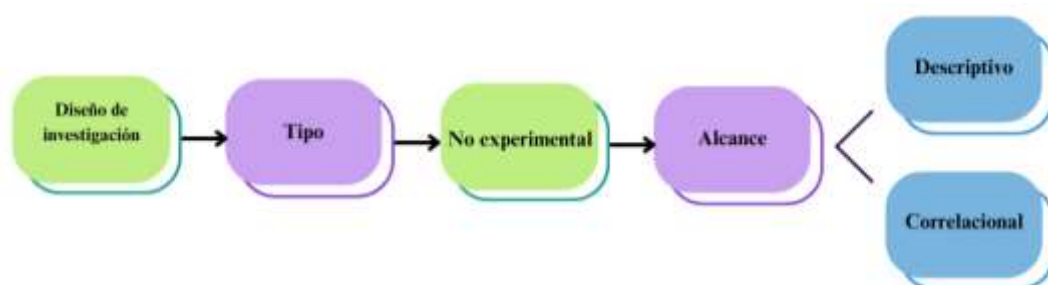
#### 2.2. Diseño de investigación

La investigación se orientó en un enfoque cuantitativo con diseño no experimental transversal (figura 8), debido a que dentro del estudio efectuado a la empresa Lácteos San Isidro S.A. se recolectó información en tiempo determinado sin manipular deliberadamente las variables y sin intervenir en el ambiente de desarrollo.

**Investigación descriptiva:** Hernández Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) detallaron que la investigación es descriptiva ya que se puede describir y analizar las situaciones o contextos bajo estudio. Es decir, pudo medir o recabar información con relación a las variables en estudio (modelo logístico y cadena de distribución), de manera independiente con el fin de tener una apreciación del tema con argumentos comprobados.

**Investigación correlacional:** La investigación fue correlacional al asociar las dos variables de estudio “modelo logístico” y “cadena de distribución” mediante patrones para un grupo o población, para posteriormente determinar su relación mediante la operacionalización de las variables.

*Figura 8. Diseño de la investigación*

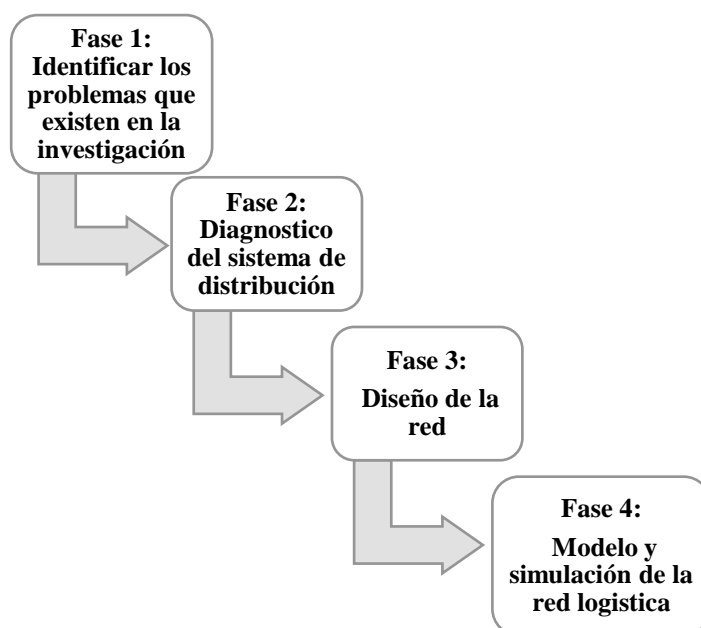


*Nota:* elaborado por autor basado en (Hernández Sampieri & Mendoza-Torres, 2018)

### 2.3. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico de la presente investigación se basó en el artículo de (Pucha-Medina et al., 2023), el cual detalló los pasos para el diseño de una red de distribución de productos con transbordo, constando de 4 fases que detallan la solución al problema de la cadena de distribución del producto lácteo (queso), como se muestra en la figura 9.

*Figura 9. Metodología de la red de distribución*



*Nota:* Elaborado por autor

**Fase 1:** Se identificaron los problemas existentes en la empresa Lácteos San Isidro S.A., mediante la realización de la entrevista al gerente general y con una encuesta dirigida al personal administrativo y operativo, donde se formularon preguntas necesarias para el conocimiento de la problemática de la empresa (sección 3.2.1 y sección 3.2.3).

**Fase 2:** El análisis de los resultados de la fase 1 permitió diagnosticar la situación actual del sistema de distribución de la empresa Lácteos San Isidro S.A. Se obtuvo información sobre los costos de transbordo del producto, lo que evidenció la importancia de implementar un modelo logístico de cadena de suministro para reducir estos costos (sección 3.3, fase 2).

**Fase 3:** El diseño del modelo de cadena de distribución se basó en las variables involucradas, como los costos de distribución, la demanda y los nodos de transporte. Este proceso se fundamenta en el estudio de los modelos logísticos existentes y la selección del modelo matemático adecuado (sección 3.3, fase 3).

**Fase 4:** El modelado de transbordo de programación lineal entera mixta se diseñó en base a fórmulas y la función objetivo obtenidas en las investigaciones revisadas en el estado del arte. Esta información permitió establecer el modelo que se utilizó para el desarrollo de la investigación, el cual se presenta en la sección (sección 3.3, fase 4).

#### 2.4. Censo

El censo es un procedimiento de investigación diseñado para estudiar todos los elementos de una población, surgió a partir de los recuentos realizados por provincias para determinar su población. Obtener información de una pequeña o gran cantidad de personas implica consideraciones en diseño, técnicas, metodológicas, presentación y análisis, que son importantes al planificar un censo (Del Cid et al., 2011).

Para el trabajo de investigación, se utilizó una muestra de tipo censal dirigida al personal administrativo y operativo de la empresa Lácteos San Isidro S.A, ubicada en el Cantón Sucre, Provincia de Manabí. La muestra estuvo compuesta por 6 personas del área administrativa, 10 de producción y 9 del departamento de despacho, dando un total de 25 personas censadas, como se indica en la tabla 8.

*Tabla 8. Población del censo*

Áreas de la empresa Lácteos San Isidro S. A	Personal de áreas	Porcentaje de contribución
Administrativa	6	24%
Producción	10	40%
Despacho	9	36%
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>

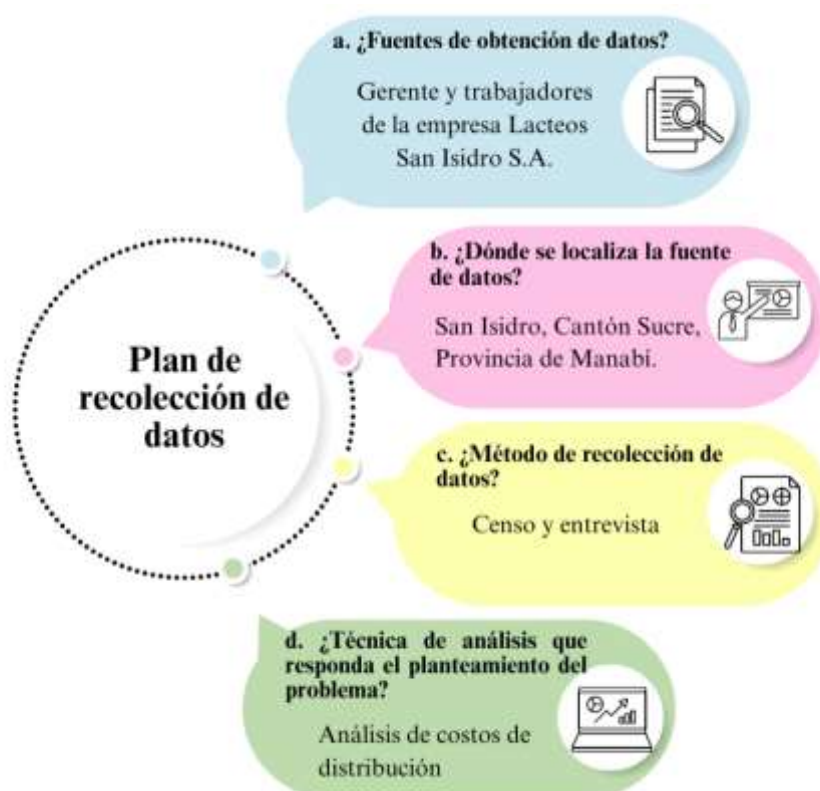
*Nota: Elaborado por autor*

## 2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

### 2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) detallaron que, la aplicación de instrumentos de medición y la recopilación de datos representan una oportunidad para vincular el trabajo del proceso conceptual con la planificación de hechos concretos. La recolección de datos se requiere de la elaboración de un plan detallado que guíe la obtención de la información deseada, mismo que se detalla en la figura 10.

*Figura 10. Plan de recolección de datos*



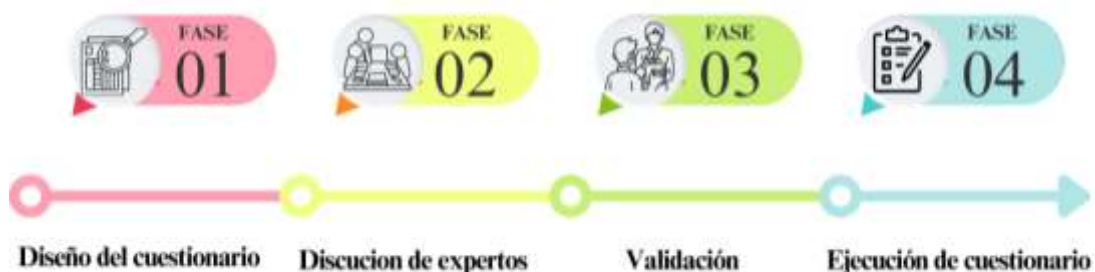
*Nota: Elaborado por autor basado de (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018)*

### 2.5.2. Técnica de recolección de los datos

Como técnica aplicada para la recolección de datos, se desarrollaron la encuesta y entrevista para el levantamiento de información, las cuales fueron validadas mediante el método Delphi, utilizado por su manera sistematizada para recabar y medir la información calificada mediante un colectivo de expertos/profesionales, con el propósito de otorgar una evaluación objetiva por

medio de consultas reiteradas frente a una temática. Se aplicó en la fase 2 del plan de evaluación metodológico en el marco de resultado, basado en las 4 fases determinada por (López-Gómez, 2018), como se detalla en la figura 11.

*Figura 11. Fases del método Delphi*



*Nota:* Elaborado por autor basado en (López-Gómez, 2018)

### **2.5.3. Instrumento de recolección de los datos**

Hernández-Sampieri et al., (2018) resaltaron la importancia de incluir un proceso de validez y confiabilidad en toda medición o instrumento de recolección de datos; siendo esto contrario, los resultados de la investigación no se torna un estudio de valor.

Con el propósito de recabar datos, se efectuó el censo a al personal administrativo y operativo de la empresa Lácteos San Isidro S.A. y la entrevista al gerente general de la institución para la recolección de datos, aplicando un cuestionario en base a la variable independiente (modelo logístico) y la variable dependiente (cadena de distribución), los datos obtenidos fueron ingresados en el software IBM SPSS Statistics para el análisis correspondiente, cuyo objetivo fue de comprobar la validez de un modelo logístico de redes de distribución.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics, bajo una licencia estudiantil vigente hasta el 19 de junio de 2024, mediante esta herramienta se efectuó el análisis de la tabulación de datos de la encuesta para la fiabilidad y validez del instrumento mediante el coeficiente de Alfa de Cronbach, así como también el análisis de la correlación significativa de las variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson (anexo B).

## **Cuestionario**

El cuestionario fue dirigido al personal administrativo y operativo de la empresa Lácteos San Isidro S.A., Cantón Sucre, Provincia de Manabí, empleando 12 preguntas cerradas para la valoración del proceso de distribución, con la finalidad de la obtención de información referente a la oferta, demanda y los costos de distribución, correspondientes a sus rutas de distribución, así también, permitió recabar información relevante para el desarrollo de la investigación (anexo C).

## **Guía de la entrevista**

La entrevista fue dirigida al Dr. Juan Lucas Saldarriaga, gerente general de la empresa Lácteos San Isidro S.A., empleando preguntas 10 abiertas con el objetivo de conocer cómo se lleva a cabo el proceso logístico con enfoque en la distribución de sus quesos (anexo D).

La guía de entrevista tuvo la finalidad de obtener información del sistema de distribución empleado actualmente, permitiendo recabar una referencia real y detallada del entrevistado; se consideró temas centrales con respuestas abiertas, permitiendo al entrevistado expresar libremente la problemática de los costos de traslado que maneja la empresa.

## **2.6. Variables del estudio**

Las variables de estudio son una característica cuya variación puede adoptar valores si forman parte de una hipótesis o teoría, y a su vez medirse u observarse. La variable independiente se diferencia por ser un factor experimental que no se puede controlar, es decir, no es dependiente de otras variables en estudio; mientras que la variable dependiente es mensurable, se puede controlar científicamente y depende de los cambios que efectuó la variable independiente (Rodríguez-Rodríguez et al., 2021)

Considerando la conceptualización de las variables de investigación cuantitativa se exteriorizó la caracterización de las variables independiente y dependiente:

- **Variable independiente (VI):** Modelo logístico
- **Variable dependiente (VD):** Cadena de distribución

## 2.7. Operacionalización de las variables

Según, Rodríguez-Rodríguez et al., (2021), la operacionalización es una permutación del estudio de las variables que va desde lo indeterminado hacia lo preciso, A través de diversas técnicas, se definieron los indicadores que permitieron medir las variables de estudio. En la Tabla 9 se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente, detallando el conjunto de técnicas e instrumentos utilizados para el análisis de datos, en relación con los indicadores del modelo en cuestión.

*Tabla 9. Operacionalización de las variables*

Variable independiente	Definición	Categoría	Indicadores	Técnica e instrumento
<b>Modelo logístico</b>	Fundamento relacionado directamente con productos finales a transportar para una disposición eficaz al cliente (Martínez-Bernal et al., 2020).	Estrategia	Gestión de la distribución	Encuesta Entrevista
			Mejora logística	
			Gestión logística	
			Beneficio	
Variable independiente	Definición	Categoría	Indicadores	Técnica e instrumento
<b>Cadena de distribución</b>	Diseño del mecanismo para transportar mercancías desde los puntos de elaboración al consumidor (Guardiola et al., 2023)	Distribución	Capacidad de carga	Encuesta Entrevista
			Costo de transporte	
			Puntos de distribución	
			Frecuencia de distribución	

*Nota: Elaborado por autor*

## 2.8. Procedimiento para la recolección de los datos

El procedimiento para la recolección de los datos implicó el desarrollo de un análisis, la sistematización y reorganización lógica de los resultados obtenidos a través de técnicas de recolección de datos utilizados (Figueredo-Figueredo et al., 2019). En la tabla 10 se detalla el plan utilizado para efectuar el procedimiento de recolección de datos en la empresa Lácteos San Isidro SA. Este plan se divide en dos etapas: la primera etapa se centró en el procesamiento de los datos obtenidos, mientras que la segunda etapa se basó en la presentación de los datos de la situación actual de la red de distribución de la empresa.

**Tabla 10. Procedimiento para la recolección de datos**

N°	Plan	Procedimiento
1	Procesamiento de datos	1. Presentación de la información recolectada.
		2. Compilación de la información recolectada.
		3. Tabulación de la información obtenida.
2	Presentación de datos	1. Presentación escrita de los resultados obtenidos mediante la aplicación los instrumentos de recolección de datos.
		2. Presentación de la información obtenida mediante herramientas sistematizadas.
		3. Presentación grafica cuantificada de los resultados.

*Nota:* Elaborado por autor en base a (Figueredo-Figueredo et al., 2019)

## 2.9. Plan de análisis e interpretación de los datos

En la tabla 11, se detalla el plan de análisis e interpretación de resultados de la investigación, ratificando el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos en la investigación. Para alcanzar el primer objetivo se detalló mediante un plan de distinción las actividades que conlleva el cumplimiento de una revisión bibliográfica de las variables: modelo logístico y cadena de distribución, mediante la ILR para la conceptualización de las variables.

Posteriormente, para el cumplimiento del segundo objetivo se estableció el procedimiento metodológico para la red de distribución, con referencia a la metodología determinada por el estado del arte, proporcionado el diseño de la investigación, las técnicas, métodos e instrumentos, en base a información de libros de la metodología de la investigación.

El cumplimiento del tercer objetivo incidió en la ejecución del procedimiento metodológico para la obtención de los datos e información de la empresa Lácteos San Isidro S.A., validado por los expertos mediante el método Delphi, y posteriormente se realizó la interpretación y análisis de resultados de la encuesta y entrevista mediante el uso del software IMB SPSS Statistics, que permitió verificar la viabilidad y fiabilidad por medio de coeficiente de alfa de Cronbach.

**Tabla 11.** Plan de análisis e interpretación de resultados

Objetivo	Actividad	Instrumentos	Resultados esperados
1. Realizar un análisis bibliográfico, a partir de una revisión integradora de la literatura para el sustento de la relación entre las variables modelo logístico y cadena de distribución.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de literatura científica.</li> <li>2. Estudio de los modelos logísticos.</li> </ol>	1. Revisión integradora de la literatura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Artículos científicos que sustenten la relación entre la variable independiente y dependiente en estudio.</li> <li>2. Identificación de las herramientas aplicables en el estudio.</li> </ol>
2. Establecer un marco metodológico, a través de estudios enfocados en los modelos logísticos con incidencia en la distribución de productos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecimiento del diseño y enfoque de la investigación.</li> <li>2. Elección de los instrumentos para la recolección de datos.</li> <li>3. Ejecución de la encuesta y entrevista para la obtención de los datos de la empresa Lácteos San Isidro SA.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Censo</li> <li>2. Entrevista</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instrumentos para la recolección de información.</li> <li>2. Validación del instrumento.</li> </ol>
3. Demostrar un modelo logístico de distribución, que permita la minimización de los costos en la empresa Lácteos San Isidro S.A.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejecución de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos</li> <li>2. Utilización del software IBM SPSS Statistics 25 para la precisión de los datos.</li> <li>3. Análisis de datos y elaboración de la propuesta de mejora para la red de distribución.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Software IBM SPSS Statistics.</li> <li>2. Alfa de Cronbach.</li> <li>3. Lingo 20.0</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentación de datos tabulados.</li> <li>2. Desarrollo del modelo de red de distribución.</li> </ol>

*Nota:* Elaborado por autor

# CAPÍTULO III

## MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Descripción de la empresa

#### 3.1.1. Generalidades

Lácteos San Isidro S.A., fundada el 31 de junio de 2018, está conformada por dos socios mayoritarios, esta empresa se dedica a la recolección, producción y comercialización de productos lácteos y cárnicos, su estructura organizacional se basa en áreas funcionales, entre las que destaca Quesería Alimentos Frescos, que cuenta con un equipo de 23 personas a cargo de la elaboración y distribución exclusiva de tres tipos de quesos: fresco, duro y semiduro, la planta de producción abastece a dos centros de distribución ubicados en las ciudades de Portoviejo y Guayaquil, desde donde se distribuyen los productos a diversos puntos de venta para su consumo final.

