

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Tema: “Logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Logística y Transporte

AUTOR: Vizcaino Irua Stalin Yocemar
TUTOR: MSc. Beltrán del Hierro Daniel Mauricio

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Vizcaino Irua Stalin Yocemar con el número de cédula 0401937768 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



MSc. Beltrán Del Hierro Daniel Mauricio

TUTOR

Tulcán, octubre de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de logística y transporte de la FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA EMPRESARIAL.

Yo, Vizcaino Irua Stalin Yocemar, con cédula de identidad número 0401937768 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Vizcaino Irua Stalin Yocemar

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Vizcaino Irua Stalin Yocemar, declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A." y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Yocemar', is written over a horizontal line.

Vizcaino Irua Stalin Yocemar

AUTOR

Tulcán, octubre de 2026

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa tan importante de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme fuerzas cuando sentía que no podía continuar, por iluminar mi camino y permitirme cumplir este sueño que representa tantos esfuerzos y sacrificios.

A mis padres, gracias por ser mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia. Cada logro que alcanzo también les pertenece a ustedes, porque detrás de cada paso siempre estuvieron sus consejos, su amor incondicional y el apoyo que jamás me faltó. Gracias por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme que con esfuerzo todo es posible. De manera especial, gracias a mi madre, quien con sus palabras me recordaba siempre que "El querer es poder, el no querer es no poder" me enseñó el valor máspreciado: la perseverancia.

A mi familia, por acompañarme con palabras de ánimo, abrazos sinceros y por estar presentes en cada momento importante de este proceso. Su cariño fue una de mis mayores fortalezas.

A mis docentes y tutor, gracias por compartir sus conocimientos y guiarme con paciencia y dedicación durante el desarrollo de esta investigación.

También agradezco a mis amigos y a todas las personas que estuvieron a mi lado, motivándome a no rendirme cuando el cansancio y las dificultades aparecían.

Finalmente, gracias a la vida por permitirme llegar hasta aquí. Este logro no solo representa una meta académica, sino también el resultado de muchos sacrificios, lágrimas, aprendizajes y sueños que hoy se convierten en realidad.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la sabiduría y transformar este proceso en una escuela de fe. Le agradezco por haberme enseñado el verdadero significado de esforzarse y ser valiente, por sostenerme para no temer ni desmayar ante los obstáculos, y por cada certeza absoluta de que su presencia estuvo, está y estará conmigo en cualquier lugar a donde fuera.

Con la más profunda gratitud, a mis amados padres, Albita Irua y Ermel Vizcaino. Este título es el fruto de su esfuerzo, de sus noches de desvelo y de cada sacrificio silencioso que hicieron para darme el futuro que hoy construyo. Gracias por postergar sus propios sueños para impulsar los míos, por su amor incondicional y por enseñarme que el trabajo duro, la humildad y honestidad abren cualquier puerta. Su fe inquebrantable en mí, incluso cuando yo dudaba, fue el motor que me trajo hasta aquí; todo lo que soy se lo debo a ustedes por eso este logro es más suyo que mío.

A mi hermana, Blanca Irua, por su compañía, cariño y apoyo incondicional. Así mismo, a mi familia y amigos, quienes con sus palabras de aliento, alegrías compartidas y motivación constante estuvieron presentes en los momentos difíciles y felices para hacer este camino más ligero.

De manera especial, me dedico este logro a mí mismo, por la disciplina, la paciencia y sobre todo la constancia para seguir adelante. Al mismo tiempo, lo dedico a mis abuelitos maternos, quienes hoy me cuidan desde la eternidad; aunque partieron al cielo cuando cursaba mi segundo año de universidad, su amor, sus bendiciones y su ejemplo se quedaron conmigo para siempre. Su partida dejó un vacío, pero el recuerdo de sus palabras me impulsó a seguir adelante con valentía. Este título es un testimonio de la fidelidad de Dios y del hermoso legado que ustedes dejaron en mí.

ÍNDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
I. EL PROBLEMA.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.4.3. Preguntas de Investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1. Teoría: Gestión de la cadena de suministro verde: <i>theoretical framework and further research directions</i>	22
2.2.2. Teoría de restricciones.....	23
2.2.3. Teoría del abastecimiento sostenible (<i>Sustainable Procurement</i>)	23
2.2.4. Gestión de la cadena de frío (<i>Cold Chain Management</i>)	24
2.2.5. Economía circular (<i>Circular Economy</i>)	25
2.2.6. Desempeño ecológico (<i>Green Performance Measurement</i>)	26
2.2.7. Natural resource-based view (NRBV)	26
2.2.8. La gestión de producto (<i>Product Stewardship</i>)	27
2.2.9. Norma de calidad ISO 14001	27
2.2.10. Logística verde	28
2.2.11. Integración ambiental.....	29