El logotipo está segmentado de la siguiente manera, en la parte superior se ubica el logotipo representativo de la empresa, mientras que en la parte inferior se encuentra el logotipo del área de producción y distribución de quesos de la empresa (Figura 12).

*Figura 12. Logo de la empresa Lácteos San Isidro SA*



*Nota: Logotipo emitido por la empresa Lácteos San Isidro S.A.*

**Misión:**

Ser la empresa líder en la producción y distribución de quesos de alta calidad en Ecuador satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes con productos frescos, innovadores y sostenibles provenientes de la rica tradición quesera de la provincia de Manabí.

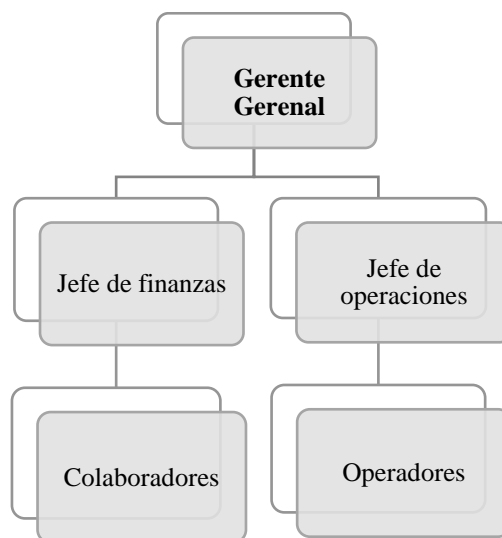
**Visión:**

Consolidar nuestra posición como empresa referente en la industria quesera ecuatoriana expandiendo nuestra presencia a nivel nacional e internacional, ofreciendo productos de excelencia que promuevan una alimentación saludable y contribuyan al bienestar de las comunidades.

**3.1.2. Organización estructural**

El departamento de producción y distribución de quesos “Quesería alimentos frescos” tiene un orden jerárquico, (figura 13), conformado por 25 personas, segmentadas por tres 3 áreas, la administrativa consta de 6 personas, encargadas del análisis, planificación y toma de decisiones en toda la cadena de suministro, el área de producción se encarga de ejecutar el plan logístico de producción de queso en base en la demanda establecida, y el área de despacho se encarga del transbordo del producto terminado en base a la cadena de distribución, con el objetivo de llegar al consumidor final.

*Figura 13. Orden jerárquico de la empresa*



*Nota: Elaborado por autor*

La estructura organizacional del departamento de producción y distribución de quesos “Quesería alimentos frescos” se sustentó mediante cinco criterios determinados por Sinche-Crispín et al. (2022), como es el establecimiento de la identificación organizacional, el modelo de las actividades estructurales, el desdoblamiento de complejidad, el modelo de la distribución de discrecionalidad y el modelo de la estructura organizacional, Estos criterios se aplicaron para establecer una estructura organizacional para el sector lácteo utilizando el método VIPLAN (Planeamiento de la Viabilidad), con el propósito de diseñar una estructura jerárquica para las empresas direccionadas al sector lácteo, eliminando las fallas estructurales que no contribuyan positivamente en la estructura organizacional, permitiendo el establecimiento de cargos directivos que ayuden al control y cumplimiento de las actividades planificadas en la empresa Lácteos San Isidro S.A.

### **3.1.3. Análisis situacional**

La empresa tiene una producción semanal de 63,450 libras de queso, las cuales son almacenadas en dos centros de distribución, el costo de transporte semanal desde la planta hacia los centros de distribución o almacenamiento es de \$317,25 y los costos semanales de distribución desde los centros de distribución hacia las 33 sucursales es de \$1.100,00, dicho proceso se realiza en función a la demanda requerida por cada sucursal; los dos almacenamientos envían el producto hacia las sucursales que lo demandan.

## **3.2. Marco de resultados**

Para la recopilación de datos e información se aplicó las técnicas de censo con 12 preguntas cerradas y la entrevista con 10 preguntas abiertas en la empresa Lácteos San Isidro S.A., en Sucre, Provincia de Manabí, el instrumento utilizado se validó mediante el método Delphi, que está segmentado en cuatro fases descritas, además, se comprobó la validez y confiabilidad de los instrumentos mediante el análisis de los resultados utilizando el software IBM SPSS Statistics.

### 3.2.1. Análisis de resultados de la entrevista

Para obtener la información requerida en la investigación, se entrevistó al Dr. Juan Lucas Saldarriaga, gerente general de la empresa Lácteos San Isidro S.A., localizada en el cantón Sucre, Manabí, con la finalidad de obtener información del sistema de distribución de quesos mediante 10 preguntas abiertas.

La empresa Lácteos San Isidro S.A., dedicada la producción y distribución de quesos, cuenta con dos centros de distribución/almacenamiento el primero en la capital manabita, Portoviejo y el segundo en la ciudad de Guayaquil; para posteriormente ser dirigida los 33 puntos de ventas bajo demanda, como se detalla en la tabla 12.

*Tabla 12. Puntos de venta de los productos*

<b>Provincias</b>	<b>Puntos de vena</b>
<b>Manabí</b>	Manta, Chone, Portoviejo, Paján, Puerto Cayo, Puerto López, Montecristi, Santa Ana, Junín, Calceta, Jama, Pedernales, 24 de Mayo, Jaramijó, Tosagua
<b>Santa Elena</b>	La Libertad, Salinas
<b>Guayas</b>	Guayaquil, Daule, Milagro, Naranjito, Nobol, El Empalme, General Villamil Playas, Posorja
<b>Pichincha</b>	Quito Norte, Centro y Sur
<b>Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	Santo Domingo
<b>Esmeraldas</b>	Esmeraldas
<b>Los Ríos</b>	Quevedo, Vinces

*Nota:* Elaborado por autor.

La empresa Lácteos San Isidro S.A. cuenta con una capacidad de 21,799 litros de leche diarios, utilizados para el proceso de producción de los 3 tipos de quesos, el precio del producto terminado para el consumidor final es de \$2 la libra, como se indica en la tabla 13.

*Tabla 13. Productos de la empresa*

<b>Producto</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio U</b>
<b>Queso Fresco</b>	1 libra	\$2
<b>Queso Duro</b>	1 libra	\$2
<b>Queso Maduro</b>	1 libra	\$2

*Nota:* Elaborado por autor.

La tabla 14, muestra datos referentes información referente a la capacidad de almacenamiento de cada almacén, el precio de comercialización por unidad, con cuántos puntos de ventas o sucursales cuenta la empresa, el número de vehículos que utilizan para la cadena de distribución, así como también las características y capacidad que tienen los vehículos y los costos de transporte generados semanalmente por la empresa.

*Tabla 14. Datos de la empresa*

<b>Almacenes</b>	<b>Producción USD semanal</b>	<b>Capacidad de almacenamiento Semanal</b>	<b>Precio del Producto U</b>
<b>Almacén 1</b>	\$63.450,00	31.725 libras	\$2
<b>Almacén 2</b>	\$63.450,00	31.725 libras	\$2
<b>Puntos de venta</b>	<b>Nº de vehículos</b>	<b>Características de los vehículos</b>	<b>Costos de transporte</b>
<b>33</b>	9 camiones	Cadena de frío, capacidad de 9t	\$1.100,00 semanales

*Nota: Elaborado por el autor basado en técnica de recolección de datos.*

### **3.2.2. Validación del instrumento**

Para la recopilación de datos e información, se aplicó las técnicas de censo a todo el personal administrativo y operativo, también se realizó una entrevista al Dr. Juan Lucas Saldarriaga, gerente general de la empresa Lácteos San Isidro S.A., en Sucre, Provincia de Manabí, con preguntas referentes a los costos y procesos de distribución de quesos, para analizar y determinar el estado actual de la cadena de distribución. El instrumento utilizado se validó mediante el método Delphi (anexo E) que está segmentado en cuatro fases descritas por (López-Gómez, 2018).

#### **Fases del método Delphi:**

##### **Fase 1: Diseño del cuestionario**

Se diseñó el cuestionario con 10 preguntas cerradas, para el análisis de sus procesos realizados en la cadena de distribución, con el propósito de realizar el levantamiento de información del modelo logístico de distribución, el instrumento para la recolección de datos fue validado por expertos.

## Fase 2: Discusión de expertos

La comisión de expertos está conformada por 5 evaluadores que fueron considerados en base al establecimiento de criterios tales como título alcanzado, el cargo que desempeña y el conocimiento en el área de estudio; a continuación, se presentan los expertos seleccionados para la validación del instrumento de recolección de datos:

- Magister Matías Manuel Matías Pillasagua
- Magíster Franklin Enrique Reyes Soriano
- Ing. Marco Vinicio Bermeo García
- Ing. Dina María Loor Salvatierra
- Ing. Francisco Javier García Salvatierra

## Fase 3: Validación del instrumento

La definición y validez del cuestionario se realizaron mediante dos consultas sucesivas, también denominadas rondas de ponderación, que tienen la finalidad de obtener el grado de aceptación del comité de expertos planteados, en la primera ronda se existieron correcciones estructurales y ortográficas, mientras que la segunda ronda se definió y calificó el cuestionario, corroboraron su validez para posteriormente utilizar el instrumento, como se muestra en la tabla 15.

*Tabla 15. Revisión por expertos*

Validez por experto		
N° de expertos	Ronda I	Ronda II
1	X	
2		X
3	X	
4		X
5		X
6		X
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

*Nota: Elaborado por autor.*

En la tabla 16 se muestran los resultados de frecuencia y su porcentaje correspondiente a las dos rondas realizadas a los expertos para el análisis y validación del instrumento para la recolección de datos, teniendo el consenso del grupo de expertos seleccionados.

**Tabla 16.** Análisis de frecuencia de las rondas de validación por expertos

<b>Análisis de frecuencia</b>				
<b>Rondas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia Acumulada</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>I</b>	2	2	0,4	40%
<b>II</b>	3	5	0,6	60%
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Elaborado por autor.

#### **Fase 4: Ejecución de cuestionario**

Mediante la validación realizada anteriormente por los 5 expertos se llevó a cabo el desarrollo de la fase 4, realizando el censo mediante las preguntas del cuestionario (anexo F); para la recolección de datos todo el personal administrativo y operativo de la empresa Lácteos San Isidro S.A.

#### **3.2.3. Análisis de resultados del censo**

Mediante el censo realizado por medio de la encuesta a todo el personal administrativo y operativo de la empresa Lácteos San Isidro S.A., se obtuvieron los resultados tabulados presentados en la tabla 17 y en la tabla 18, los cuales permitieron conocer la situación actual de la empresa y la problemática existente; además, se obtuvieron datos importantes como los costos de distribución semanales, la frecuencia de reparto de los productos y la cantidad de vehículos disponibles para el proceso de distribución, información relevante para el desarrollo del modelo matemático.

**Tabla 17.** Tabulación de los datos obtenidos en el censo

Preguntas	Respuestas			Total
	A	B	C	
P1	Prestación de servicios	Propios	Mixto	
	0	21	4	25
P2	3 vehículos	6 vehículos	8 vehículos	
	23	2	0	25
P3	9 vehículos	10 vehículos	12 vehículos	
	22	2	1	25
P4	2	\$500 - \$1.000	\$1.000 - \$5.000	
	17	8	0	25
P5	\$1.000 - \$ 5.000	\$5.000 - \$10.000	\$10.000 - \$15.000	
	15	10	0	25
P6	13 sucursales	23 sucursales	33 sucursales	
	0	5	20	25
P7	1 vez	3 veces	5 veces	
	6	19	0	25
P9	Retrasos en los tiempos de entrega	Rutas no planificadas	Incremento de costos de transporte	
	11	9	5	25
<b>TOTAL</b>	<b>94</b>	<b>76</b>	<b>30</b>	<b>200</b>

*Nota:* Elaborado por autor.

**Tabla 18.** Tabulación de los datos obtenidos en el censo

PREGUNTAS	Respuestas			Total
	Si	Tal vez	No	
P8	15	10	0	25
P10	14	4	7	25
P11	16	0	9	25
P12	21	4	0	25
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>100</b>

*Nota:* Elaborado por autor.

En la tabla 19 se muestra la matriz de tabulación general de las 12 preguntas realizadas mediante el censo aplicado, donde las 25 personas que estaban consideradas en la planificación para la ejecución del instrumento fueron censadas en su totalidad, esto permite tener datos estadísticos más cercanos a la realidad. La ponderación de los datos permitió realizar un análisis de fiabilidad y validez del instrumento mediante el software IBM SPSS Statistics (anexo G).

**Tabla 19. Matriz de ponderación general de los datos obtenidos**

<b>OPCIONES DE RESPUESTAS</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>TOTAL</b>
Prestación de servicios	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
Propios	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>21</b>
Mixto	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>4</b>
3 vehículos	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>23</b>
6 vehículos	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>
8 vehículos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
9 vehículos	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>22</b>
10 vehículos	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>2</b>
12 vehículos	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
\$100 - \$500	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>17</b>
\$500 - \$1.000	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>8</b>
\$1.000 - \$5.000	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
\$1.000 - \$ 5.000	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	<b>15</b>
\$5.000 - \$10.000	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	<b>10</b>
\$10.000 - \$15.000	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
13 sucursales	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
23 sucursales	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	<b>5</b>
33 sucursales	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	<b>20</b>
1 vez	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	<b>6</b>
3 veces	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	<b>19</b>
5 veces	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	<b>0</b>
Sí	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	<b>15</b>
Tal vez	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	<b>10</b>
No	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	<b>0</b>
Retrasos en los tiempos de entrega	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	<b>11</b>
Rutas no planificadas	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	<b>9</b>
Incremento de costos de transporte	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	<b>5</b>
Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	<b>14</b>
Tal vez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	<b>4</b>
No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	<b>7</b>
Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	<b>16</b>
Tal vez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	<b>0</b>
No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	21	<b>30</b>
Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	<b>4</b>
Tal vez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	<b>0</b>
No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>300</b>

*Nota: Elaborado por autor.*

En la tabla 20 se muestra el análisis de cada una de las 12 preguntas realizadas mediante el censo al personal conformado por 25 personas de la empresa Lácteos San Isidro, los datos obtenidos se tabularon en el software IBM SPSS Statistics y son requeridos para el desarrollo del modelo matemático de PL (anexo H).

*Tabla 20. Análisis de los resultados obtenidos del censo*

Preguntas	Análisis de las preguntas del censo
<b>P1</b>	La mayoría de los encuestados (84%) afirma que el transporte de quesos se realiza con vehículos propios de la empresa, mientras que el 16% restante indica que la distribución se lleva a cabo mediante un servicio mixto, utilizando tanto vehículos propios como alquilados.
<b>P2</b>	El 92% de los encuestados estiman que se necesitan 3 vehículos para transportar el queso desde la planta hacia los centros de distribución, mientras que el 8% restante considera que se requieren 6 vehículos para la misma tarea.
<b>P3</b>	El 88% de las personas encuestadas estiman que se necesitan 9 vehículos para la distribución de quesos desde los almacenes hacia las sucursales, el 8% considera que se requieren 10 vehículos, mientras que el 4% restante indica que se necesitan 12 vehículos para la misma tarea.
<b>P4</b>	El 68% de los costos de transporte de quesos desde la planta hacia los centros de distribución se encuentra en el rango de \$100,00 a \$500,00, mientras que el 32% restante se ubica entre \$500,00 y \$1000,00.
<b>P5</b>	El 60% de los costos de transporte de quesos desde el punto de distribución hasta las sucursales se encuentra en el rango de \$1.000,00 a \$5.000,00, mientras que el 40% restante se ubica entre \$5.000,00 y \$10.000,00.
<b>P6</b>	La mayoría de los encuestados (80%) afirmaron que existen 33 sucursales para la distribución de quesos mientras que el 20% restante indicó que hay 23 sucursales donde se distribuyen los quesos de la empresa.
<b>P7</b>	La frecuencia de distribución de quesos para el 24% del personal censado es de 1 vez por semana mientras que para el 76% del personal la frecuencia de distribución de quesos es de 3 veces por semana.
<b>P8</b>	El 60% del personal censado confirmó la existencia de problemas en el proceso de distribución, mientras que el 40% restante expresó la posibilidad de que existan problemas en dicho proceso.
<b>P9</b>	El 44% de los encuestados considera que el principal problema es el retraso en los tiempos de entrega, mientras que un 36% señala que el problema radica en la falta de planificación de las rutas de distribución y el 20% restante atribuye las dificultades a un aumento en los costos de transporte.
<b>P10</b>	El 56% del personal censado señaló que los inconvenientes en el proceso de distribución generan costos adicionales, el 16% consideró que es posible que existan costos adicionales, mientras que el 28% restante opinó que no generan costos adicionales en el proceso de distribución de quesos.
<b>P11</b>	El 64% del personal censado tiene conocimiento sobre los modelos logísticos, mientras que el 36% restante desconoce sobre estos modelos en el contexto de la cadena de distribución.
<b>P12</b>	El 84% del personal censado considera necesario que la empresa Lácteos San Isidro S.A. implemente un modelo logístico en la cadena de distribución acorde a las necesidades de la empresa mientras que el 16% restante cree que la implementación de un modelo logístico podría ser beneficiosa, pero no la considera una necesidad absoluta.

*Nota: Elaborado por autor.*

### 3.2.4. Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach

La validez del instrumento se realizó mediante la valoración de un grupo de experto en materia, sustentada en el método Delphi, posteriormente, la fiabilidad de los datos recolectados en el censo se verificó utilizando el coeficiente alfa de Cronbach, empleando para ello la herramienta estadística del software IBM.

El coeficiente alfa de Cronbach estima la fiabilidad de un instrumento a partir de variación entre ítems de un cuestionario, esta fiabilidad es expresada mediante un número decimal positivo (Rodríguez-Rodríguez & Reguant-Álvarez, 2020).

De acuerdo con (Hernández Sampieri & Mendoza-Torres, 2018), el nivel de evaluación de fiabilidad se realiza mediante los criterios del coeficiente (K) los siguientes criterios:

- Coeficiente  $0.8 < k < 0.9$  es eficiente
- Coeficiente  $0.5 < k < 0.8$  es estable
- Coeficiente  $k < 0.5$  es deficiente

La obtención de la fiabilidad Alfa de Cronbach se determinó a través de los datos tabulados mediante el software IBM Statistics SPSS obteniendo un coeficiente apropiado con un valor de 0,913 corroborando que la correlación de datos se proporcionó de manera eficiente.

Los resultados tabulados mediante el software IBM Statistics SPSS a los trabajadores de los diferentes departamentos de la empresa Lácteos San Isidro S.A, expresado en 25 casos validos correspondientes al 100% sin casos de exclusión, como se muestra en la tabla 21.

*Tabla 21. Valoración de procesamiento de datos*

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>			
		<b>N</b>	<b>%</b>
<b>Casos</b>	Válido	25	100,0
	Excluido*	0	,0
	<b>Total</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

*Nota: Elaborado por autor.*

En la tabla 22 se presenta la valoración de la confiabilidad del cuestionario, obtenida mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con un valor total de 0,913, de acuerdo con los criterios de fiabilidad, este valor se considera como "eficiente", tomando como base el procesamiento del cuestionario conformado por 12 preguntas con 3 alternativas de respuesta (anexo I).

*Tabla 22. Fiabilidad del instrumento*

Estadística de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,913	12

*Nota: Elaborado por autor.*

### **3.2.5. Correlación de las variables**

Para realizar el análisis estadístico mediante el coeficiente de correlación de Pearson se aplica la relación entre las dos variables de estudio, y posteriormente se obtiene la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

**VI:** Modelo logístico

**VD:** Cadena de valor

#### **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):**

El modelado logístico de la cadena de distribución de quesos no influye en la minimización de costos de transbordo de la empresa Lácteos San Isidro S.A., Cantón Sucre, Provincia de Manabí.

#### **Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):**

El modelado logístico de la cadena de distribución de quesos influye en la minimización de costos de transbordo de la empresa Lácteos San Isidro S.A., Cantón Sucre, Provincia de Manabí.

#### **Comprobación de la hipótesis con la correlación de Pearson**

La contextualización de hipótesis impone importancia con la finalidad de evitar imprecisiones en la formulación de supuestos, en base al propósito planteado por (Amaiquema-Marquez et al., 2019).

Para la comprobación de la hipótesis se usó el coeficiente de correlación de Pearson, establecido como una medida de relación entre las variables y, a su vez, tiene utilidad en diferentes estudios técnicos o econométricos (Hernández-Lalinde et al., 2018)

(Apaza-Zúñiga et al., 2022) detallan que, para una correcta interpretación del coeficiente de correlación de Pearson, se debe analizar tanto el valor del coeficiente en sí como la significancia estadística (valor p) asociada al mismo, es decir, que el valor cercano a 1 indica una fuerte correlación positiva, mientras que valores cercanos a 0 señalan una relación correlacional débil o nula, además, el valor p debe ser menor a 0.05 para que el resultado se considere estadísticamente significativo.

En la Tabla 23 se presenta el resultado del análisis de correlación de Pearson, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.893; este valor indica que existe una fuerte correlación entre las variables analizadas. Adicionalmente, el valor de significancia obtenido fue de  $p= 0.000$ , lo que respalda estadísticamente la existencia de una correlación significativa entre las variables (anexo J).

**Tabla 23.** Coeficiente de correlación de Pearson

		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	,893**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	25	25
VD	Correlación de Pearson	,893**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	25	25

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

*Nota:* Elaborado por autor.

Bajo este contexto se presenta la escala de correlación de Pearson, analizando bajo la tabla anteriormente presentada un valor de ,893\*\*, estableciendo una correlación fuerte denotada en la estimación de 0,50 a 1.00, siendo significativa entre las variables según la tabla 24.

**Tabla 24.** Escala de correlación de Pearson

Rango de valores	Interpretación
0.00 a 0.10	Correlación nula
0.10 a 0.30	Correlación débil
0.30 a 0.50	Correlación modelada
0.50 a 1.00	Correlación fuerte

*Nota:* Elaborado por autor basado en (Hernández-Lalinde et al., 2018).

Dado lo expuesto, se evidencia la existencia de una correlación fuerte entre las variables independiente y dependiente, con un índice de confiabilidad alto, por consiguiente, se descarta la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$ , que indica lo siguiente: “*El modelado de la cadena de distribución de quesos influye en la minimización de costos de transbordo de la empresa Lácteos San Isidro S.A., Cantón Sucre, Provincia de Manabí.*”

### **3.3. Propuesta de mejora para la distribución de quesos Lácteos San Isidro S.A**

#### **Fase 1: Identificación de los problemas existentes**

En referencia a la encuesta realizada, se pudo corroborar que la empresa realiza la distribución de quesos 3 veces por semana, requiriendo de 3 vehículos para el abastecimiento de los centros de distribución ubicados en la ciudad de Portoviejo y en Guayaquil, mientras que, para la distribución de quesos desde los centros de distribución hacia las 33 sucursales ubicadas en diferentes ciudades y cantones del país se requiere de 9 vehículos con cadena de frío con capacidad de 9t. Los costos de transporte desde la planta hasta los centros de distribución varían entre \$100,00 y \$500,00 por semana, mientras que desde los centros de distribución hasta las sucursales oscilan entre \$1.000,00 y \$5.000,00 por semana, para la distribución de quesos donde los vehículos que se utilizan son de la propiedad de la empresa, la cantidad de libras de quesos transportadas depende de la demanda de cada sucursal teniendo como promedio como mínimo 900 libras y lo máximo 4.500 libras. El queso tiene un precio de venta al público de \$2 por libra, cada centro de distribución

tiene una capacidad de 31.725 libras por semana generando un valor bruto de \$63.450,00.

## **Fase 2: Diagnostico del sistema de distribución**

Dados los resultados, el proceso de distribución desde los centros almacenamiento se realiza conforme a la demanda existente del producto, el vehículo disponible que se encuentre en uno de los centros de distribución es el encargado para realizar las rutas de distribución que han sido asignadas y así poder cumplir con el abastecimiento de las sucursales.

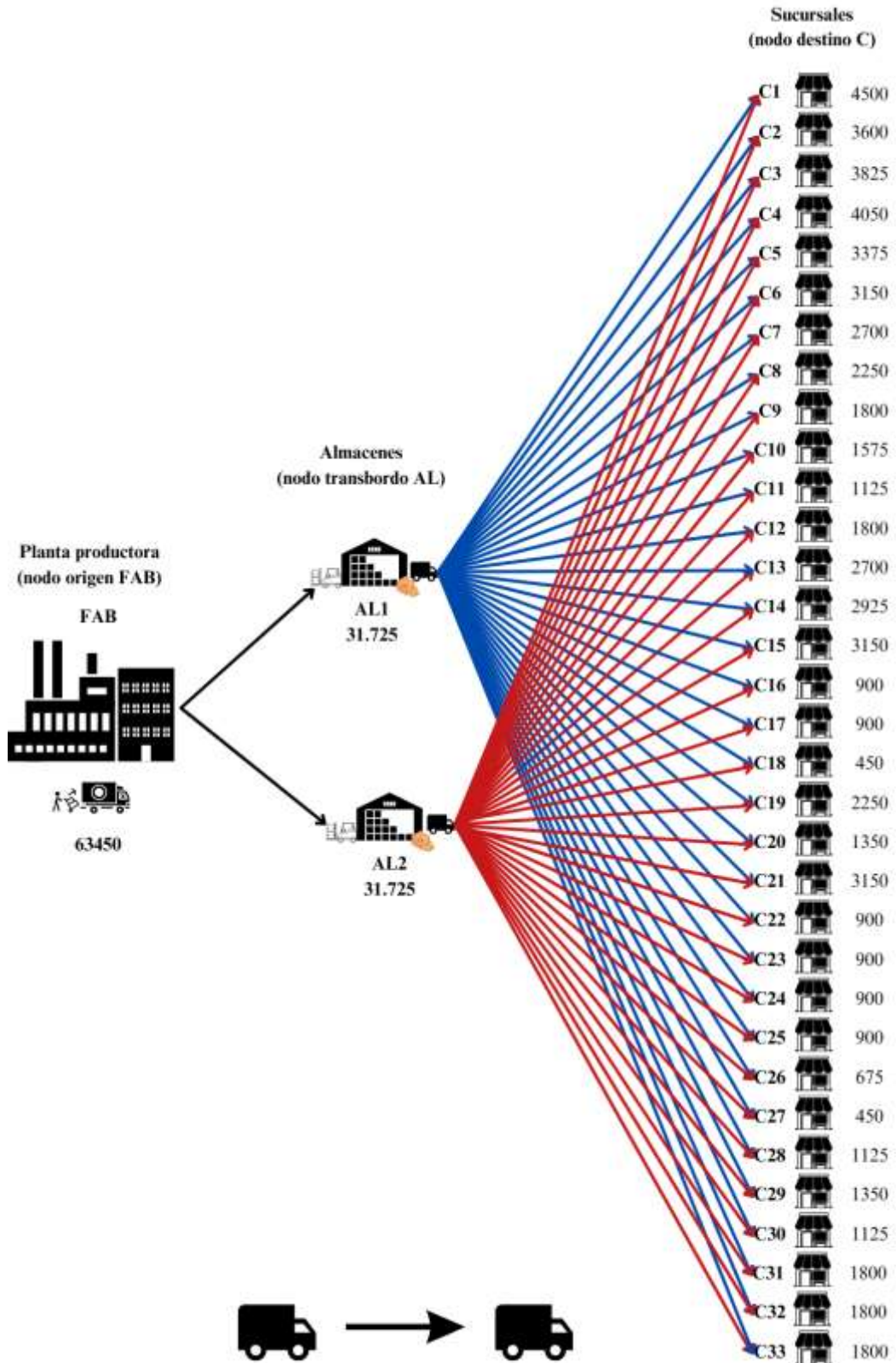
Al utilizar la modelación y simulación de la cadena de distribución se logra la reducción de los costos de transporte, es por ello que se requiere demostrar el desarrollo de un modelo matemático para que la empresa pueda llegar a todas las sucursales cumpliendo con la oferta y demanda en los horarios establecidos, logrando la dinamización de la economía de la empresa encuestada.

El objetivo es satisfacer la oferta y demanda existente de los quesos, minimizando los costos de la cadena de distribución de la empresa Lácteos San Isidro S.A., obteniendo la optimización de las rutas de distribución mediante el modelado con PL de la cadena de distribución.

## **Fase 3: Diseño de la red de distribución**

De acuerdo con los datos recolectados a través de los instrumentos cuestionario y entrevista, se obtuvo el modelo de distribución de la empresa Lácteos San Isidro S.A., basado en la demanda existente en los puntos de venta, El modelo se organiza en tres nodos: origen (FAB), transbordo (AL1 y AL2) y destino (C1, C2, C3, C4, C5, ..., C33), los productos se distribuyen desde el nodo de origen (FAB) hacia los nodos de transbordo (AL1 y AL2), donde se consolidan y organizan para luego ser enviados a los nodos de destino (sucursales) de acuerdo con la demanda específica de cada uno, la figura 14 proporciona una representación visual del modelo de distribución.

Figura 14. Método logístico de la empresa Lácteos San Isidro S.A



Nota: Elaborado por autor.

En la tabla 25 se muestra los costos de transporte semanales que se generan desde la planta procesadora de quesos (Nodo de origen FAB) hasta los dos centros de distribución o almacenamiento AL1 y AL2 (Nodo transbordo AL) que tiene la empresa localizados en las ciudades de Portoviejo y Guayaquil.

**Tabla 25. Costos de transporte de planta a almacén**

Planta Productora	Centros de distribución	
	AL1	AL2
FAB	\$ 190,35	\$ 126,90

*Nota: Elaborado por autor.*

La tabla 26 indica los costos de transbordo semanales que se originan desde cada uno de los almacenamientos AL1 y AL2 (Nodo de transbordo AL) hacia las 33 sucursales o clientes C1, C2, C3, ..., C33 (Nodo destino C) ubicadas en las diferentes ciudades del país.

**Tabla 26. Costos de transporte de almacén a cliente**

Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
AL1	22,50	14,40	30,60	20,25	30,38	12,60	8,10	22,50	10,80	7,88	3,38
AL2	36,00	10,80	26,78	24,30	23,63	12,60	24,30	18,00	9,00	4,73	11,25

Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
AL1	9,00	10,80	20,48	15,75	5,40	5,40	1,80	13,50	16,20	10,80	5,40
AL2	7,20	27,00	20,48	9,45	6,30	8,10	1,35	9,00	4,05	10,80	2,70

Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33
AL1	2,70	8,10	9,00	2,70	3,15	10,13	8,10	7,88	14,40	5,40	10,80
AL2	7,20	9,00	3,60	3,38	4,05	9,00	6,75	5,63	12,60	18,00	16,20

*Nota: Elaborado por autor.*

#### Fase 4: Modelo y simulación de la red logística

Por medio de la revisión integradora de la literatura se estableció el modelo matemático con transbordo de programación lineal basado en el artículo de (Pucha-Medina et al., 2023). El modelo matemático de PL está conformado el nodo origen FAB, el nodo transbordo AL, el nodo destino C y los arcos (sentido y dirección).

La simulación y análisis de resultados del modelo matemático para la red logística de distribución de la empresa Lácteos San Isidro S.A., se realizará en el Software lingo 20.0 en la sección 3.3.1.

La función objetivo del modelo en base a los costos totales de distribución de quesos de la empresa se define por la siguiente ecuación:

$$\text{Minimizar} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C1_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n C2_{jk} * Y_{jk}$$

**Sujeto a:**

$$\sum X_{ij} \leq o_j$$

$$\sum X_{ij} \geq p$$

$$\sum X_{ij} \leq d_j$$

$$\sum X_{ij} = Y_{ij}$$

**Dónde:**

*m: cantidad de orígenes*

*n: cantidad de destinos*

*X<sub>ij</sub> = Cantidad de U a enviar desde origen i al destino j*

*C<sub>ij</sub> = Costo de transporte por semana desde el origen i al destino j*

$O_i =$  Oferta del origen  $i$

$G_k =$  Demanda del destino  $j$

**Datos del problema:**

$i = 1$  Fábrica

$j = 1,2$  almacén o centro de distribución

$k = 1,2,3, \dots, 33$  Clientes o sucursales

$C1_{ij} =$  Costo de transporte por semana desde el origen  $i$  al almacén  $j$

$C2_{ik} =$  Costo de transporte por semana desde el almacén  $j$  sucursales  $k$

$X_{ij} =$  Cantidad de unidades a enviar desde origen  $i$  al almacén  $j$

$Y_{ik} =$  Cantidad de unidades enviadas de almacén  $j$  a las sucursales  $k$

$O_i = 63450$  unidades semanales

$P_j = (31725 \quad 31725)$

$G_k = (4500 \ 3600 \ 3825 \ 4050 \ 3375 \ 3150 \ 2700 \ 2250 \ 1800 \ 1575 \ 1125 \ 1800$   
 $2700 \ 2925 \ 3150 \ 900 \ 900 \ 450 \ 2250 \ 1350 \ 1350 \ 900 \ 900 \ 900 \ 900 \ 675 \ 450$   
 $1125 \ 1350 \ 1125 \ 1800 \ 1800 \ 1800)$

**Definición de las variables**

$x_{1,1} =$  Cantidad de unidades enviadas de la Fábrica al Centro de Distribución 1

$x_{1,2} =$  Cantidad de unidades enviadas de la Fábrica al Centro de Distribución 2

$y_{1,1} =$  Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 1 al Cliente 1

$y_{1,2} =$  Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 1 al Cliente 2

$y_{1,3} =$  Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 1 al Cliente 3

$y_{1,33} =$  Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 1 al Cliente 33

$y_{2,1}$  = Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 2 al Cliente 1

$y_{2,2}$  = Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 2 al Cliente 2

$y_{2,3}$  = Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 2 al Cliente 3

$y_{2,33}$  = Cantidad de unidades enviadas del Centro de Distribución 2 al Cliente 33

### **Función objetivo del problema de ruteo de vehículo con múltiples depósitos**

$$\text{Minimizar} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \text{Costos1}_{ij} * X_{ij} + \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \text{Costos2}_{jk} * Y_{jk}$$

$$\begin{aligned} \text{Minimizar} = & 0,006x_{1,1} + 0,004x_{1,2} + 0,005y_{1,1} + 0,004y_{1,2} + \\ & 0,008y_{1,3} + 0,005y_{1,4} + 0,009y_{1,5} + 0,004y_{1,6} + 0,003y_{1,7} + 0,01y_{1,8} + \\ & 0,006y_{1,9} + 0,005y_{1,10} + 0,003y_{1,11} + 0,005y_{1,12} + 0,004y_{1,13} + 0,007y_{1,14} + \\ & 0,005y_{1,15} + 0,006y_{1,16} + 0,006y_{1,17} + 0,004y_{1,18} + 0,006y_{1,19} + 0,012y_{1,20} + \\ & 0,008y_{1,21} + 0,006y_{1,22} + 0,003y_{1,23} + 0,009y_{1,24} + 0,01y_{1,25} + 0,004y_{1,26} + \\ & 0,007y_{1,27} + 0,009y_{1,28} + 0,006y_{1,29} + 0,007y_{1,30} + 0,008y_{1,31} + 0,003y_{1,32} + \\ & 0,006y_{1,33} + 0,008y_{2,1} + 0,003y_{2,2} + 0,007y_{2,3} + 0,006y_{2,4} + 0,007y_{2,5} + \\ & 0,004y_{2,6} + 0,009y_{2,7} + 0,008y_{2,8} + 0,005y_{2,9} + 0,003y_{2,10} + 0,01y_{2,11} + \\ & 0,004y_{2,12} + 0,01y_{2,13} + 0,007y_{2,14} + 0,003y_{2,15} + 0,007y_{2,16} + 0,009y_{2,17} + \\ & 0,003y_{2,18} + 0,004y_{2,19} + 0,003y_{2,20} + 0,008y_{2,21} + 0,003y_{2,22} + 0,008y_{2,23} + \\ & 0,01y_{2,24} + 0,004y_{2,25} + 0,005y_{2,26} + 0,009y_{2,27} + 0,008y_{2,28} + 0,005y_{2,29} + \\ & 0,005y_{2,30} + 0,007y_{2,31} + 0,01y_{2,32} + 0,009y_{2,33} \end{aligned}$$

### **Restricciones:**

#### **Restricciones de la oferta:**

$$x_{1,1} + x_{1,2} \leq 63450$$

### Restricciones de la capacidad de almacenamiento:

$$x_{1,1} = 31725$$

$$x_{1,2} = 31725$$

En la tabla 27 se detallan las restricciones de la demanda máxima de las 33 sucursales o clientes (nodo destino C) desde los centros de almacenamiento (nodo transbordo AL1 y AL2).