2.2.12. Gestión de residuos y emisiones	29
2.2.13. Certificaciones y estándares verdes	30
2.2.14. Gestión de abastecimiento	30
2.2.15. Selección y evaluación de proveedores	31
2.2.16. Gestión de inventarios sostenible	32
2.2.17. Coordinación proveedor – cliente	32
III. METODOLOGÍA	34
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	34
3.1.1. Población de muestra	34
3.1.2. Enfoque	34
3.1.3. Tipo de Investigación.....	35
3.2. IDEA A DEFENDER	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	36
3.3.1. Definición de variables.....	36
3.3.2. Operacionalización de variables	36
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	40
3.4.1. Método Inductivo	40
3.4.2. Método Deductivo	42
3.4.3. Método Analítico	43
3.4.4. Método Sintético	44
3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	46
3.5.1. Registros históricos.....	46
3.5.2. Fichas de registro	47
3.5.3. Procesamiento de datos en Excel	47
3.5.4. Análisis estadístico descriptivo	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. RESULTADOS	49

4.1.1. Caracterizar la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A."	49
4.1.2. Determinar los procesos de la logística verde en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.	62
4.1.3. Proponer estrategias de mejora que integren la logística verde en la gestión de abastecimiento en la microempresa "El Carmelo S.C.A."	81
4.2. DISCUSIÓN	87
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1. CONCLUSIONES	92
5.2. RECOMENDACIONES.....	93
VI. ACRÓNIMOS.....	95
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
VIII. ANEXOS.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente logística verde	36
Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente gestión del abastecimiento	39
Tabla 3. Portafolio productivo de "El Carmelo S.C.A."	51
Tabla 4. Clasificación ABC de insumos.....	56
Tabla 5. Caracterización del control de existencias.....	57
Tabla 6. Caracterización técnica de los vehículos de transportistas independientes	58
Tabla 7. Resultados técnicos de laboratorio.....	59
Tabla 8. Contraste entre la realidad operativa y el modelo ideal	61
Tabla 9. Síntesis de recolección de leche cruda y emisiones de CO ₂ (2022-2026)	68
Tabla 10. Evolución de la generación de lactosuero.	70
Tabla 11. Generación total, promedio mensual y variación del lactosuero	71
Tabla 12. Consumo e intensidad energéticos.	74

Tabla 13. Consumo hídrico e intensidad de agua.....	76
Tabla 14. Resumen de hallazgos en procesos de logística verde.	81
Tabla 15. Estrategia de bucle abierto.	87
Tabla 16. Comparación logros de investigación	88
Tabla 17. Cálculo del factor impacto de inclinación sobre las rutas	114
Tabla 18. Rango de inclinación vial como determinantes de las emisiones de CO ₂	115
Tabla 19. Historial de consumo hídrico C00334 JAAPS El Carmelo	116
Tabla 20. Historial de consumo energético 200032003598 EmelNorte.....	117
Tabla 21. Historial de generación de lactosuero "El Carmelo S.C.A."	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la microempresa	49
Figura 2. Ubicación de la microempresa en la parroquia El Carmelo	50
Figura 3. Matriz de Kraljic respecto a insumos	53
Figura 4. Georreferenciación de rutas para la recolección de leche cruda.....	63
Figura 5. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 1 Asociación 4 de febrero	65
Figura 6. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 2 Stalin Carapaz	66
Figura 7. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 3 Humberto Portilla	67
Figura 8. Tendencia de generación de lactosuero periodo 2022-2026	72
Figura 9. Tendencia sobre la intensidad energética	75
Figura 10. Tendencia sobre la intensidad hídrica.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	99
Anexo 2. Instrumento 1: Entrevista dirigida al gerente de la empresa.....	101
Anexo 3. Instrumento 2: Ficha de observación N° 1 y 2, logística verde en la gestión de operaciones	105
Anexo 4. Instrumento 3 lista de verificación documental	107
Anexo 5. Facturas.....	109
Anexo 6. Informe de análisis de leche cruda: Crioscopia y Físico Químico	111
Anexo 7. Perfil altimétrico y nivel porcentual de pendientes de las rutas de los transportistas de leche.....	112
Anexo 8. Factor impacto sobre las rutas de recolección	114
Anexo 9. Rango de inclinación de pendientes como factor impacto en emisiones CO ₂	115
Anexo 10. Historial de consumo hídrico C00334 JAAPS El Carmelo	116
Anexo 11. Historial de consumo energético 200032003598 Emel Norte	117
Anexo 12. Historial de generación de lactosuero "El Carmelo S.C.A."	119
Anexo 13. Instrumentos validados	121