*Tabla 27. Restricciones de la demanda*

$y_{1,1} + y_{2,1} = 4500$	$y_{1,2} + y_{2,2} = 3600$	$y_{1,3} + y_{2,3} = 3825$
$y_{1,4} + y_{2,4} = 4050$	$y_{1,5} + y_{2,5} = 3375$	$y_{1,6} + y_{2,6} = 3150$
$y_{1,7} + y_{2,7} = 2700$	$y_{1,8} + y_{2,8} = 2250$	$y_{1,9} + y_{2,9} = 1800$
$y_{1,10} + y_{2,10} = 1575$	$y_{1,11} + y_{2,11} = 1125$	$y_{1,12} + y_{2,12} = 1800$
$y_{1,13} + y_{2,13} = 2700$	$y_{1,14} + y_{2,14} = 2925$	$y_{1,15} + y_{2,15} = 3150$
$y_{1,16} + y_{2,16} = 900$	$y_{1,17} + y_{2,17} = 900$	$y_{1,18} + y_{2,18} = 450$
$y_{1,19} + y_{2,19} = 2250$	$y_{1,20} + y_{2,20} = 1350$	$y_{1,21} + y_{2,21} = 1350$
$y_{1,22} + y_{2,22} = 900$	$y_{1,23} + y_{2,23} = 900$	$y_{1,24} + y_{2,24} = 900$
$y_{1,25} + y_{2,25} = 900$	$y_{1,26} + y_{2,26} = 675$	$y_{1,27} + y_{2,27} = 450$
$y_{1,28} + y_{2,28} = 1125$	$y_{1,29} + y_{2,29} = 1350$	$y_{1,30} + y_{2,30} = 1125$
$y_{1,31} + y_{2,31} = 1800$	$y_{1,32} + y_{2,32} = 1800$	$y_{1,33} + y_{2,33} = 1800$

*Nota: Elaborado por autor.*

### **Equilibrio de Centros de Distribución**

$$\begin{aligned}x_{1,1} = & 0,005y_{1,1} + 0,004y_{1,2} + 0,008y_{1,3} + 0,005y_{1,4} + 0,009y_{1,5} + 0,004y_{1,6} + \\ & 0,003y_{1,7} + 0,01y_{1,8} + 0,006y_{1,9} + 0,005y_{1,10} + 0,003y_{1,11} + 0,005y_{1,12} + \\ & 0,004y_{1,13} + 0,007y_{1,14} + 0,005y_{1,15} + 0,006y_{1,16} + 0,006y_{1,17} + 0,004y_{1,18} + \\ & 0,006y_{1,19} + 0,012y_{1,20} + 0,008y_{1,21} + 0,006y_{1,22} + 0,003y_{1,23} + 0,009y_{1,24} + \\ & 0,01y_{1,25} + 0,004y_{1,26} + 0,007y_{1,27} + 0,009y_{1,28} + 0,006y_{1,29} + 0,007y_{1,30} + \\ & 0,008y_{1,31} + 0,003y_{1,32} + 0,006y_{1,33}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_{12} = & 0,008y_{2,1} + 0,003y_{2,2} + 0,007y_{2,3} + 0,006y_{2,4} + 0,007y_{2,5} + 0,004y_{2,6} + \\ & 0,009y_{2,7} + 0,008y_{2,8} + 0,005y_{2,9} + 0,003y_{2,10} + 0,01y_{2,11} + 0,004y_{2,12} + \\ & 0,01y_{2,13} + 0,007y_{2,14} + 0,003y_{2,15} + 0,007y_{2,16} + 0,009y_{2,17} + 0,003y_{2,18} + \\ & 0,004y_{2,19} + 0,003y_{2,20} + 0,008y_{2,21} + 0,003y_{2,22} + 0,008y_{2,23} + 0,01y_{2,24} + \\ & 0,004y_{2,25} + 0,005y_{2,26} + 0,009y_{2,27} + 0,008y_{2,28} + 0,005y_{2,29} + 0,005y_{2,30} + \\ & 0,007y_{2,31} + 0,01y_{2,32} + 0,009y_{2,33}\end{aligned}$$

#### **3.3.1. Simulación del modelo matemático**

##### **Simulación del modelo matemático PL en la cadena de distribución con transbordo para la distribución de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A.**

Para la simulación del modelo matemático PL con transbordo para la red de distribución se empleó el software Lingo 20.0, a partir de los resultados obtenidos se realizará el análisis de los resultados obtenidos.

##### **Solución del modelo matemático aplicando el software Lingo 20.0**

En la figura 15 se visualiza la programación del modelo matemático con la debida identificación de las variables: costos, capacidad, demanda y producción, para dar paso al desarrollo de las ecuaciones y restricciones en el software Lingo 20.0, con el fin de obtener menor costos de distribución para la empresa.

Figura 15. Definición de ecuaciones

```

!DAYANA VERA;
MODEL:
SETS:
Fabrica/FAB/:Produccion;
Almacenes/AL1 AL2/:Capacidad;
Clientes/C1..C33/:Demanda;
FXA (Fabrica,Almacenes) :Costos1,X;
AXC (Almacenes,Clientes) :Costos2,Y;
ENDSETS

DATA:
Produccion= 63450;

Capacidad= 31725 31725;

Demanda= 4500 3600 3825 4050 3375 3150 2700 2250 1800 1575 1125 1800 2700 2925 3150

Costos1=    0.006
            0.004;

Costos2=    0.005 0.004 0.008 0.005 0.009 0.004 0.003 0.01 0.006 0.005 0.003 0.005
            0.008 0.003 0.007 0.006 0.007 0.004 0.009 0.008 0.005 0.003 0.01 0.004

ENDDATA

!FUNCIÓN OBJETIVO;
MIN=@SUM(FXA (I, J) :Costos1 (I, J) *X (I, J) )+@SUM (AXC (J, K) :Costos2 (J, K) *Y (J, K) );
!RESTRICCIÓN POR LÍMITE DE PRODUCCIÓN;
@FOR (Fabrica (I) : @SUM (Almacenes (J) : X (I, J) )=Produccion (I) );
!RESTRICCIÓN POR CAPACIDAD DE DISTRIBUIDORES;
@FOR (Almacenes (J) : @SUM (Fabrica (I) : X (I, J) )=Capacidad (J) );
!RESTRICCIÓN POR DEMANDA;
@FOR (Clientes (K) : @SUM (Almacenes (J) : Y (J, K) )=Demanda (K) );
!RESTRICCIÓN POR BALANCE ENTRE PRODUCCIÓN Y DEMANDA;
@FOR (Almacenes (J) : @SUM (Fabrica (I) : X (I, J) )=@SUM (Clientes (K) : Y (J, K) ) );
END

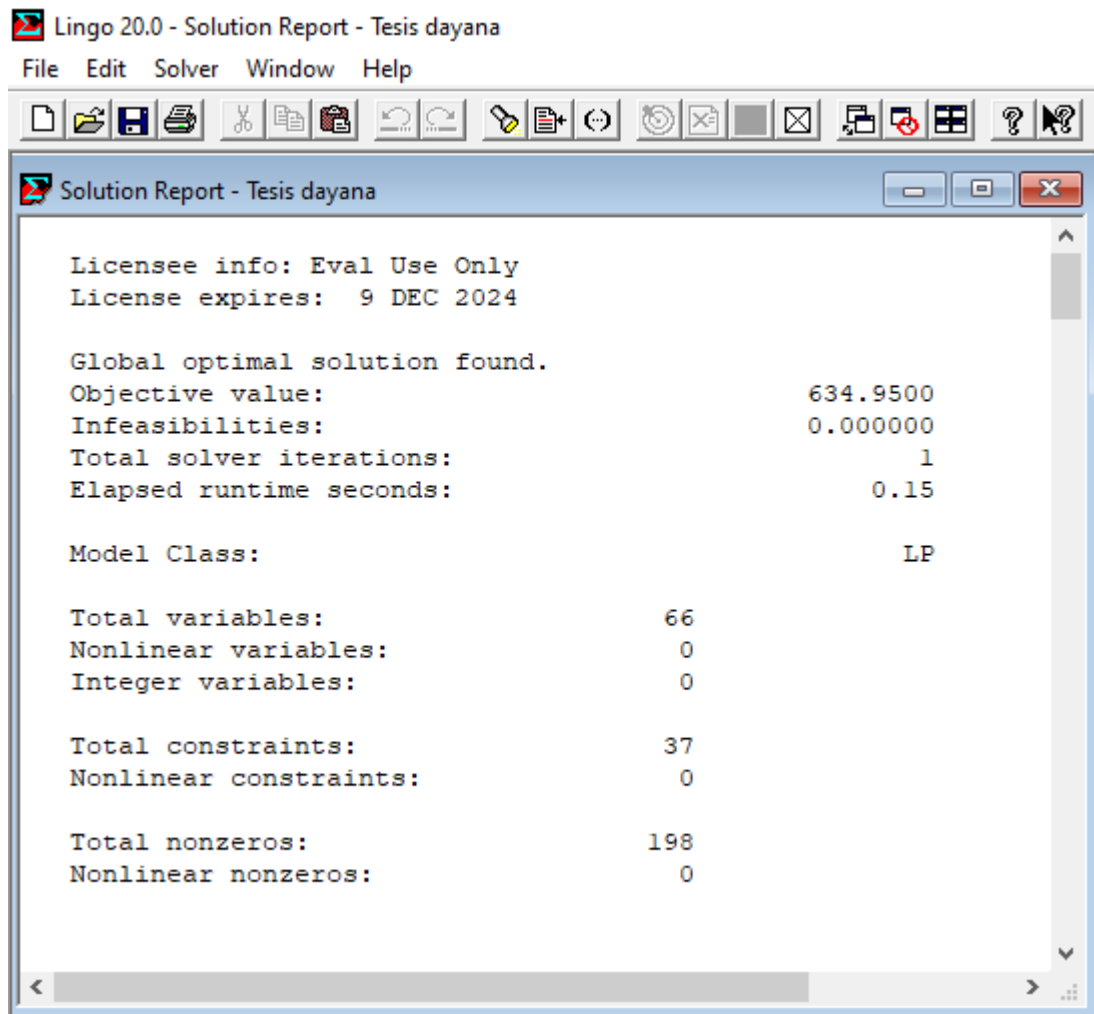
```

Ln 30, Col 69 4:55 pm

*Nota:* Datos del modelado en el software lingo 20.0, elaborado por autor.

En la figura 16 se muestra la solución obtenida, donde el costo de distribución total es de \$634.95, mientras que el costo de distribución total actual es de \$1,100.70, es decir, se obtiene una minimización considerable del 42,31%, logrando un ahorro de \$465.75 en el proceso de distribución semanal realizado. Así mismo, se observan los datos del modelo matemático: 66 variables, 37 constantes y el total de coeficiente no cero en el modelado.

Figura 16. Evaluación de variables



*Nota:* Datos del modelado en el software lingo 20.0, elaborado por autor.

Para el modelo matemático se detallan las variables: capacidad de producción de la planta (FAB), nodo origen FAB; la capacidad de almacenamiento de los centros de distribución (AL1, AL2), nodo transbordo A; la demanda de las 33 sucursales (C1, C2, ..., C33), nodo destino C; y los costos (COSTOS) de distribución desde la planta de producción (FAB) hasta cada uno de los centros de distribución (AL1 y AL2), como se muestra en la figura 17.

**Figura 17.** Variables: producción, capacidad y demanda.

Variable	Value	Reduced Cost
PRODUCCION ( FAB)	63450.00	0.000000
CAPACIDAD ( AL1)	31725.00	0.000000
CAPACIDAD ( AL2)	31725.00	0.000000
DEMANDA ( C1)	4500.000	0.000000
DEMANDA ( C2)	3600.000	0.000000
DEMANDA ( C3)	3825.000	0.000000
DEMANDA ( C4)	4050.000	0.000000
DEMANDA ( C5)	3375.000	0.000000
DEMANDA ( C6)	3150.000	0.000000
DEMANDA ( C7)	2700.000	0.000000
DEMANDA ( C8)	2250.000	0.000000
DEMANDA ( C9)	1800.000	0.000000
DEMANDA ( C10)	1575.000	0.000000
DEMANDA ( C11)	1125.000	0.000000
DEMANDA ( C12)	1800.000	0.000000
DEMANDA ( C13)	2700.000	0.000000
DEMANDA ( C14)	2925.000	0.000000
DEMANDA ( C15)	3150.000	0.000000
DEMANDA ( C16)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C17)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C18)	450.0000	0.000000
DEMANDA ( C19)	2250.000	0.000000
DEMANDA ( C20)	1350.000	0.000000
DEMANDA ( C21)	1350.000	0.000000
DEMANDA ( C22)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C23)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C24)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C25)	900.0000	0.000000
DEMANDA ( C26)	675.0000	0.000000
DEMANDA ( C27)	450.0000	0.000000
DEMANDA ( C28)	1125.000	0.000000
DEMANDA ( C29)	1350.000	0.000000
DEMANDA ( C30)	1125.000	0.000000
DEMANDA ( C31)	1800.000	0.000000
DEMANDA ( C32)	1800.000	0.000000
DEMANDA ( C33)	1800.000	0.000000

For Help, press F1

**Nota:** Datos del modelado en el software lingo 20.0, elaborado por autor.

Se detalla la capacidad de almacenamiento de los centros de distribución AL1 y AL2, la cual es de 31.725 libras de queso para cada uno, además, se presentan los costos individuales de distribución desde el centro de distribución AL1 hasta las 33 sucursales (C1, C2, ... , C33), así como también desde el centro de distribución AL2 hasta las 33 sucursales mencionadas, esta información se encuentra detallada en la figura 18.

Figura 18. Costos de distribución desde AL1 y AL2 hasta C

COSTOS1 ( FAB, AL1)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS1 ( FAB, AL2)	0.4000000E-02	0.000000
X ( FAB, AL1)	31725.00	0.000000
X ( FAB, AL2)	31725.00	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C1)	0.5000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C2)	0.4000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C3)	0.8000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C4)	0.5000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C5)	0.9000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C6)	0.4000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C7)	0.3000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C8)	0.1000000E-01	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C9)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C10)	0.5000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C11)	0.3000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C12)	0.5000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C13)	0.4000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C14)	0.7000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C15)	0.5000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C16)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C17)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C18)	0.4000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C19)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C20)	0.1200000E-01	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C21)	0.8000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C22)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C23)	0.3000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C24)	0.9000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C25)	0.1000000E-01	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C26)	0.4000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C27)	0.7000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C28)	0.9000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C29)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C30)	0.7000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C31)	0.8000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C32)	0.3000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL1, C33)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL2, C1)	0.8000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL2, C2)	0.3000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL2, C3)	0.7000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL2, C4)	0.6000000E-02	0.000000
COSTOS2 ( AL2, C5)	0.7000000E-02	0.000000

*Nota:* Datos del modelado en el software lingo 20.0, elaborado por autor.

La figura 19 presenta las rutas de distribución optimizadas, determinando desde qué centro de distribución (AL1 o AL2) se enviará la producción de quesos requerida a cada una de las 33 sucursales para satisfacer la demanda de manera oportuna. Esta asignación estratégica permite una reducción significativa en los costos de distribución actuales.

Figura 19: Solución del modelo matemático

Variable	Valor	Restricción
Y( AL1, C1)	4500.000	0.000000
Y( AL1, C2)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C3)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C4)	4050.000	0.000000
Y( AL1, C5)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C6)	3150.000	0.000000
Y( AL1, C7)	2700.000	0.000000
Y( AL1, C8)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C9)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C10)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C11)	1125.000	0.000000
Y( AL1, C12)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C13)	2700.000	0.000000
Y( AL1, C14)	2925.000	0.000000
Y( AL1, C15)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C16)	900.0000	0.000000
Y( AL1, C17)	900.0000	0.000000
Y( AL1, C18)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C19)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C20)	0.000000	0.8000000E-02
Y( AL1, C21)	1350.000	0.000000
Y( AL1, C22)	0.000000	0.2000000E-02
Y( AL1, C23)	900.0000	0.000000
Y( AL1, C24)	900.0000	0.000000
Y( AL1, C25)	0.000000	0.5000000E-02
Y( AL1, C26)	675.0000	0.000000
Y( AL1, C27)	450.0000	0.000000
Y( AL1, C28)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C29)	0.000000	0.000000
Y( AL1, C30)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL1, C31)	900.0000	0.000000
Y( AL1, C32)	1800.000	0.000000
Y( AL1, C33)	1800.000	0.000000
Y( AL2, C1)	0.000000	0.4000000E-02
Y( AL2, C2)	3600.000	0.000000
Y( AL2, C3)	3825.000	0.000000
Y( AL2, C4)	0.000000	0.2000000E-02
Y( AL2, C5)	3375.000	0.000000
Y( AL2, C6)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL2, C7)	0.000000	0.7000000E-02
Y( AL2, C8)	2250.000	0.000000
Y( AL2, C9)	1800.000	0.000000
Y( AL2, C10)	1575.000	0.000000
Y( AL2, C11)	0.000000	0.8000000E-02
Y( AL2, C12)	1800.000	0.000000
Y( AL2, C13)	0.000000	0.7000000E-02
Y( AL2, C14)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL2, C15)	3150.000	0.000000
Y( AL2, C16)	0.000000	0.2000000E-02
Y( AL2, C17)	0.000000	0.4000000E-02
Y( AL2, C18)	450.0000	0.000000
Y( AL2, C19)	2250.000	0.000000
Y( AL2, C20)	1350.000	0.000000
Y( AL2, C21)	0.000000	0.1000000E-02
Y( AL2, C22)	900.0000	0.000000
Y( AL2, C23)	0.000000	0.6000000E-02
Y( AL2, C24)	0.000000	0.2000000E-02
Y( AL2, C25)	900.0000	0.000000
Y( AL2, C26)	0.000000	0.2000000E-02
Y( AL2, C27)	0.000000	0.3000000E-02
Y( AL2, C28)	1125.000	0.000000

For Help, press F1

Nota: datos del modelado en el software lingo 20.0, elaborado por autor

En la tabla 28, basándose en los resultados obtenidos, se muestra la distribución óptima de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A., Se indica desde qué almacén (AL1 o AL2) sería factible enviar la producción demandada a las 33 sucursales. El número 0 indica que no es ideal realizar el envío desde ese almacén, mientras que el almacén indicado refleja la demanda que debe ser transportada a las 33 sucursales.

*Tabla 28: Solución de distribución desde AL hasta C*

Nodo Transbordo	Distribución desde almacén hasta las sucursales (U)										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
AL1	4500	0	0	4050	0	3150	2700	0	0	0	1125
AL2	0	3600	3825	0	3375	0	0	2250	1800	1575	0

Nodo Transbordo	Distribución desde almacén hasta las sucursales (U)										
	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
AL1	0	2700	2925	0	900	900	0	0	0	1350	0
AL2	1800	0	0	3150	0	0	450	2250	1350	0	900

Nodo Transbordo	Distribución desde almacén hasta las sucursales (U)										
	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33
AL1	900	900	0	675	450	0	0	0	900	1800	1800
AL2	0	0	900	0	0	1125	1350	1125	900	0	0

*Nota: elaborado por autor*

En la tabla 29 se muestran los costos semanales de distribución basado en la solución proporcionada mediante la aplicación del modelo matemático PL, desde el almacén óptimo hasta la sucursal que ha sido asignada de forma estratégica, logrando la minimización de costos de distribución de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A.