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar la relación de la logística verde con la gestión de abastecimiento de la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A.", ubicada en la parroquia El Carmelo, cantón Tulcán, provincia del Carchi. Ante la necesidad de optimizar las cadenas de suministro rurales, se adoptó un enfoque metodológico mixto de alcance descriptivo y asociativo, de carácter documental, de campo y de estudio de caso único. La población de estudio estuvo conformada de manera censal por los sujetos participantes: la gerencia de la planta y 3 transportistas independientes que cubren 3 rutas de recolección (27,2 km, 34,3 km y 37,8 km). Como fuentes documentales de información, se analizó el acervo de registros operativos del periodo julio 2022 – abril 2026, integrado por facturas de servicios básicos (EmelNorte C200032003598 y JAAPS C00334), tarjetas de inventario Kardex, actas de recepción, informes de laboratorio (GADPC-LLSA-0045-26) y trazas de georreferenciación GPS (gpx/ kml). Los resultados diagnósticos evidenciaron que la gestión de abastecimiento tradicional opera bajo un modelo empírico, caracterizado por planificación manual, permanencias de inventario de 7 a 21 días y ausencia de criterios ambientales en la selección de proveedores. En cuanto a la logística verde, se identificó un desempeño heterogéneo: nivel avanzado en la reutilización de lactosuero (100%), desempeño intermedio en eficiencia energética con una reducción acumulada del 34,45% en la intensidad de uso (kWh/100 L) entre 2023 y 2025, seguida de un incremento estacional posterior del 37,48% en el primer cuatrimestre de 2026 (1,16 kWh/100 L), e intensidad hídrica de 2,04 L/L, junto con niveles nulos en empaques biodegradables (0%). Finalmente, se propusieron cuatro estrategias de mejora: reconfiguración de la red de acopio en el nodo intermedio Playa Alta (*Hub-and-Spoke*), transición gradual a empaques sostenibles, gestión digitalizada de inventarios (ABC-Kanban-FEFO) y valorización del lactosuero con submedidores de ecoeficiencia (\$450 USD).

Palabras Clave: Logística verde, gestión de abastecimiento, economía circular, eficiencia operativa, microempresa láctea.

ABSTRACT

The primary objective of this research was to analyze the relationship between green logistics and supply management at the dairy microenterprise "El Carmelo S.C.A.", located in the El Carmelo parish, Tulcán canton, Carchi province. Prompted by the imperative to optimize rural supply chains, a mixed-methods research design with a descriptive and associative scope was adopted, integrating documentary analysis, field research, and a single-case study framework. The study population was surveyed on a census basis, comprising the participating subjects: plant management and 3 independent transport contractors covering three collection routes (27.2 km, 34.3 km, and 37.8 km). As documentary sources of information, the repository of operational records spanning from July 2022 to April 2026 was examined, encompassing utility bills (EmelNorte C200032003598 and JAAPS C00334), Kardex inventory cards, receiving logs, laboratory reports (GADPC-LLSA-0045-26), and GPS georeferencing tracks (gpx/kml). Diagnostic findings revealed that traditional supply management operates under an empirical model characterized by manual procurement planning, inventory retention periods ranging from 7 to 21 days, and the absence of environmental criteria in supplier selection. Regarding green logistics, performance proved heterogeneous: an advanced level in whey reuse (100%), an intermediate level in energy efficiency marked by a cumulative 34.45% reduction in energy consumption intensity (kWh/100 L) between 2023 and 2025, followed by a subsequent seasonal increase of 37.48% during the first four months of 2026 (1.16 kWh/100 L) a water intensity of 2.04 L/L, and zero adoption of biodegradable packaging (0%). Finally, four strategic improvement measures were formulated: the reconfiguration of the collection network around the Playa Alta intermediate node (*Hub-and-Spoke*), a gradual transition toward sustainable packaging, digitalized inventory management (ABC, Kanban, FEFO), and whey valorization paired with eco-efficiency submetering (\$450 USD).

Keywords: Green logistics, supply management, circular economy, operational efficiency, dairy micro-enterprise.

INTRODUCCIÓN

La producción láctea en las zonas rurales de Ecuador sostiene la economía y el empleo de miles de familias campesinas. Sin embargo, el procesamiento de derivados lácteos en pequeñas plantas suele arrastrar ineficiencias críticas en el consumo de agua y energía, problemas que se agravan por la variabilidad del clima y el mal estado de las carreteras secundarias de acopio. Para evitar pérdidas operativas y mitigar el impacto ambiental en estas regiones, se vuelve indispensable reestructurar los métodos de trabajo tradicionales.

Bajo esta necesidad, la logística verde aporta un marco técnico para equilibrar el cuidado del entorno con la eficiencia del suministro. Este trabajo analiza dicho enfoque en la microempresa "El Carmelo S.C.A.", ubicada en la provincia del Carchi, evaluando problemas específicos como el trazado manual de las rutas de recolección de leche y el almacenamiento excesivo de insumos. El aporte principal consiste en un modelo operativo viable que muestra cómo las pequeñas plantas lácteas pueden adoptar prácticas de economía circular sin arriesgar sus estrechos márgenes de ganancia.

La microempresa de productos lácteos "El Carmelo S.C.A." situada en la provincia del Carchi, no ha estado exenta de estas tendencias globales, a pesar de contar con unos procesos productivos consolidados y con clientes estables junto a proveedores locales; la organización opera con base en prácticas logísticas tradicionales caracterizadas por una planificación manual, la ausencia de tecnologías de control ambiental y la preferencia por varios criterios económicos, sobre los criterios de sostenibilidad. De tal forma que surgió la necesidad de investigar cómo la logística verde podría influir en la mejora de su gestión de aprovisionamiento.

El trabajo de integración curricular se organizó en cinco capítulos. El primer capítulo se orientó sobre el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de la investigación. Consecutivamente el segundo capítulo presentó la fundamentación teórica, considerando la revisión de los estudios previos y el marco conceptual sustentador en teorías como la *Green Supply Chain Management*, la teoría de las restricciones y la economía circular. El tercer capítulo delimitó el marco metodológico el que fue utilizado con un enfoque mixto, el cuarto capítulo expuso los resultados del diagnóstico operativo y el análisis de la información con respecto al conocimiento

científico actual. Por último, el quinto capítulo dilucidó las directrices de los dictámenes finales derivados del estudio, así como las sugerencias.

La importancia de esta investigación se centró en la contribución práctica para la microempresa analizada, al sugerir estrategias de mejora adaptadas al contexto y viables, así como en su contribución teórica al campo de la logística sostenible aplicada a MIPYMES lácteas en economías emergentes.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global, la logística verde se ha consolidado como un pilar estratégico para la sostenibilidad en la industria láctea, donde la reconfiguración de las cadenas de suministro es urgente ante el cambio climático, la presión regulatoria y las exigencias de un mercado consciente (Hongquan y Rashid Abdullah, 2024; Sinha y Mishra, 2023). Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (2026), la producción de leche supera los 800 millones de toneladas anuales, generando impactos ambientales críticos en transporte, refrigeración y gestión de residuos; un desafío de descarbonización global que repercute localmente en la microempresa "El Carmelo S.C.A." al depender de combustibles fósiles en el acopio y de la red eléctrica convencional para la conservación en frío de la materia prima. Esta situación se asocia al estrechamiento de los márgenes de ganancia de los pequeños productores debido al encarecimiento de insumos y combustibles IFCN e InLac (2025). En Latinoamérica, esta vulnerabilidad se intensifica por fenómenos climáticos extremos como El Niño, el cual deteriora severamente las carreteras secundarias de segundo y tercer orden mediante las lluvias y deslaves, afectando la continuidad de la recolección rural de leche (Sistemas de Información Lácteo [SILAC], 2024). Esta fragilidad vial y operativa afecta directamente a las MIPYMES, las cuales enfrentan barreras estructurales como altos costos de transición, falta de capacitación y resistencia al cambio (Satolo et al., 2020). Evidencia de esto se observa en plantas lácteas de economías emergentes evaluadas por Satolo et al. (2020), donde las ineficiencias logísticas como una baja rotación de inventarios de apenas 0.99 veces al mes provocan una severa carga económica con una intensidad de impacto de 2,43 que supera al propio impacto ambiental directo. Este escenario coincide con el diagnóstico operativo de "El Carmelo S.C.A.", donde la planificación manual y el almacenamiento inmovilizado de insumos por un lapso de 7 a 21 días genera pérdidas anuales del 2% al 3% por vencimiento de materiales. Finalmente, la escasa adopción de tecnología local sitúa a los pequeños procesadores en desventaja competitiva frente a la apertura comercial y la entrada de importaciones lácteas más eficientes(InLac, 2022a).

En Ecuador, el sector lácteo es un motor económico clave en zonas rurales, donde microempresas como "El Carmelo S.C.A." generan empleo y desarrollo local. Sin embargo, opera bajo un modelo empírico que ignora la logística verde, presentando cadenas de frío deficientes, dependencia de combustibles fósiles, rutas no optimizadas y gestión reactiva de inventarios (Sinha y Mishra, 2023). Aunque existen políticas de economía circular, su aplicación es incipiente por la falta de incentivos fiscales, capacitación técnica y financiamiento (Prakash y Gopika, 2025). Esta operación tradicional incrementa los costos, las emisiones de CO₂ y la huella ecológica, limitando su rentabilidad y competitividad frente a mercados cada vez más exigentes (Satolo et al., 2020).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué aportes permite la logística verde identificar en la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.?