**Tabla 29.** Costos de distribución desde AL1 y AL2 hasta C

Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
AL1	22,50	0,00	0,00	20,25	0,00	12,60	8,10	0,00	0,00	0,00	3,38
AL2	0,00	10,80	26,78	0,00	23,63	0,00	0,00	18,00	9,00	4,73	0,00

Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
AL1	0,00	10,80	20,48	0,00	5,40	5,40	0,00	0,00	0,00	10,80	0,00
AL2	7,20	0,00	0,00	9,45	0,00	0,00	1,35	9,00	4,05	0,00	2,70

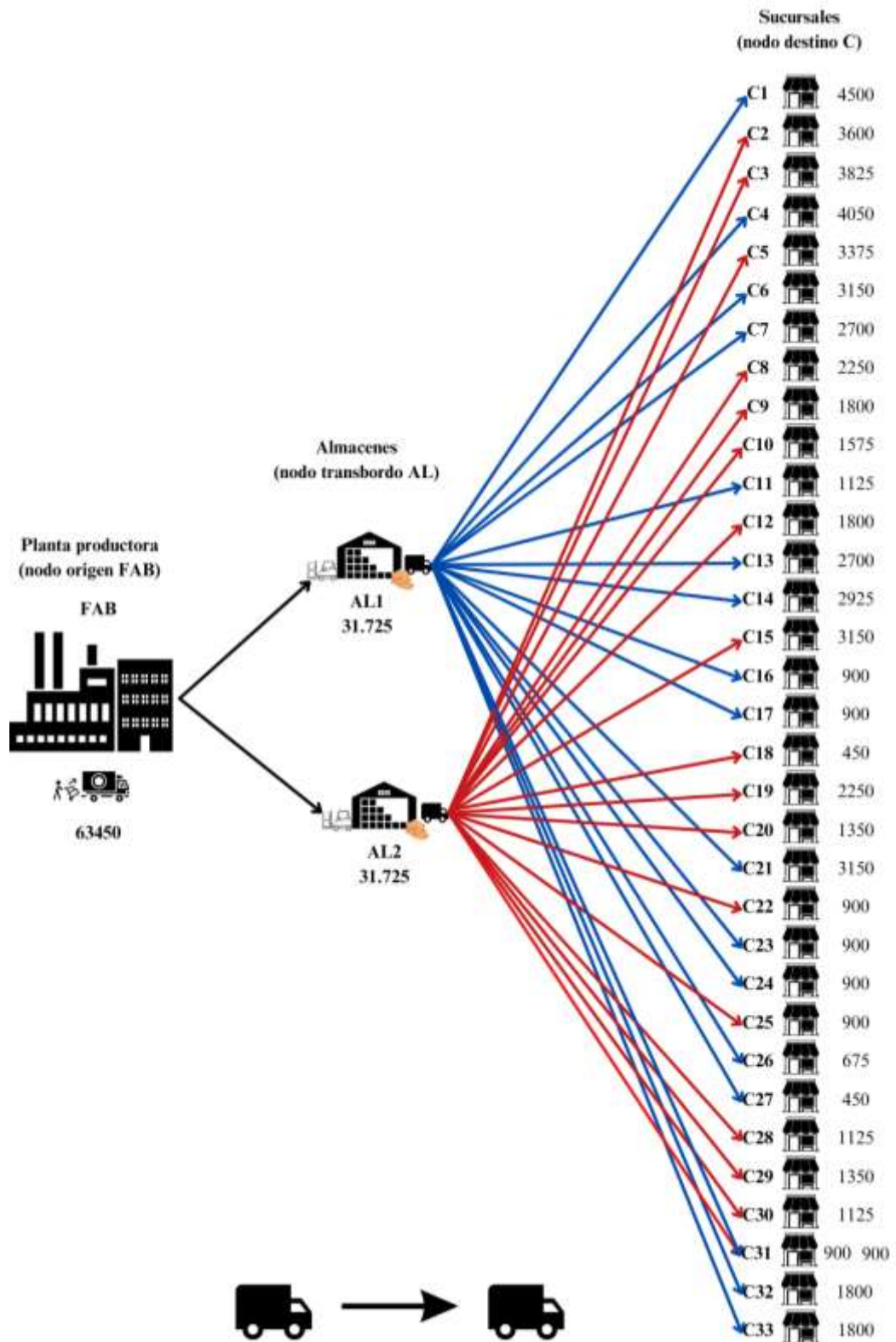
Nodo Transbordo	Costos semanales de distribución de almacenes a sucursales \$USD										
	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33
AL1	2,70	8,10	0,00	2,70	3,15	0,00	0,00	0,00	7,20	5,40	10,80
AL2	0,00	0,00	3,60	0,00	0,00	9,00	6,75	5,63	6,30	0,00	0,00

*Nota:* Elaborado por autor.

### **Análisis de resultados**

Utilizando el software Lingo 20.0, se resolvió el modelo matemático obteniendo una reducción de los costos de distribución semanales de \$1.100,00 a \$634.95, lo que representa una disminución del 42,31%. Esta reducción significativa se visualiza gráficamente en el diagrama del modelo logístico para la cadena de distribución idóneo para la empresa Lácteos San Isidro S.A, (figura 20).

Figura 20. Diagrama de solución del modelo PL

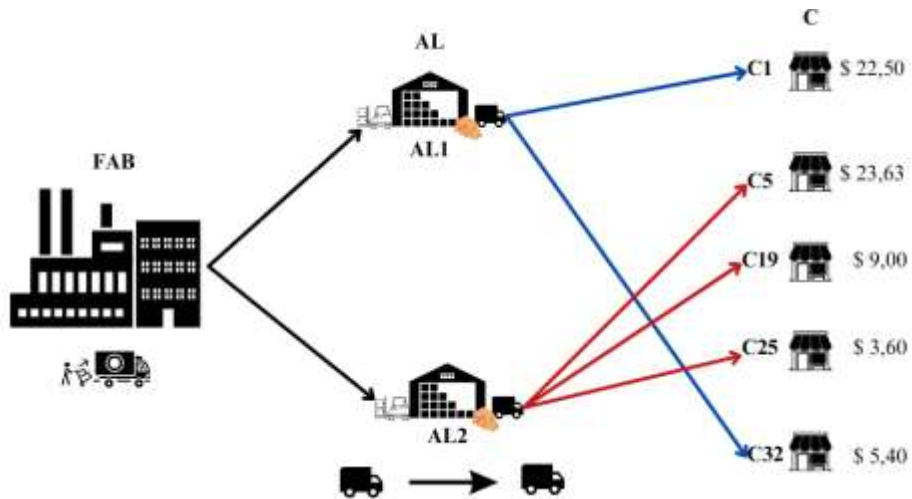


Nota: Elaborado por autor.

### Comparación del modelo logístico actual con el modelo logístico propuesto

La figura 21 representa una muestra aleatoria de sucursales seleccionadas para ilustrar el modelo logístico de distribución actual de la empresa Lácteos San Isidro S.A. Este modelo opera sin una estrategia definida y se basa en criterios empíricos como la demanda y la disponibilidad del producto.

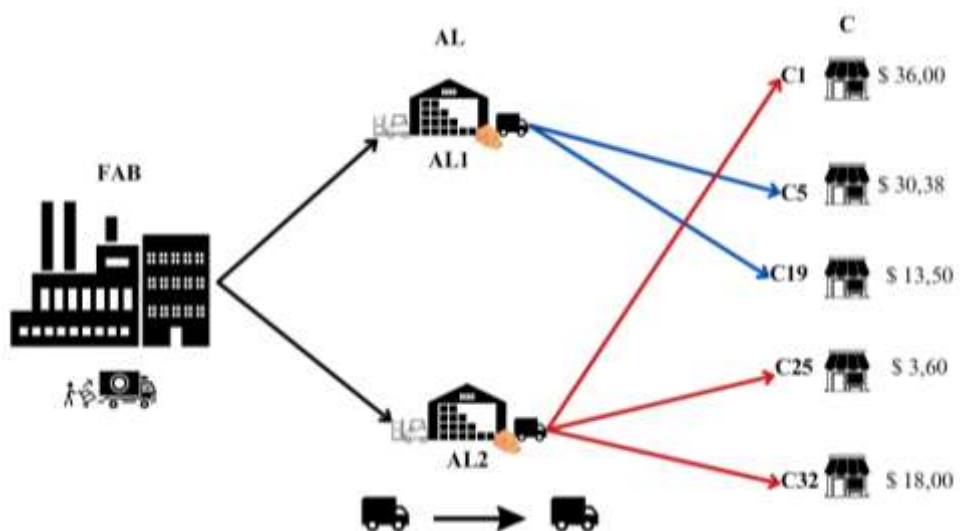
Figura 21. Modelo logístico actual



Nota: Elaborado por autor.

La figura 22 ilustra la aplicación del modelo logístico propuesto, indicando desde qué centro de distribución o almacenamiento (AL1 o AL2) es conveniente enviar los productos a cada sucursal (Cn). De esta manera, se selecciona la ruta de distribución óptima, minimizando los costos de distribución actuales.

Figura 22. Modelo logístico propuesto



Nota: Elaborado por autor.

La Tabla 30 presenta una comparación de los costos de distribución desde los almacenes (AL1 y AL2) hacia las sucursales (Cn), entre el modelo logístico actual y el modelo logístico propuesto. Aplicando el modelo logístico propuesto, se obtiene un ahorro del 36,81% en el proceso de distribución de los productos, considerando las sucursales seleccionadas de forma aleatoria.

La implementación de un modelo matemático optimizado puede generar beneficios tangibles en términos de eficiencia operativa y reducción de costos en la distribución de productos, justificando así la decisión estratégica de adoptar cambios en la cadena logística de la empresa.

*Tabla 30. Comparación de los precios de distribución*

Modelo logístico actual		Modelo logístico propuesto	
C1	\$36,00	C1	\$22,50
C5	\$30,38	C5	\$23,63
C19	\$13,50	C19	\$9,00
C25	\$3,60	C25	\$3,60
C32	\$18,00	C32	\$5,40
<b>TOTAL</b>	\$101,48	<b>TOTAL</b>	\$64,13

*Nota: Elaborado por autor.*

### 3.3.2. Presupuesto para la implementación del modelo matemático

La tabla 31 expone el presupuesto del proyecto y el costo para la ejecución e implementación del modelo de red de distribución para la empresa Lácteos San Isidro S.A., entre los rubros considerados está el de recursos humanos, con un costo de \$2.550,00 destinados al trabajo de investigación, seguido por los recursos tecnológicos como internet, software, computador y un curso de capacitación, dando un costo de \$2.637,00, para los materiales de oficina requeridos para el desarrollo del proyecto se consideró el monto de \$15,00. Además, se añade el transporte de visita a la empresa, viáticos, y el material de trabajo requerido, todos estos rubros considerados dan como resultado un costo total de \$6,696.25.

**Tabla 31. Presupuesto para la implementación del modelado**

<b>Presupuesto del proyecto</b>				
<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Recurso Humano</b>	Investigador	1	\$450,00	\$450,00
	Capacitación sobre la red de distribución	2	\$1.050,00	\$2.100,00
<b>Recurso tecnológico</b>	Internet	3	\$29,00	\$87,00
	Software	1	\$500,00	\$500,00
	Computadora	1	\$1.800,00	\$1.800,00
	Cursos de capacitación	1	\$250,00	\$250,00
<b>Oficina</b>	Materiales de oficina	1	\$15,00	\$15,00
<b>Otros</b>	Material de trabajo	1	\$25,00	\$25,00
	Viáticos	2	\$25,00	\$50,00
	transporte	2	\$40,00	\$80,00
<b>Subtotal</b>				\$5.357,00
<b>Imprevistos 10%</b>				\$535,70
<b>Reajuste 15%</b>				\$803,55
<b>TOTAL</b>				<b>\$6.696,25</b>

*Nota: Elaborado por autor.*

El diseño de la red de distribución requiere de una inversión inicial en activos fijos de \$6.696,25. Esta inversión generará flujos de efectivo anuales de \$2.088,88 durante un período de 4 años y 3 meses, considerando una tasa de descuento del 10%, se evaluaron indicadores financieros claves, tales como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y por último el período de recuperación (PRI).

**VAN (\$):** Valor Actual Neto.

**TIR (%):** Tasa Interna de Retorno.

En la tabla 32 se muestra los cálculos del flujo de fondo, saldo actual y el saldo actualizado acumulado para la establecer la viabilidad del proyecto de investigación de la empresa Lácteos San Isidro S.A.

**Tabla 32. Cálculos del tiempo de recuperación de la inversión (VAN, TIR, PR)**

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Flujo Fondo</b>	-\$6.696,25	\$2.008,88	\$2.008,88	\$2.008,88	\$2.008,88	\$2.008,88
<b>Saldo Actual de 10%</b>	-\$6.696,25	\$1.826,25	\$1.660,23	\$1.509,30	\$1.372,09	\$1.247,35
<b>Saldo Actualizado Acumulado</b>	-\$6.696,25	-\$4.870,00	-\$3.209,77	-\$1.700,48	-\$328,39	\$918,97

*Nota: Elaborado por autor.*

**TASA (%) = Valor por definición**

**TASA (%) = 10%**

**VNA= (Interés; flujo de caja) + desembolso inicial**

**VNA (\$) = \$7.615,22**

**VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado – Inversión inicial.**

**VAN (\$) = \$918,97**

Este proyecto tiene un excedente de \$918,97, lo que significa que está agregando valor.

**TIR (%) = Diferencia entre el valor inicial (costo) y el valor final (retorno de la inversión) de la operación, esta diferencia se divide entre el valor inicial y el resultado obtenido se multiplica por 100.**

**TIR (%) = 15%**

**PRI (t) = Enlace entre el capital inicial y los movimientos de efectivo por periodo**

**PRI = 4 años, 3 meses y 5 días**

En la tabla 33, se realiza la conversión de años a meses y días, multiplicando el valor del PRI para el número de meses; por último, este resultado nuevamente es multiplicado esta vez para el número de días y se obtiene el tiempo exacto de recuperación de la inversión, la inversión que se realiza al implementar el modelo logístico en la empresa Lácteos San Isidro S.A es en 4 años, 3 meses y 5 días.

**Tabla 33. Período de recuperación de la inversión**

	<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Día</b>
<b>PRI</b>	4	3	5

**Nota:** Elaborado por autor.

### **3.4. Marco de discusión**

En la investigación de Villamarín-Padilla et al., (2019), se propone la programación lineal como método de solución para la problemática de una empresa comercializadora de combustible, este método permite minimizar los costos de transporte, teniendo en cuenta el número de flotas vehiculares con las que cuenta la empresa, el nodo de origen (O) y el nodo de destino (D), así como la oferta y la demanda. Para la toma de decisiones sobre las rutas de distribución, se emplearon métodos como el método de la esquina noroeste, el método de Vogel, el método de Russell y el método del menor costo, logrando la optimización de las rutas y de los tiempos asociados al proceso de transporte del combustible.

Flores-Tapia & Flores-Cevallos, (2021) aplicaron un modelo de programación lineal en la empresa distribuidora de cemento Holcim S.A., utilizando la técnica simplex como método de solución, esta técnica permite resolver problemas de transporte con un número elevado de variables; la aplicación del modelo matemático permitió minimizar los costos de transporte de \$240.365,00 a \$191.205,00, lo que representa una reducción del 20% respecto al costo inicial.

Andrade-Mahecha & Massy-Sanchez, (2019) desarrollaron un modelo de simulación para la red de transporte de una empresa dispensadora de gas, el modelado matemático se realizó mediante la programación lineal aplicada a la cadena de suministro, considerando la capacidad de producción, transporte y demanda. Mediante el uso de algoritmos complementarios, se logró minimizar los costos de transporte de gas a largo plazo, establecer la demanda requerida para cada nodo de destino y disminuir los tiempos de distribución de los flujos de gas.

Bajo lo expuesto, los modelos logísticos en el sistema de distribución, implementados mediante herramientas tecnológicas, permiten analizar datos y rastrear el recorrido de los productos en tiempo real (Vargas-Pilla et al., 2022). La implementación de un modelo matemático adecuado en los negocios ordinarios facilita la entrega de productos de calidad a un bajo costo en el menor tiempo posible (Cevallos-Muñoz et al., 2019).

El enfoque del diseño de la investigación en relación con el modelado logístico para la cadena de distribución de quesos se basó en la metodología cuantitativa, con un alcance descriptivo y correlacional. Este enfoque se enmarca en el diseño de investigación no experimental, según lo establecido por (Del Cid et al., 2011; Hernández Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Para cumplimiento de la metodología, se utilizó un cuestionario como instrumento de recolección. El cuestionario fue validado por expertos en la materia, siguiendo las cuatro fases del método Delphi, tal como lo describe López-Gómez (2018), para garantizar su credibilidad en investigaciones científicas. El proceso de validación se realizó mediante la revisión y participación de un grupo de expertos, bajo criterios de inclusión que se detallan en la sección 3.2.2. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos utilizando el software IBM SPSS Statistics, una herramienta que demostró la viabilidad y confiabilidad del instrumento.

Mediante la implementación de un modelo matemático de programación lineal (PL) basado en el trabajo de Pucha-Medina et al. (2023), para la red de distribución de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A., se permitió determinar la cantidad óptima de productos a enviar desde la fábrica procesadora (nodo origen FAB) a los dos centros de distribución o almacenamiento (nodo transbordo AL) y desde qué almacén es más eficiente enviar la demanda a cada una de las 33 sucursales (nodo destino C). Aplicando el modelo PL, se estimó que el costo de distribución semanal es de \$634,95, lo que equivale a un costo mensual aproximado de \$2.539,80 para el proceso de distribución de los quesos.

Dado lo expuesto, la aplicación del modelo matemático para la cadena de distribución ha determinado los recorridos con menor distancia y las cantidades óptimas para cada destino (AL - C), logrando una minimización de los costos de transporte de \$1.100,70 a \$634,95, esto representa una reducción del 42,31% de los costos totales, lo que se traduce en un ahorro significativo de \$465,75 semanales para la cadena de distribución de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A. Los beneficios en la planificación y control dentro del sistema de gestión logística permiten establecer un alto nivel de satisfacción de los requerimientos del cliente y, a su vez, mejorar la competitividad empresarial.

## CONCLUSIONES

Mediante la revisión integradora de la literatura para el establecimiento del estado de arte, el investigador pudo fundamentar las bases teóricas, identificando las herramientas utilizadas para la implementación de un modelo logístico en la red de distribución de las empresas, para la elección del modelo matemático, se utilizó la herramienta AHP, donde el modelo de programación lineal (PL) obtuvo el primer lugar con una ponderación de 0,3586, quedando como el método de solución de la propuesta.

Se estableció un marco metodológico que define el enfoque, diseño y procedimiento del estudio, abarcando la identificación de problemas, el diagnóstico del sistema de distribución, el diseño de la red de distribución, y posteriormente, el modelado y simulación de una red logística. Además, se establecieron los métodos, técnicas e instrumentos necesarios para la obtención de datos e información requeridos para la implementación del modelado matemático.

Para garantizar la validez del cuestionario, se aplicó el método Delphi, consultando a expertos con conocimiento en el área de estudio, la confiabilidad del instrumento se evaluó utilizando el software IBM SPSS Statistics 25, obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.913, lo que confirma su validez; la hipótesis alternativa se validó mediante la correlación de Pearson con un resultado de 0.893, respaldando dicha hipótesis. Además, se logró demostrar el cumplimiento del tercer objetivo específico, que consistía en minimizar los costos de distribución de quesos mediante un modelo logístico para la cadena de distribución. Para la simulación del modelo se utilizó el software Lingo 20.0, el cual permitió visualizar un ahorro del 42,31% en los costos de distribución, que pasarán de \$1.100,00 a \$634,95 lo que representa un ahorro semanal de \$465,75 en los costos de distribución.

## RECOMENDACIONES

En consecuencia, de los resultados obtenidos en la investigación definida como modelado logístico basado en la programación lineal y la minimización de costos atribuidos en la cadena de distribución de quesos de la empresa Lácteos San Isidro S.A., se establecen las siguientes recomendaciones que sugieren aspectos importantes a priorizar:

Es fundamental llevar a cabo la revisión integradora de la literatura de manera exhaustiva, siguiendo los parámetros y criterios de inclusión establecidos, este enfoque prioriza la obtención de información relevante y fidedigna a través de bases de datos confiables, lo que contribuye a la obtención de artículos trascendentes sobre el caso de estudio, al respetar estos lineamientos, se asegura una investigación rigurosa y completa, capaz de proporcionar un panorama claro y completo del tema investigado.

Establecer un marco metodológico sostenible que, además de definir el diseño y el tipo de investigación, respalde el objetivo del estudio, esto implica no solo tener un sólido conocimiento teórico, sino también, dominar las herramientas tecnológicas pertinentes, con el propósito de evitar retrasos en las diferentes fases de la investigación; al integrar estos elementos de manera adecuada, se garantiza una ejecución pertinente del proyecto de investigación.