1.3. JUSTIFICACIÓN

La trascendencia de este estudio se justificó por la apremiante obligación de profesionalizar las cadenas de abastecimiento rurales frente a las proyecciones estructurales del sector lácteo global. Según el panorama lácteo a largo plazo de la IFCN y InLac (2025), se estima que para el año 2035 existirá una brecha proyectada entre la oferta y la demanda mundial, con una demanda insatisfecha de -19,1 mil millones de litros, escenario que exige que las microempresas optimicen sus procesos internos para garantizar la disponibilidad de productos en entornos sostenibles (SILAC, 2024). Paralelamente, el sector atraviesa un proceso de consolidación drástica, pues se prevé que el 17 % de los ganaderos abandonará la actividad para 2035 debido a la falta de rentabilidad, el endurecimiento de la normativa ambiental y la escasez de relevo generacional (IFCN y InLac, 2025). Ante esta coyuntura, la implementación de la logística verde deja de representar una mera opción ética para consolidarse como una ventaja competitiva estratégica. En este sentido, la microempresa "El Carmelo S.C.A." ha evidenciado que la optimización interna constituye el eje central de la sostenibilidad, al lograr una reducción del 34,45% en su intensidad energética hasta 2025; esta transición ecológica se alinea con los lineamientos estratégicos del sector, los cuales establecen que la integración de criterios verdes en la cadena de valor no solo mitiga riesgos regulatorios, sino que actúa como un catalizador del rendimiento sistémico que robustece la capacidad de adaptación institucional de las microempresas frente a mercados cada vez más exigentes (InLac, 2022a). Por lo

tanto, profesionalizar el abastecimiento bajo parámetros de sostenibilidad se convierte en un imperativo de supervivencia empresarial.

Desde una perspectiva teórica y práctica, el estudio aborda una brecha de conocimiento significativa al contextualizar la logística verde en la gestión del aprovisionamiento del sector microempresarial lácteo ecuatoriano, ámbito donde su aplicación permanece incipiente debido a la insuficiencia de incentivos fiscales y mecanismos de financiamiento (Prakash y Gopika, 2025). La investigación propone estrategias concretas que permitan a la organización superar un modelo empírico tradicional, caracterizado por la ausencia de ruteo optimizado, el manejo reactivo de inventarios y la carencia de empaques sostenibles, factores que actualmente incrementan los costos operativos, la liberación de gases de efecto invernadero y la afectación ecológica (Satolo et al., 2020). La implementación de herramientas tecnológicas de bajo costo, ejemplificada en los algoritmos de optimización de itinerarios constituye un factor determinante para sofisticar la planificación del aprovisionamiento, mitigar el impacto climático y maximizar el rendimiento de los activos existentes. Así mismo, el abordaje metodológico del estudio permite evidenciar que la cultura organizacional y la eficiencia operativa constituyen factores determinantes significativos y positivos del desempeño sostenible Hongquan y Rashid Abdullah (2024), aportando evidencia empírica transferible a otras MIPYMES latinoamericanas que enfrentan barreras estructurales análogas, como infraestructuras deficientes y la necesidad de marcos de colaboración interinstitucional que estimulen el financiamiento de infraestructura ecoeficiente y metodologías de producción sostenible (Ngatia, 2025). Desde el punto de vista social, la investigación robustece el tejido productivo rural, dado que el sector lácteo ecuatoriano al actuar como motor económico y generador de empleo local se encuentra en conveniente sintonía con la microempresa; Consolidar la sostenibilidad de la microempresa cooperativa implica proteger las fuentes de trabajo de sus colaboradores y generar un desarrollo territorial más resiliente e inclusivo.

Finalmente, la investigación posee una marcada utilidad metodológica al emplear un diseño de enfoque mixto que integra componentes cuantitativos y cualitativos, garantizando así una representación analítica más precisa del fenómeno y una riqueza interpretativa debidamente contextualizada (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018). El abordaje metodológico ayuda a operacionalizar la logística verde en el marco del enfoque integral (financiera, comunitaria y ecológica) y

también facilita la estructuración de la gestión del abastecimiento en torno a los ejes de la eficiencia operativa, el control de costes y la relación con proveedores. La obtención de datos primarios, actualizados y estudiados a conciencia se llevó a cabo a través de un diseño de campo basado en la observación directa y el uso de la entrevista semiestructurada, siguiendo el procedimiento que asegura dejar suficientes evidencias del sentido establecido en relación con los atributos de los casos abordados y que no se hace inoperante a la hora de buscar reiterar los hallazgos en todas las variables en relación con la investigación. Por lo tanto, el estudio posibilita un aporte multidimensional que va más allá de la resolución de problemas operativos inmediatos, contribuyendo al mismo tiempo al aumento de la narrativa teórica sobre la sostenibilidad de la microempresa y apuntando cómo se describe anteriormente los Marcos metodológicos aplicados en la cadena de suministro rural. De este modo el estudio no solamente valida la logística verde como pilar estratégico de la competitividad de la cadena de suministro del sector lácteo, sino que también establece un antecedente replicable para obtener la transformación sostenible de las economías locales en entornos de recursos limitados.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Analizar la relación entre la logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos “El Carmelo S.C.A.”
- Determinar los procesos de la logística verde en la microempresa de lácteos.
- Proponer estrategias de mejora que integren la logística verde en la gestión de abastecimiento en la microempresa “El Carmelo S.C.A.”

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cuáles son los elementos de la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo?

¿Cuáles son los procesos de la logística verde en la microempresa de lácteos?

¿Qué estrategias de mejora contribuyen a la integración de la logística verde en la gestión de abastecimiento?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sinha y Mishra (2023) tuvieron como objetivo examinar los mecanismos de control que rigen el abastecimiento integral en la industria láctea india, contrastarlas con las de Danone en Francia y determinar el papel que podría desempeñar la inteligencia artificial para mejorar la sostenibilidad de las mencionadas cadenas. Utilizaron un enfoque cualitativo basado en estudio de caso comparativo, analizando fuentes secundarias como artículos indexados en Scopus y Web of Science, informes gubernamentales y estudios de caso. Los resultados mostraron que, si bien ambas empresas implementan prácticas verdes, Danone supera a Amul en integración tecnológica lo que mejora la eficiencia y sostenibilidad logística. Este hallazgo aporta en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A" al evidenciar que la adopción de tecnologías accesibles como IoT o sistemas de ruteo inteligente pueden optimizar la gestión del abastecimiento, reducir los costes operativos y minimizar la huella de carbono, incluso en contextos de recursos limitados (Sinha y Mishra, 2023).

Satolo et al. (2020) en la investigación realizada buscaron evaluar las repercusiones financieras, el impacto comunitario y la huella eco sistemática derivados de las actividades logísticas de una microempresa láctea en Brasil, con el fin de identificar brechas en sostenibilidad. Aplicaron un estudio de caso único de enfoque cuantitativo, utilizando el modelo de evaluación de logística sostenible, que mide 25 indicadores en transporte, almacenamiento, empaque y adquisición. Hallaron que el mayor impacto negativo se centra en la dimensión económica con una intensidad de (2,43), principalmente por baja rotación de inventarios (0,99/mes) y altos costos de transporte. Este estudio demuestra que, en microempresas lácteas de economía emergente como "El Carmelo", las ineficiencias logísticas como rutas no optimizadas o proveedores distantes afectan más la rentabilidad que el medio ambiente, sugiriendo acciones concretas como la planificación de rutas y el desarrollo de proveedores locales para fortalecer la gestión de abastecimiento (Satolo et al., 2020).

Ngatia (2025) tenía como finalidad determinar el impacto derivado de las acciones de la administración logística sustentable como en la compra, la manufactura y

distribución del rendimiento de las organizaciones manufactureras de lácteos en Kenia. Aplicó un diseño de investigación descriptivo con una población censal de 34 empresas, a partir de la utilización de cuestionarios semiestructurados y análisis estadístico inferencial. Los resultados mostraron una relación positiva y significativa de estas prácticas con el rendimiento organizacional. A pesar de ello, el trabajo concluye que, para sobreponerse a las dificultades estructurales y de recursos de un contexto en vías de desarrollo, debe haber un conjunto de políticas propuestas por organismos reguladores que promuevan la colaboración entre los fabricantes y todas las partes interesadas. La investigación tiene un impacto directo en la microempresa "El Carmelo S.C.A." porque muestra que, además de la voluntad interna, la implementación exitosa de la logística verde por parte de las MIPYMES lácteas tiene que formar parte de la propia estrategia de la empresa, pero con alianzas, soporte institucional y Marcos normativos que disminuyan las pérdidas operativas y promuevan la sostenibilidad a largo plazo.