Con el objetivo de mejorar una red de distribución, se sugiere utilizar programas computacionales o software de acceso libre o con licencia académica que dispongan todas las herramientas necesarias para realizar de manera conveniente la simulación del modelo matemático propuesto, esto garantizará una implementación óptima y precisa del modelo, facilitando así la evaluación y mejora de la red de distribución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, A., Simpson-Porco, J. W., & Pavel, L. (2022). Game-Theoretic Feedback-Based Optimization. *IFAC-PapersOnLine*, 55(13), 174–179. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2022.07.255>
- Aghsami, A., Sharififar, S., Moghaddam, N. M., Hazrati, E., & Jolai, F. (2024). A bi-objective mixed-integer non-linear programming model with Grasshopper Optimization Algorithm for military-based humanitarian supply chains. *Decision Analytics Journal*, 10, 100409. <https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2024.100409>
- Agrawal, A. K., Yadav, S., Gupta, A. A., & Pandey, S. (2022). A genetic algorithm model for optimizing vehicle routing problems with perishable products under time-window and quality requirements. *Decision Analytics Journal*, 5, 100139. <https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2022.100139>
- Aguilar-Henao, E. (2017). *Gestión Logística* (1st ed., Vol. 1). Fondo editorial Areandino. <http://www.areandina.edu.co>
- Al-Ashhab, M. S. (2022). A multi-objective optimization modelling for design and planning a robust closed-loop supply chain network under supplying disruption due to crises. *Hindawi*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101909>
- Alzate-Jiménez, M., Gonzalez-Conde, M., & Velaides-Russo, L. (2014). Modelamiento de los Procesos Logísticos de una Empresa de Productos Lácteos en la Región Caribe. In *Año* (Vol. 9, Issue 17).
- Amaiquema-Marquez, Vera-Zapata, J., & Zumba-Vera, I. (2019). Enfoques para la formulación de la hipótesis en la investigación científica. *Revista Conrado*, 15(70), 354–360. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2021). Impact of Externalities on the Design and Management of Multimodal Logistic Networks. *Sustainability 2021*, Vol. 13, Page 5080, 13(9), 5080. <https://doi.org/10.3390/SU13095080>
- Andrade-Mahecha, J. F., & Massy-Sanchez, G. I. (2019). Simulation of the operation of a natural gas transport system based on a criterion of minimum operating cost. *DYNA (Colombia)*, 86(211), 308–316. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.78983>
- Apaza-Zúñiga, E., Cazorla-Chambi, S., Condori-Carbajal, C., Arpasi-Meléndez, F. R., Tumi-Figueroa, I., Yana-Viveros, W., & Quispe-Coaquira, J. E. (2022). La

- Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 33(3), e22908. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i3.22908>
- Baghizadeh, K., Pahl, J., & Hu, G. (2021). Closed-Loop Supply Chain Design with Sustainability Aspects and Network Resilience under Uncertainty: Modelling and Application. *Hindawi*. <https://doi.org/10.1155/2021/9951220>
- Barbosa-Chacón, J. W., Barbosa-Herrera, J. C., & Rodríguez-Villabona, M. (2019). Documentary review and analysis for state-of-the-art assessment: A methodological proposal using educational experiences systematization approach. *Investigacion Bibliotecologica*, 27(61), 83–105. [https://doi.org/10.1016/s0187-358x\(13\)72555-3](https://doi.org/10.1016/s0187-358x(13)72555-3)
- Bassey-Nyong, U., & Chiabom-Zelibe, S. (2022). Two-echelon inventory location model with response time requirement and lateral transshipment. *Heliyon*, 8(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10353>
- Battarra, I., Accorsi, R., Lupi, G., Manzini, R., & Sirri, G. (2022). Location-allocation problem in a multi-terminal cross-dock distribution network for palletized perishables delivery. *Transportation Research Procedia*, 67, 172–181. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2022.12.048>
- Cabrales-Navarro, P. A., Arias-Osorio, J. E., & Camacho-Pinto, J. C. (2023). Multi-objective Location and Routing Problem: A Review. *Ingeniería*, 28(2), e18734–e18734. <https://doi.org/10.14483/23448393.18734>
- Cevallos-Muñoz, O., Alcócer-Quinteros, P., & Abreu-Ledón, R. (2019). Gestión de la cadena de suministro inversa en electrodomésticos en fin de retos y oportunidades. *Ingeniería*, 23–26. <http://doi.org/11.35381/cs.v8i15.821>
- Cubides, L. C., Arias Londoño, A., & Granada Echeverri, M. (2019). Electric vehicle routing problem with backhauls considering the location of charging stations and the operation of the electric power distribution system. *TecnoLógicas*, 22(44), 1–20. <https://doi.org/10.22430/22565337.1186>
- Cuervo-Cruz, R. A., Martínez-Bernal, J., & Orjuela-Castro, J. A. (2022b). Stochastic Logistic Models Applied to the SupplyChain: A Literature Review. *Ingeniería*, 26(3), 334–366. <https://doi.org/10.14483/23448393.16357>
- De, A., Gorton, M., Hubbard, C., & Aditjandra, P. (2022). Optimization model for sustainable food supply chains: An application to Norwegian salmon.

- Transportation Research Part E*, 161, 102723.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102723>
- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). Investigación Fundamentos y Metodología. *Pearson Educación, Segunda edición*.
- Doan, T. T., Bostel, N., & Hà, M. H. (2021). The vehicle routing problem with relaxed priority rules. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 10, 100039. <https://doi.org/10.1016/J.EJTL.2021.100039>
- Dong, B., Duan, M., & Li, Y. (2022). Exploration of Joint Optimization and Visualization of Inventory Transportation in Agricultural Logistics Based on Ant Colony Algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2041592>
- Dou, S., Liu, G., & Yang, Y. (2020). A New Hybrid Algorithm for Cold Chain Logistics Distribution Center Location Problem. *IEEE Access*, 8, 88769–88776. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990988>
- Duarte, L. , R. M., de Brito-Marinho, D. C., Esmeraldo-Lima, A. P., & Coriolano-Marinus, M. W. L. (2023). Educational interventions in child development and health literacy assumptions: an integrative review. In *Revista Brasileira de Enfermagem* (Vol. 76, Issue 1). Associacao Brasileira de Enfermagem. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2022-0116>
- ESPAC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*.
- Figueredo-Figueredo, A. L., León-Aguilar, R. F., & Martínez-Roselló, M. M. (2019). Procedure for the processing of scientific information in the DPI of the Forest Engineering programme. *Biblios Journal of Librarianship and Information Science*, 0(75), 46–61. <https://doi.org/10.5195/biblios.2019.473>
- Flores-Tapia, C. E., & Flores-Cevallos, K. L. (2021). Modelo de transporte aplicado a una empresa distribuidora de cemento. Caso de estudio en Ecuador. *Revista Científica de FAREM-Esteli*, 40, 81–95. <https://doi.org/10.5377/FAREM.V10I40.13046>
- Franco-Crespo, C., Morales-Carrasco, L., Lascano-Aimacaña, N., & Cuesta-Chávez, G. (2019). Dinámica de los pequeños productores de leche en la Sierra centro de Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida* , 30(2), 103–120. <https://doi.org/10.17163/LGR.N30.2019.0>

- Giusti, R., Manerba, D., Crainic, T. G., & Tadei, R. (2023). The synchronized multi-commodity multi-service Transshipment-Hub Location Problem with cyclic schedules. *Computers & Operations Research*, *158*, 106282. <https://doi.org/10.1016/J.COR.2023.106282>
- Gómez, C. G., Cruz-Reyes, L., González, J. J., Fraire, H. J., Pazos, R. A., & Martínez, J. J. (2019). Ant colony system with characterization-based heuristics for a bottled-products distribution logistics system. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, *259*(PART B), 965–977. <https://doi.org/10.1016/J.CAM.2013.10.035>
- Govindan, K., Khalili-Nasr, A., Mostafazadeh, P., & Mina, H. (2021). Medical waste management during coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: A mathematical programming model. *Computers & Industrial Engineering*, *162*, 107668. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2021.107668>
- Guamán-Lozano, A. G., Miño-Cascante, G. E., & Moyano-Alulema, J. C. (2020). Aplicación de algoritmos de optimización para la localización de centros de distribución comercial. *ECA Sinergia*, *11*(1), 7. [https://doi.org/10.33936/ECA\\_SINERGIA.V11I1.1097](https://doi.org/10.33936/ECA_SINERGIA.V11I1.1097)
- Guan, X., & Li, G. (2023). Optimization of Cold Chain Logistics Vehicle Transportation and Distribution Model Based on Improved Ant Colony Algorithm. *Procedia Computer Science*, *228*, 974–982. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2023.11.128>
- Guardiola, L. A., Meca, A., & Puerto, J. (2023). Allocating the surplus induced by cooperation in distribution chains with multiple suppliers and retailers. *Journal of Mathematical Economics*, *108*. <https://doi.org/10.1016/J.JMATECO.2023.102889>
- He, D. (2022). Intelligent Selection Algorithm of Optimal Logistics Distribution Path Based on Supply Chain Technology. *Computational Intelligence and Neuroscience*, *2022*. <https://doi.org/10.1155/2022/9955726>
- Henríquez-Fuentes, G. R., & Cardona, D. A. (2018). Measurement for a Distribution System under a Study of Methods and Times. *Información Tecnológica*, *29*(6), 277–286. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600277>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Mc Graw Hill).

- Hernández-Lalinde, Espinosa-Castro, J. F., Rodríguez, Johel. E., Chacón-Rangel, J. G., Toloza-Sierra, C. Andrés., Arenas-Torrado, Marilly. Karina., Carrillo-Sierra, Sandra. Milena., & Bermúdez-Pirela, V. José. (2018a). *On the proper use of the Pearson correlation coefficient: definitions, properties and assumptions*. 37(2). <https://orcid.org/0000-0003->
- Hernández-Lalinde, J. D., Espinosa-Castro, F., Rodríguez, J. E., Chacón-Rangel, J. G., Toloza-Sierra, C. A., Arenas-Torrado, M. K., Carrillo-Sierra, S. M., & Bermúdez-Pirela, V. J. (2018b). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *PDF Generado a Partir de XML-JATS4R Por RedalycProyecto Académico Sin Fines de Lucro, Desarrollado Bajo La Iniciativa de Acceso AbiertoArchivos Venezolanos de Farmacología YTerapéutica*, 37(5), 587–601. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Hidalgo Torres, J. L., Rivadeneira Piedra, C. I., Moreno Cueva, N. M., & Moreno Cueva, N. Y. (2018). *LOGISTICA EMPRESARIAL*. 1, 35–45.
- Huérffano-Piñeiro, E. M., & Meleán-Romero, R. (2020). Cadena de suministros en las empresas zuliana de derivados lacteos: estudio desde los flujos logísticos inversos. *Telos*, 22(1), 162–172. <https://doi.org/10.36390/TELOS221.11>
- Ilham, Z., Subramaniam, I., Jamaludin, A. A., Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I., Halim-Lim, S. A., Ohgaki, H., Ishihara, K., & Mansor, M. R. A. (2022). Analysing dimensions and indicators to design energy education framework in Malaysia using the analytic hierarchy process (AHP). *Energy Reports*, 8, 1013–1024. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.07.126>
- Javadi-Gargari, F., Sayad, M., Ali Posht Mashhadi, S., Sadrnia, A., Nedjati, A., & Yousefi Golafshani, T. (2021). Five-Echelon Multiobjective Health Services Supply Chain Modeling under Disruption. *Hindawi*. <https://doi.org/10.1155/2021/5587392>
- Kohar, A., & Suresh-Kumar, J. (2021). A capacitated multi pickup online food delivery problem with time windows: a branch-and-cut algorithm. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04145-6>
- Kumar-Manupati, V., Schoenherr, T., Subramanian, N., Ramkumar, M., Bhanushree, S., & Panigrahi, S. (2021). A multi-echelon dynamic cold chain for managing vaccine distribution. *Transportation Research Part E: Logistics and*

- Transportation Review*, 156, 102542.  
<https://doi.org/10.1016/J.TRE.2021.102542>
- Lara-Murgueitio, M. J., & Tamayo-Cevallos, C. D. (2023). Logistics Management and its impact on the business growth of Avícola Braez, Canton Junín, Province of Manabí. *MQRInvestigar*, 7(4), 208–235.  
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.208-235>
- Liu, D., Hu, X., & Jiang, Q. (2023). Design and optimization of logistics distribution route based on improved ant colony algorithm. *Optik*, 273, 170405.  
<https://doi.org/10.1016/J.IJLEO.2022.170405>
- López-Gómez, E. (2018). El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica. *Educación XXI*, 21(1), 17–40.  
<https://doi.org/10.5944/educXX1.15536>
- MAG. (2022, June). *MAG socializa control en producción y transporte de leche cruda*.
- MAG, & SIPA. (2022). *Cifras Agroproductivas*.  
<http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Martínez-Bernal, J., Cuervo-Cruz, R. A., & Orjuela-Castro, J. A. (2020). Modelos logísticos estocásticos: una revisión de la literatura. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(S1), 269–285.  
<https://doi.org/10.15649/2346030X.2470>
- Molina Montoya, N. P. (2018). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia & Tecnología Para La Salud Visual y Ocular*, 5, 73. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Moreno-Marcial, P., Moreno-Marcial, A., & Coello-Pisco, S. (2018). Optimizar procesos logísticos de las medianas empresa para reducir costos en el departamento de exportaciones. *RECIMUNDO*, 2(2), 668–683.  
[https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.668-684](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.668-684)
- Munim, Z. H., Duru, O., & Ng, A. K. Y. (2022). Transshipment port's competitiveness forecasting using analytic network process modelling. *Transport Policy*, 124, 70–82. <https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2021.07.015>
- Muyulema-Allaica, J.-C., & Rodríguez-Balón, J.-C. (2023). Redes de distribución con transbordo como elemento de resiliencia empresarial: una revisión sistemática. *Revista Científica*, 47(2), 39–54.  
<https://doi.org/10.14483/23448350.20430>

- Naimr-Rahman, C., Mushaer, A., Priom, M., Sanjoy-Kumar, P., & Sharmine-Akther, L. (2022). Modeling a sustainable vaccine supply chain for a healthcare system. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133423>
- Nguyen, T. Y., Nguyen, T. A., & Zhang, J. (2021). ASEAN logistics network model and algorithm. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(3), 253–258. <https://doi.org/10.1016/J.AJSL.2021.06.004>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5th ed.). Pearson Educación.
- Parada-Gutiérrez, O., Delgado-Rodríguez, C. A., Almeida-López, D. M., Guerra-Flores, C. O., & Santillán-Obando, A. (2017, November 17). *Análisis de la cooperación en la cadena de suministro láctea en Riobamba*. Observatorio de La Economía Latinoamericana, Ecuador. <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/cooperacion-cadena-lactea.html>
- Pérez-Iribarren, E., González-Pino, I., Azkorra-Larrinaga, Z., Odriozola-Maritorea, M., & Gómez-Arriarán, I. (2023). A mixed integer linear programming-based simple method for optimizing the design and operation of space heating and domestic hot water hybrid systems in residential buildings. *Energy Conversion and Management*, 292, 117326. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2023.117326>
- Pucha-Medina, P. M., Muyulema-Allaica, J. C., Sánchez-Macías, R. A., Bermeo-García, M. V., Ricardo-Tomalá, A. L., & Reyes-Soriano, F. E. (2023). Modelo optimizado de la red de distribución de la producción agrícola del cacao: un caso de estudio en el Cantón Santa Elena - Ecuador. In Fondo Editorial de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesús María Semprúm (Ed.), *Gestión del Conocimiento Perspectiva Multidisciplinaria Libro 51* (51st ed., Vol. 1, pp. 53–72).
- Rebouças-Guimarães, L., De Athayde-Prata, B., & Pinho-De Sousa, J. (2020). Models and algorithms for network design in urban freight distribution systems. *Transportation Research Procedia*, 47, 291–298. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2020.03.101>
- Rocha, V., & Salaberry, J. (2019). *Un método de resolución para el problema de ruteo de vehículos con múltiples depósitos*.

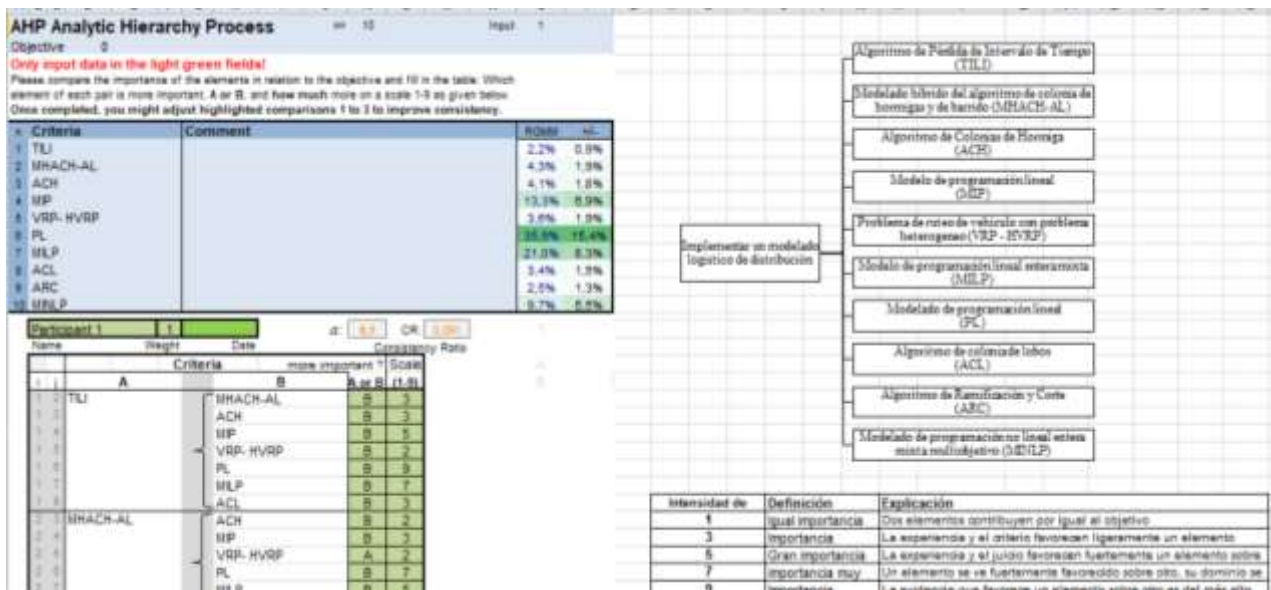
- Rodríguez-Melo, D. M., Martínez-Ojeda, C. N., Angarita-Rodríguez, D. C., & Niño-Hernández, C. A. (2021). Public policies in school health, an integrative review of the literature. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 20. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgps20.ppse>
- Rodríguez-Rodríguez, C., Breña-Oré, J. L., & Esenarro-Vargas, D. (2021). *Las variables en la metodología de la investigación científica*. <https://doi.org/https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.78>
- Rodríguez-Rodríguez, J., & Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad d'un qüestionari o escala mitjançant l'SPSS: el coeficient alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 13(2), 1-13–1–13. <https://doi.org/10.1344/REIRE2020.13.230048>
- Rodríguez-Vásquez, W. C. (2020). Modeling a vehicle routing problem with multiple depots, time windows and heterogeneous fleet of a courier service. *Información Tecnológica*, 31(1), 207–214. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100207>
- Schroeder, R. G., Meyer Goldstein, S., & Rungtusanatham, J. (2011). *Administración de operaciones* (5th ed., Vol. 2).
- Serna, E. (2021). Desarrollo e Innovación en Ingeniería. *Editorial Instituto Antioqueño de Investigación*, 2(6).
- Sinche-Crispín, F. V., Valero-Cajahuanca, J. E., & Gutiérrez-Sullca, E. M. (2022). Aplicación de VIPLAN en la propuesta de un Diseño de Estructura Organizacional para el Sector Lácteo del Distrito de Pampas. *GnosisWisdom*, 2(2), 13–22. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i2.33>
- SIPA. (2022). *Cifras Agroproductivas*. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Tatés Hernández, L. F. (2020). *Modelo de distribución de queso amasado de la industria productos lácteos del norte*.
- Truden, C., Maier, K., & Armbrust, P. (2022). Decomposition of the vehicle routing problem with time windows on the time dimension. *Transportation Research Procedia*, 62, 131–138. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2022.02.017>
- Vargas-Pilla, A. H., Romero-Fernández, A. J., & Suárez-Torres, C. E. (2022). Modelo de gestión logística para pequeñas empresas agrícolas. *CIENCIAMATRIA*, 8(15), 4–22. <https://doi.org/10.35381/cm.v8i15.820>