Hongquan y Rashid Abdullah (2024) investigaron los indicadores de sostenibilidad empresarial en la industria procesadora de leche en China a partir de la adopción de las redes de suministro verdes, mediante un estudio cuantitativo transversal bajo encuestas a una muestra representativa analizada mediante regresión múltiple. Los hallazgos permiten concluir que, tanto la eficiencia operativa ($\beta = 0.685$, $p < 0.001$) como la cultura organizacional ($\beta = 0.442$, $p < 0.001$) se evidencian como antecesores significativos y positivos del desempeño sostenible, a la vez que la dependencia de recursos mantiene una relación inversa y las presiones regulatorias no se comportan como estadísticamente significativas. Este descubrimiento es relevante porque demuestra que la sostenibilidad no está condicionada por regulaciones externas, sino que proviene del trabajo sistemático de depuración de logística interna, donde la gestión eficaz del inventario, el uso de materiales verdes o ecológicos y la reducción de residuos se incorpora para convertir la eficiencia operativa en el punto de referencia respecto a la integración de la logística verde en su modo de operación del abastecimiento para mejorar el impacto medioambiental que viene acompañado por mejoras económicas y financieras.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Teoría: Gestión de la cadena de suministro verde: *theoretical framework and further research directions*

La gestión de la cadena de suministro verde GSCM representa la unificación sistemática de criterios ambientales dentro de los flujos de la cadena de suministro tradicional, regulando desde la adquisición de materias primas hasta el diseño, la producción, la distribución y la disposición final o reutilización del producto terminado. De acuerdo con Simpson et al. (2007), los modelos tradicionales de suministro concentran sus esfuerzos operacionales exclusivamente en la minimización de costos directos y en la aceleración de los tiempos de entrega, ignorando sistemáticamente los límites ecológicos y el impacto acumulativo de la manufactura sobre el entorno natural. Frente a este paradigma convencional, Gunasekaran y Spalanzani (2012) demuestran que la implementación de prácticas sustentables e integradoras actúa como un motor de diferenciación competitiva de alto nivel, permitiendo erradicar ineficiencias materiales, reducir la contaminación en origen, mejorar la reputación institucional y asegurar un elevado retorno de la inversión para la organización.

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la GSCM porque proporciona el andamiaje metodológico para analizar integralmente el comportamiento operativo y logístico de la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A.", cuya dependencia histórica de flujos empíricos y tradicionales de abastecimiento ha limitado la incorporación de variables ecológicas en su toma de decisiones comerciales. Evaluar la cadena de suministro bajo este enfoque sistémico permite diagnosticar con precisión el estado actual de la empresa y proponer soluciones concretas que equilibren el rendimiento financiero con el cuidado ambiental en el territorio fronterizo. De este modo, la transición hacia un modelo verde viabiliza la consolidación de ventajas competitivas sólidas, demostrando la viabilidad de la sostenibilidad en pequeñas plantas procesadoras de recursos limitados. Con la aplicación de la GSCM en "El Carmelo S.C.A." se deberían explorar cómo las dimensiones de la *green logistics* añaden un valor a la mejora del desempeño organizacional en cuanto a la parte económica y la parte ambiental, siendo este aspecto uno de los elementos que las empresas han entendido que es necesario para lograr la sostenibilidad. Por tanto, el marco GSCM es el andamiaje para valorar si la instalación de prácticas de logística sostenible puede producir una ventaja competitiva y mejora el rendimiento en las microempresas.

2.2.2. Teoría de restricciones

La teoría de restricciones (TOC) concibe a las organizaciones como cadenas de procesos interconectados cuyo rendimiento global está condicionado por su eslabón más débil, denominado restricción o cuello de botella operativo. Bajo este enfoque sistémico, la gestión organizacional no debe fragmentarse en optimizaciones locales aisladas, sino centrarse en la identificación, explotación y elevación sistemática de aquellas limitaciones físicas o de políticas que restringen el flujo continuo de materiales y la información hacia el cumplimiento de las metas del negocio.

En este sentido, Goldratt (1990) postula que la meta de toda empresa consiste en maximizar sus utilidades netas presentes y futuras a través de 3 dimensiones operacionales síncronas: el incremento del volumen de facturación por ventas, la reducción del inventario total inmovilizado y la disminución de los gastos operativos de la planta.

De igual forma, Şimşit et al. (2014) argumentan que la aplicación de la TOC demanda el diseño de sistemas de control métrico y cargas financieras que visibilicen las ineficiencias de la red logística mediante indicadores automatizados, evitando el acopio de seguridad innecesario que destruye el capital de trabajo.

La presente investigación se apoya en la TOC porque ofrece el marco conceptual adecuado para identificar y explotar las restricciones críticas que limitan la gestión de abastecimiento en la microempresa "El Carmelo S.C.A.", donde la Planificación manual de compras y el almacenamiento empírico de insumos clave por lapsos de 7 a 21 días actúan como barreras que merman la rentabilidad del sistema. Entender el aprovisionamiento bajo este enfoque de limitaciones permite justificar técnicamente el diseño de un modelo de control de inventario digitalizado basado en la criticidad (ABC - FEFO – Kanban), transformando los cuellos de botella actuales en un flujo continuo que reduzca la merma del 2% al 3% anual registrada en la bodega de la planta.