- Vavřík, V., Gregor, M., & Grznár, P. (2017). Computer Simulation as a Tool for the Optimization of Logistics Using Automated Guided Vehicles. *Procedia Engineering*, 192, 923–928. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.06.159>
- Velásquez-Rodríguez, J., Cómbita-Niño, J. P., Parra-Negrete, K. A., Cabrera-Mercado, D., & Acosta-Fontalvo, L. (2022). Optimization of the distribution logistics network: a case study of the metalworking industry in Colombia. *Procedia Computer Science*, 198, 524–529. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.12.280>
- Verduga-Pino, A. (2020). Logística empresarial en empresas de producción, comercialización y de servicios en Portoviejo. *ECA Sinergia*, ISSN 1390-6623, ISSN-e 2528-7869, Vol. 5, N<sup>o</sup>. 1, 2014 (Ejemplar Dedicado a: Diciembre), 5(1), 11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6197595&info=resumen&id idioma=SPA>
- Vilén, K., & Ahlgren, E. O. (2023). Linear or mixed integer programming in long-term energy systems modeling – A comparative analysis for a local expanding heating system. *Energy*, 283, 129056. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2023.129056>
- Villamarín-Padilla, J. M., Aguilar-Miranda, G. J., Llamuca-Llamuca, J. L., & Villacrés-Suárez, W. H. (2019). Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal. *Visionario Digital*, 3(2), 63–81. <https://doi.org/10.33262/VISIONARIODIGITAL.V3I2.394>
- Wang, X., Liu, X., Jian, S., Peng, X., & Yuan, H. (2021). A distribution network reconfiguration method based on comprehensive analysis of operation scenarios in the long-term time period. *Energy Reports*, 7, 369–379. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.01.057>
- Wei, C., Gao, W. W., Hu, Z. H., Yin, Y. Q., & Pan, S. De. (2019). Assigning customer-dependent travel time limits to routes in a cold-chain inventory routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 133, 275–291. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2019.05.018>

- Wu, J. Y., & Hsiao, H. I. (2021). Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis. *Food Control*, *120*, 107501. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107501>
- Yagual Velástegui, A. M., Mite Albán, M. T., Narváez Cumbicos, J. G., & Proaño Chacha, S. A. (2019). Efecto del crecimiento económico del sector logístico sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, *25*(3).
- Yıldız, B., Savelsbergh, M., & Dogru, A. K. (2023). Transshipment network design for express air cargo operations in China. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, *12*, 100120. <https://doi.org/10.1016/J.EJTL.2023.100120>
- Zapata-Cortes, J. A., Vélez-Bedoya, Á. R., & Arango-Serna, M. D. (2020). Mejora del proceso de distribución en una empresa de transporte. *Investigación Administrativa*, *49*(126). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?>

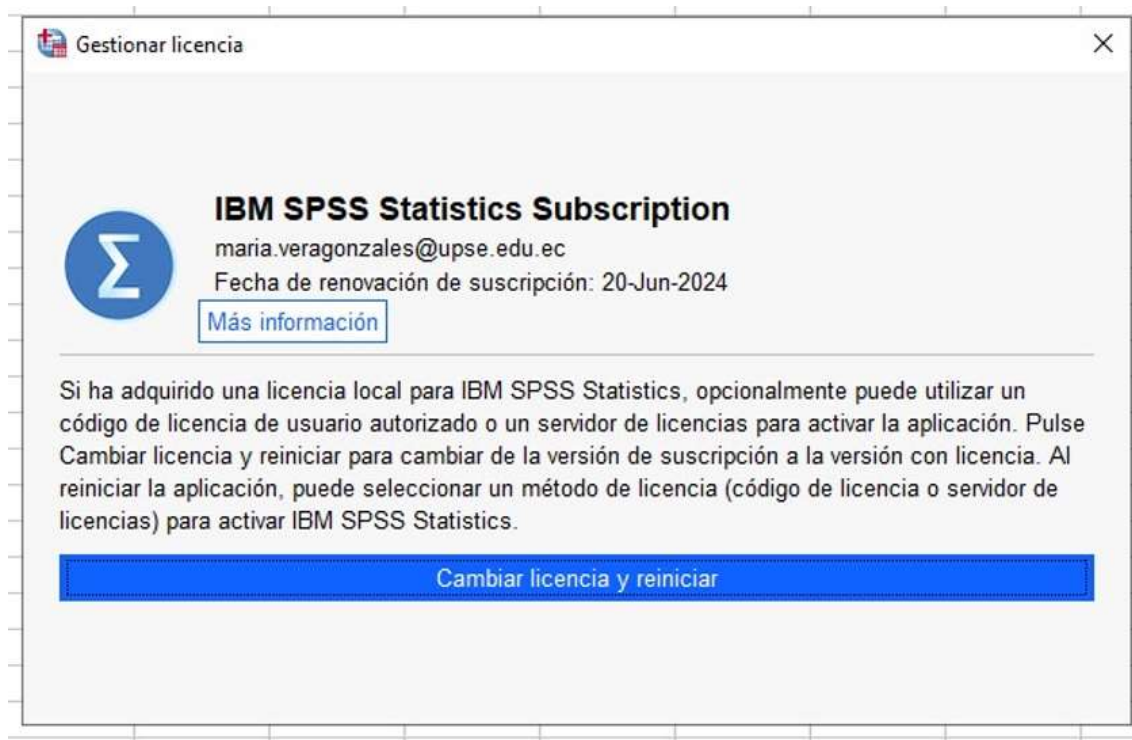
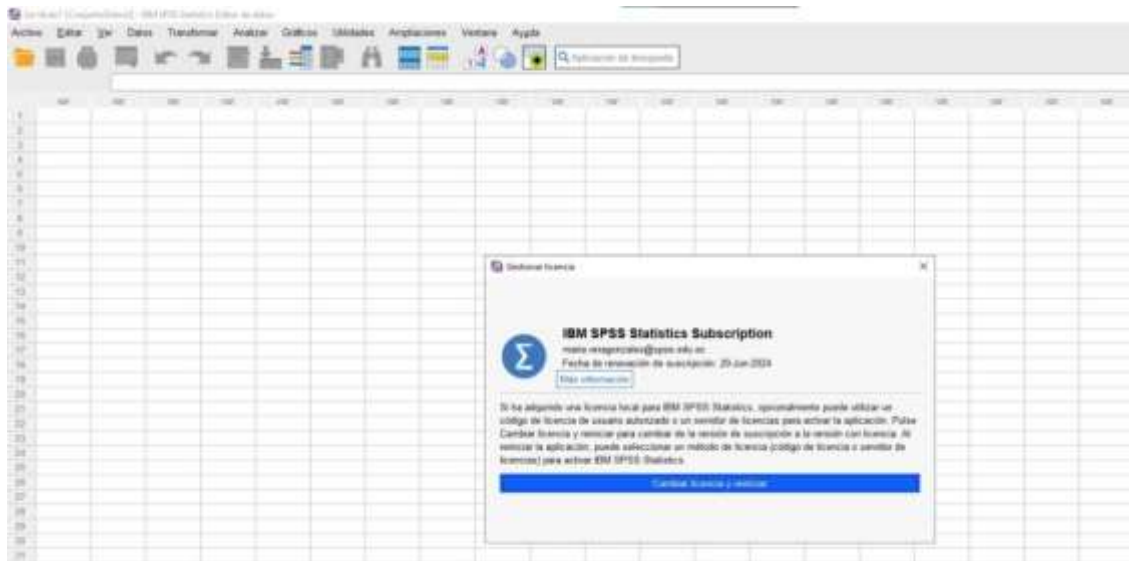
# ANEXOS

## Anexo A: Proceso de jerarquía analítica de AHP (entradas múltiples de EVM)



AHP Analytic Hierarchy Process (10x10 Matrix)											
Power Method (Dominant Eigenvalue)											
										Iterations	
										Normalization	
0,026	0,013	0,012	0,016	0,018	0,045	0,031	0,012	0,055	0,010	0,0201	
0,078	0,040	0,018	0,026	0,070	0,058	0,043	0,070	0,055	0,010	0,0405	
0,078	0,081	0,036	0,020	0,018	0,045	0,031	0,070	0,055	0,017	0,0405	
0,130	0,121	0,144	0,079	0,140	0,058	0,072	0,105	0,192	0,257	0,1415	
0,052	0,020	0,072	0,020	0,035	0,045	0,043	0,070	0,014	0,013	0,0354	
0,234	0,282	0,323	0,551	0,316	0,403	0,433	0,314	0,247	0,360	<b>0,3586</b>	
0,182	0,201	0,251	0,236	0,175	0,201	0,216	0,174	0,137	0,257	0,2128	
0,078	0,020	0,018	0,026	0,018	0,045	0,043	0,035	0,082	0,013	0,0321	
0,013	0,020	0,018	0,011	0,070	0,045	0,043	0,012	0,027	0,010	0,0235	
0,130	0,201	0,108	0,016	0,140	0,058	0,043	0,140	0,137	0,051	0,0950	
										11,21226	
<b>Check</b>	<b>2E-09</b>									err:	0,004035

## Anexo B: Licencia para utilizar el software SPSS Statistics.



## Anexo C: Cuestionario instrumento para la recolección de datos.



### UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**AUTOR:** Vera Gonzáles María Dayana

#### **Censo para la recolección de datos.**

**Objetivo:** Establecer el método del censo para la recolección de datos, necesarios para la modelación matemática de un sistema de distribución de los productos de la empresa Lácteos San Isidro S.A.

#### **Preguntas:**

**1. Los camiones requeridos para la distribución de quesos son:**

- Prestación de servicios   
Propios   
Mixto

**2. ¿Qué cantidad de camiones requiere para la distribución de quesos desde la planta procesadora hasta el centro de distribución?**

- 9 vehículos   
10 vehículos   
12 vehículos

**3. ¿Qué cantidad de camiones requiere para la distribución de quesos desde la planta procesadora hasta el centro de distribución?**

- 9 vehículos   
10 vehículos

**4. ¿Cuáles son los costos por transportar los productos lácteos desde la planta hacia el punto de distribución?**

- \$100 - \$500   
\$500 - \$1.000   
\$1.000 - \$5.000

**5. ¿Cuáles son sus costos por transportar quesos desde el punto de distribución hacia las sucursales?**

- \$1.000 - \$5.000   
\$5.000- \$10.000   
\$10.000- \$15.000

**6. ¿Cuántos puntos de venta disponen para la distribución de productos lácteos?**

- 13 sucursales   
23 sucursales   
33 sucursales

7. **¿Cuál es la frecuencia de distribución de los productos a las sucursales por semana?**

1 vez

3 veces

5 veces

8. **¿Existen inconvenientes en la distribución de los productos lácteos a sus sucursales?**

Sí

Tal vez

No

9. **¿Cuáles son los tipos de inconvenientes que se presentan en la distribución de quesos?**

Rutas no planificadas

Retrasos en los tiempos de entrega

Incremento de costos de transporte

10. **¿Cree usted que estos inconvenientes causan costos adicionales en la distribución de quesos?**

Sí

Tal vez

No

11. **¿Conoce usted que es un modelo logístico para la cadena de distribución?**

Sí

Tal vez

No

12. **¿Piensa usted que la empresa requiere la implementación de un modelo de distribución de quesos?**

Sí

Tal vez

No

**Anexo D:** Guía de la entrevista instrumento para la recolección de datos.



**UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**AUTOR:** Vera Gonzáles María Dayana

**Entrevista para la recolección de datos.**

**Objetivo:** Aplicar la técnica de entrevista para la recolección de datos, necesarios para la modelación matemática de un sistema de distribución de los productos de la empresa Lácteos San Isidro S.A.

**Preguntas:**

**P-1** ¿Cuáles son los puntos de distribución donde son comercializados el producto de la empresa?

---

---

**P-2** ¿Cuál es la capacidad de carga de los camiones de distribución?

---

---

**P-3** ¿Cuál es la distancia recorrida desde el almacenamiento hacia los puntos de distribución por camión?

---

---

**P-4** ¿Cuál es la capacidad de producción semanal de la empresa?

---

---

**P-5** ¿Costos totales de transporte de los productos lácteos?

---

---

**P-6** ¿Cuáles son los tiempos de distribución desde el centro de distribución hasta las sucursales?

**P-7** ¿Cuáles son los precios por unidad de los productos lácteos?

---

---

**P-8** ¿Se ha utilizado un modelo de distribución en la empresa?

---

---

**P-9** ¿Qué tipos de inconvenientes se presentan mediante la distribución de quesos a sus sucursales?

---

---

**P-10** ¿Al momento de presentarse inconvenientes se generan costos adicionales en el proceso de distribución de quesos?

---

---

**Anexo E:** Formato para la validación de instrumento para expertos.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

<b>Identificación del experto</b>	
<b>Validado por:</b>	
<b>Profesión:</b>	
<b>Cargo que desempeña:</b>	
<b>Fecha de validación:</b>	

Marque con una "X" dentro del cuadro de valoración, solo una vez por cada criterio, el que usted considere su opinión sobre los cuestionarios.

1. Totalmente desacuerdo
2. Desacuerdo
3. Indiferente
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Nº	CRITERIOS	VALORACION				
		1	2	3	4	5
1	Claridad: Esta formulado con el lenguaje apropiado y comprensible.					
2	Actualidad: Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología					
3	Suficiencia: Comprende los aspectos en cantidad y claridad					
4	Coherencia: Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems					
5	Metodología: La estrategia responde al propósito de la investigación					

	Validez general del cuestionario			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del cuestionario				

Firma de experto

\_\_\_\_\_

**Anexo F:** Recolección de datos en la empresa.



**Nota:** Censo en el área operativa de producción



**Nota:** Censo en el área de despacho



Nota: Censo en el área de producción

Anexo G: Tabulación de los datos en el software IBM SPSS Statistics.

VERA DAVIANA (Conjunto de datos) - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventanas Ayuda

Vista de: 14 de 14 variables

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	P_12	VI	VD	var	var
1	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Si	Si	Si	Si	7	8		
2	Mixto	3 vehículos	10 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Retras no p	No	No	Tal vez	15	12			
3	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	9			
4	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	23 sucursales	3 veces	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	8			
5	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retras no p	Si	Si	Si	8	9			
6	Mixto	3 vehículos	9 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Incremento	No	No	Si	15	11			
7	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retras no p	Si	Si	Si	8	9			
8	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$5.000 - \$10.000	23 sucursales	3 veces	Si Retras no p	Tal vez	No	Si	11	9			
9	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	8			
10	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	8			
11	Propios	6 vehículos	9 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Retras no p	No	No	Tal vez	14	12			
12	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	9			
13	Propios	3 vehículos	10 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Incremento	No	No	Si	14	12			
14	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	9			
15	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retras no p	Si	Si	Si	8	9			
16	Mixto	6 vehículos	12 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	23 sucursales	3 veces	Tal vez Incremento	No	No	Tal vez	16	13			
17	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Retras no p	Tal vez	Si	Si	18	9			
18	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	8			
19	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	3 veces	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	9			
20	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Incremento	No	No	Si	14	11			
21	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Retras no p	Tal vez	No	Si	12	11			
22	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	23 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Si	Si	Si	7	7			
23	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Retras no p	Si	Si	Si	9	10			
24	Propios	3 vehículos	9 vehículos	\$100 - \$500	\$1.000 - \$ 5.000	33 sucursales	1 vez	Si Retrasos e	Tal vez	Si	Si	8	7			
25	Mixto	3 vehículos	9 vehículos	\$500 - \$1.000	\$5.000 - \$10.000	33 sucursales	3 veces	Tal vez Incremento	No	No	Tal vez	16	11			

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics. Procesador está listo. Última de 0/0

VERA DIVINA SA [CorjansData1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Gráfico Utilidades Aplicaciones Ventana Ayuda

Tabla: 14 de 14 variables

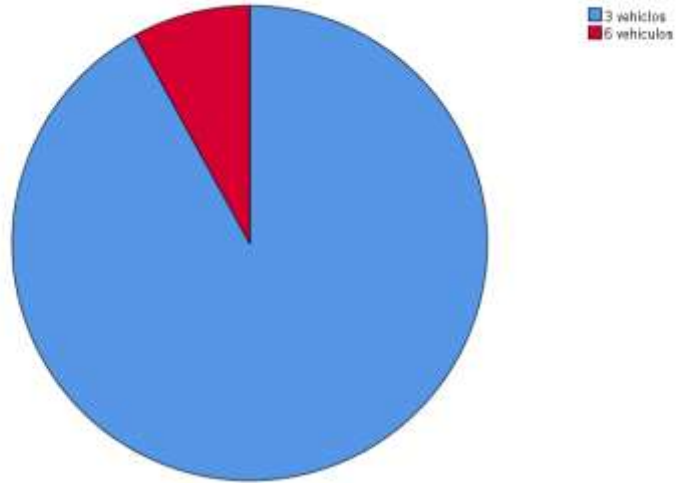
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	P_12	VI	VO	var	var
1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	7	8		
2	3	1	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	15	12		
3	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	7	9		
4	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	7	8		
5	2	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1	8	9		
6	3	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3	1	15	11		
7	2	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1	8	9		
8	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	3	1	11	9		
9	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	7	8		
10	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	7	8		
11	2	2	1	2	2	3	2	2	2	3	3	2	14	12		
12	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	7	9		
13	2	1	2	2	2	3	2	2	3	3	3	1	14	12		
14	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	7	9		
15	2	1	1	1	1	3	2	1	2	1	1	1	8	9		
16	3	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	16	13		
17	2	1	1	1	1	3	2	2	2	2	1	1	10	9		
18	2	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	7	8		
19	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	7	9		
20	2	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3	1	14	11		
21	2	1	1	2	2	3	2	2	2	2	3	1	12	11		
22	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	7	7		
23	2	1	1	1	2	3	2	2	2	1	1	1	9	10		
24	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	8	7		
25	3	1	1	2	2	3	2	2	3	3	3	2	16	11		

Ver datos Ver de variables

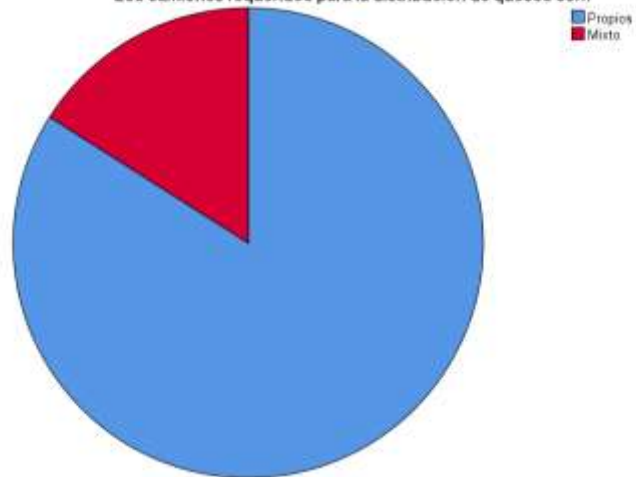
IBM SPSS Statistics Processor está listo | Jueves, 04/01/2012

## Anexo H: Resultados del censo realizado.

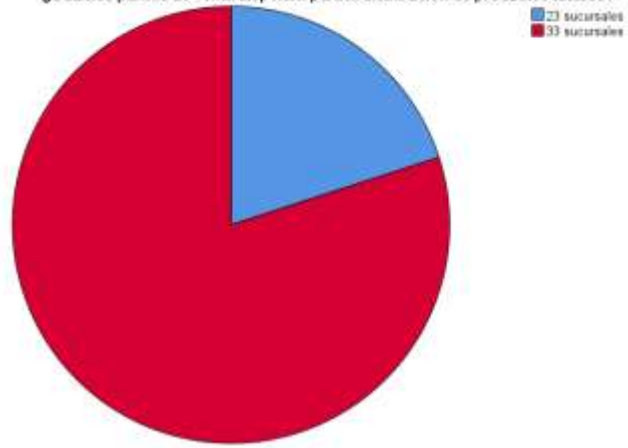
¿Qué cantidad de camiones requiere para la distribución de quesos desde la planta procesadora hasta el centro de distribución?



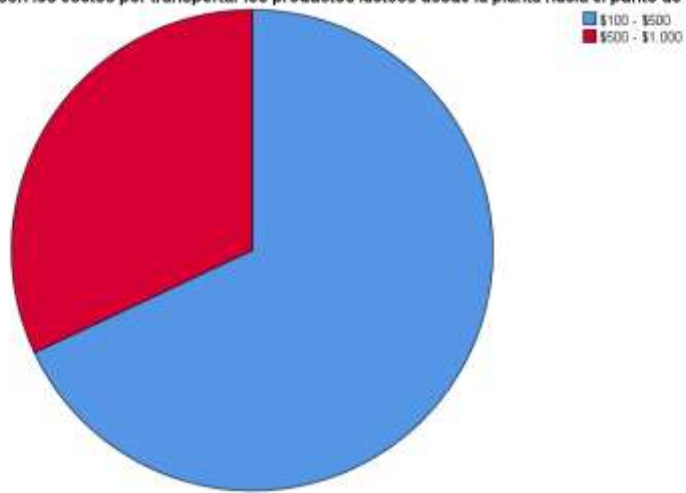
Los camiones requeridos para la distribución de quesos son:



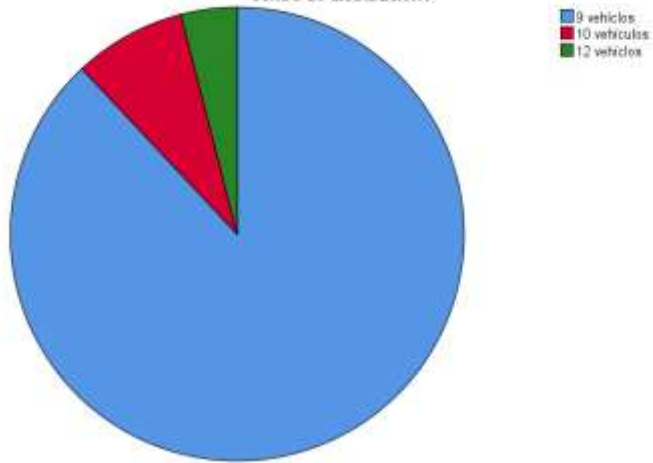
¿Cuántos puntos de venta disponen para la distribución de productos lácteos?



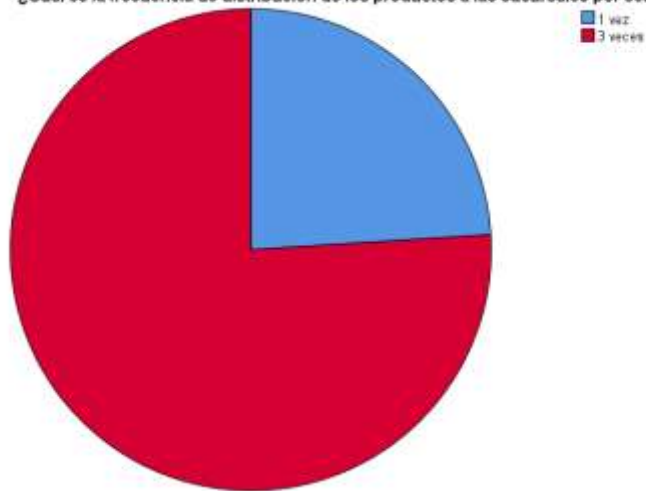
¿Cuáles son los costos por transportar los productos lácteos desde la planta hacia el punto de distribución?



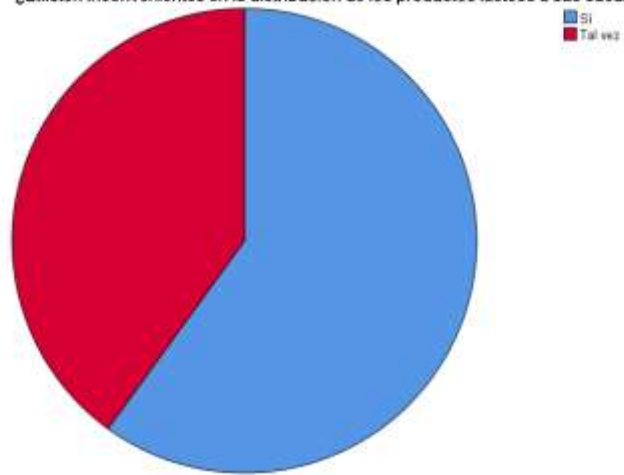
¿Qué cantidad de camiones requiere para la distribución de quesos desde la planta procesadora hasta el centro de distribución?



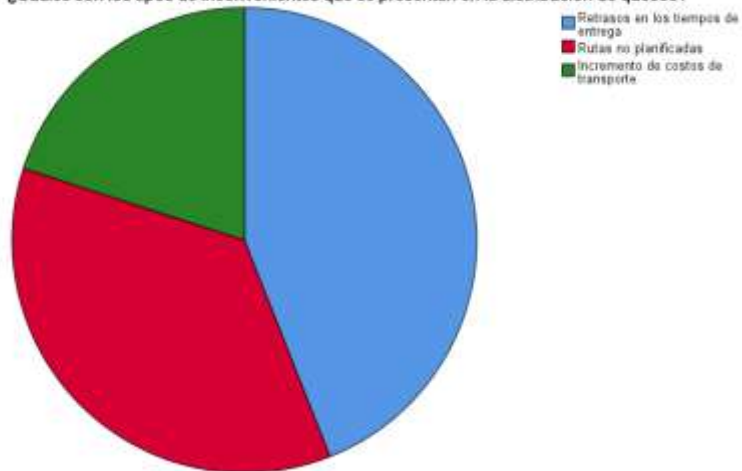
¿Cuál es la frecuencia de distribución de los productos a las sucursales por semana?



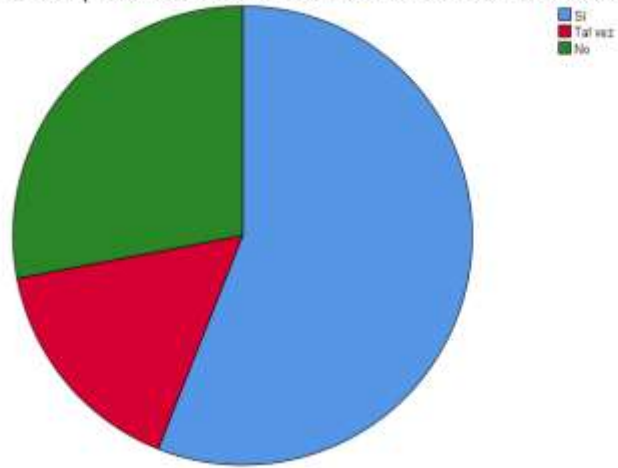
¿Existen inconvenientes en la distribución de los productos lácteos a sus sucursales?



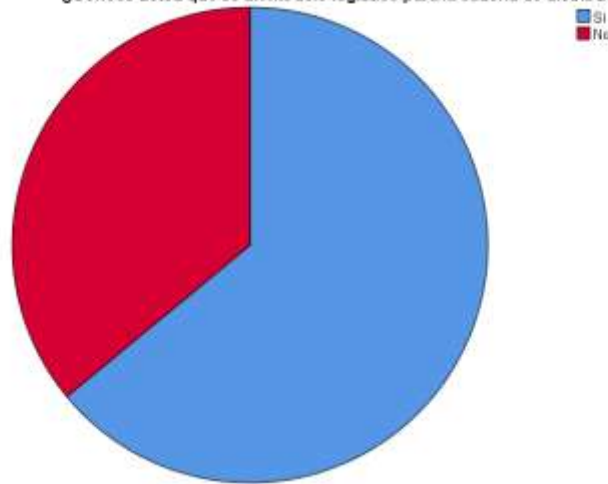
¿Cuáles son los tipos de inconvenientes que se presentan en la distribución de quesos?



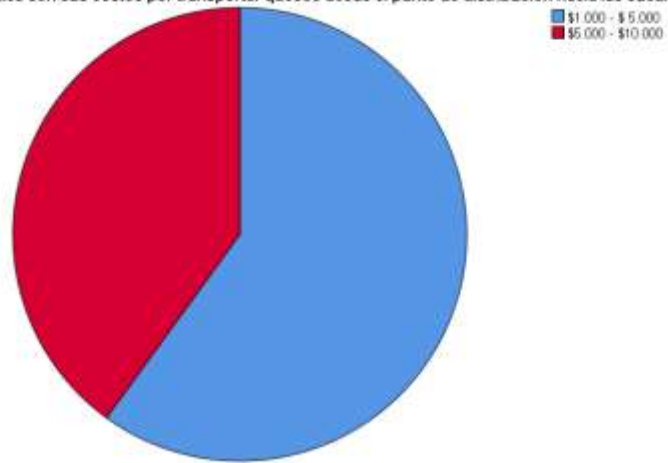
¿Cree usted que estos inconvenientes causan costos adicionales en la distribución de quesos?



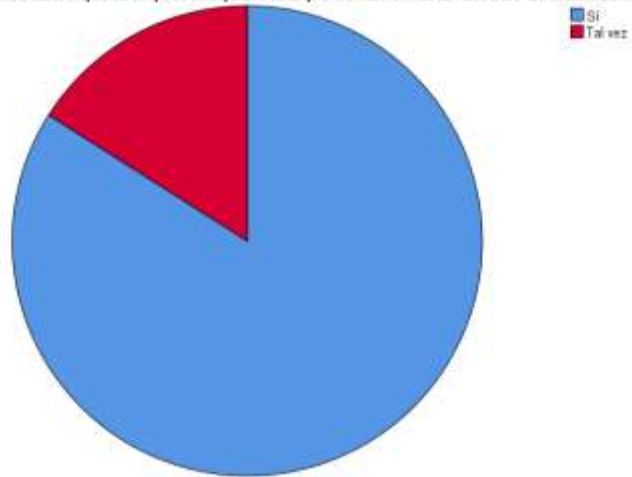
¿Conoce usted que es un modelo logístico para la cadena de distribución?



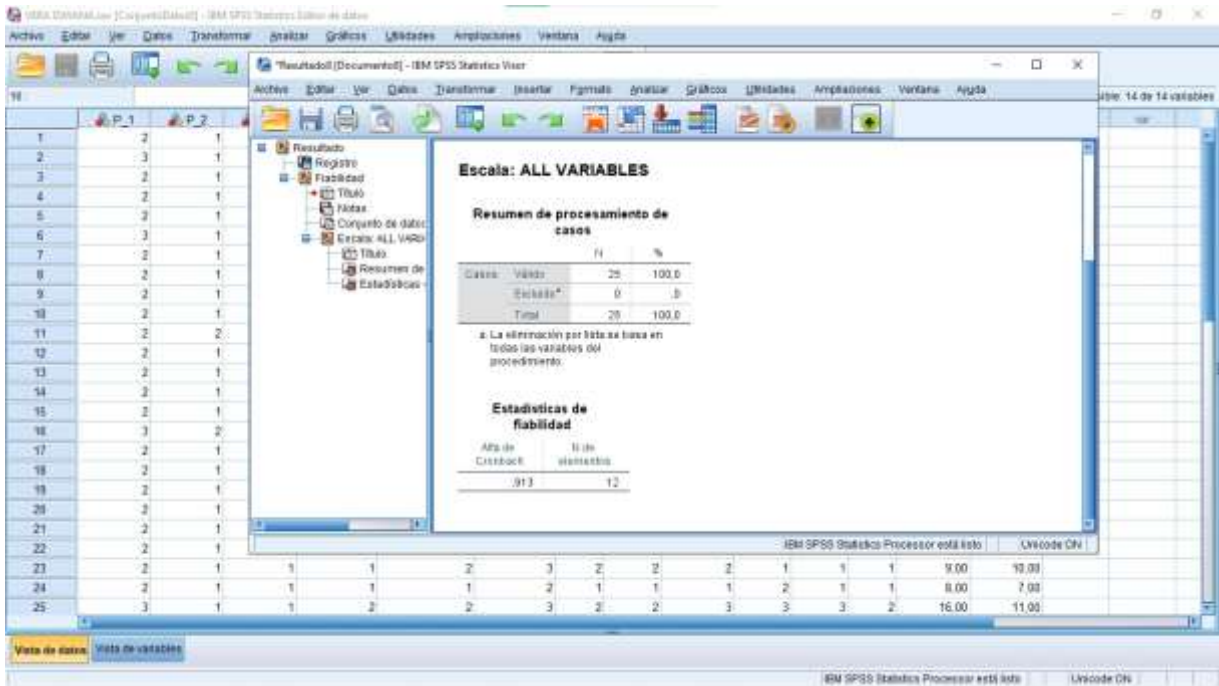
¿Cuáles son sus costos por transportar quesos desde el punto de distribución hacia las sucursales?



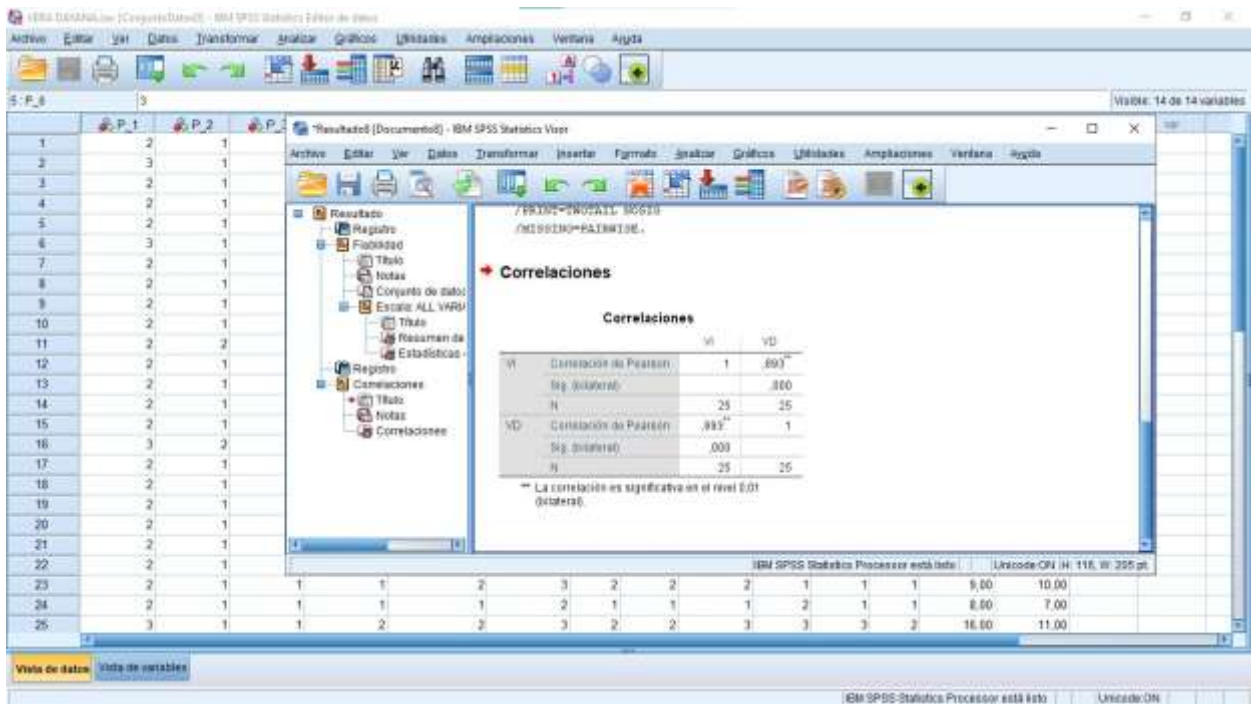
¿Piensa usted que la empresa requiere la implementación de un modelo de distribución de quesos?



## Anexo I: Coeficiente Alfa de Cronbach.



## Anexo J: Correlación de las variables.



## Anexo K: Aceptación de la empresa



Portoviejo, 5 de enero del 2024

Señorita  
María Dayana Vera Gonzáles  
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Me es grato dirigirme a usted para saludarle, a la vez desear éxitos en sus funciones diarias.

En referencia a su petición realizada mediante oficio con fecha 24 de noviembre del 2022, para desarrollar el proyecto de investigación (tesis de grado) en la Empresa Lácteos San Isidro con el tema "MODELO LOGÍSTICO EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN DE QUESOS PARA LA EMPRESA LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A. MANABÍ, ECUADOR"; aceptamos su petición y solicitamos que cualquier coordinación al respecto se realice con la Sra. Xiomara Jaramillo, su contacto es el 0993071576.

Auguramos que su Proyecto tenga el éxito esperado.

Por su gentil atención al presente, le agradezco.

Atentamente,

  
Dr. Juan José Lucas Saldarriaga  
REPRESENTANTE LEGAL  
LÁCTEOS SAN ISIDRO S.A.



Av. Manabí 326 entre Alajuela y Quito \* Quesería Alimentos Frescos  
RUC: 130187620001  
Email: atencion\_cliente@lacteos.com  
Portoviejo - Ecuador