2.2.3. Teoría del abastecimiento sostenible (*Sustainable Procurement*)

La teoría del abastecimiento sostenible amplía los objetivos económicos tradicionales del departamento de compras al incorporar metas explícitas de preservación ambiental, responsabilidad social y equidad económica dentro de la cadena de suministro. Este enfoque metodológico asume que las decisiones de adquisición de bienes e insumos no deben evaluarse únicamente bajo el binomio clásico de precio y calidad, sino considerando la huella ecológica acumulada y el comportamiento

ético de los proveedores a lo largo del ciclo de vida de los recursos. Al respecto, Walker et al. (2012) apuntan que la disciplina se encuentra en expansión debido a la exigencia de los tomadores de decisiones de transparentar la responsabilidad corporativa y certificar que las prácticas de compra se ejecutan bajo esquemas de sustentabilidad verificable en origen. Esta perspectiva teórica se fundamenta en el modelo de triple resultado (*Triple Bottom Line*) formulado por Elkington (1997), el cual equilibra el rendimiento financiero del negocio con el beneficio social y la conservación ambiental, priorizando subcategorías clave como la prevención de la contaminación y la gestión integral de residuos sólidos.

La presente investigación recurre a esta teoría porque permite diagnosticar la relación operativa entre la microempresa “El Carmelo S.C.A.” y su base de suministro lácteo y en el cantón Tulcán y la provincia de Sucumbíos, detectando que la selección actual de ganaderos ignora por completo los criterios de conservación ecológica. Al aplicar este enfoque conceptual justifica la necesidad de diseñar un manual de compras sostenibles adaptado a la economía campesina local, capacitando a los productores en buenas prácticas agrícolas y asegurando el abastecimiento de una materia prima que cumpla con estándares ambientales y sanitarios rigurosos.

2.2.4. Gestión de la cadena de frío (*Cold Chain Management*)

La gestión de la cadena de frío láctea comprende la integración de infraestructura de refrigeración, tecnologías de monitoreo térmico en tiempo real y protocolos operativos estandarizados que garanticen la estabilidad de la temperatura de los productos perecederos a lo largo de su flujo logístico. Este subsistema especializado busca neutralizar la proliferación microbiana y preservar los atributos fisicoquímicos de la materia prima, reduciendo de manera sistemática los desperdicios a lo largo de la red de valor. Al respecto, Chopra (2019) enfatiza que el manejo ineficiente de recursos altamente perecederos provoca pérdidas severas de calidad en tránsito, lo que incrementa los costos logísticos, destruye la rentabilidad operativa y compromete la sostenibilidad del sistema agroindustrial. De forma similar Jedermann et al. (2014) sostienen que la logística inteligente moderna debe mitigar estas pérdidas mediante controles automáticos de vida útil basado en el sistema de rotación “primero en caducar, primero en salir” (FEFO, por el acrónimo en inglés de “*First Expired, First Out*”), asegurando la trazabilidad térmica.

La presente investigación incorpora la teoría de la cadena de frío porque ofrece los fundamentos técnicos para evaluar el proceso de acopio de “El Carmelo S.C.A.”, planta que procesa diariamente entre 2300 y 2600 L de leche bajo un entorno geográfico andino de alta exigencia topográfica que impacta los tiempos de transporte en las rutas rurales. Comprender la cadena de frío bajo estos principios científicos justifica el desarrollo de estrategias de monitoreo térmico de bajo costo y la digitalización del inventario de insumos críticos de refrigeración, blindando la inocuidad alimentaria y reduciendo el actual índice de rechazo de materia prima que oscila entre el 3% y el 5% mensual.

2.2.5. Economía circular (*Circular Economy*)

La economía circular se conceptualiza como un modelo de carácter regenerativo, orientado a restringir al mínimo el ingreso de insumos y el escape de desechos, emanaciones y recursos energéticos. Todo esto se logra mediante la desaceleración operativa y la supresión de rupturas dentro de los flujos de materiales y energía. Según Geissdoerfer et al. (2017), este paradigma propone un enfoque sistemático que se distancia del esquema lineal clásico basado en la extracción transformación y descarte de recursos, buscando en su lugar mantener el valor de los artículos terminados, componentes integrales y recursos materiales bajo sus estándares más elevados de funcionalidad en cada fase.

La teoría sostiene que se debe implementar diversas técnicas y diseño, como:

- Diseño de larga duración y mantenimiento: con el propósito de ralentizar la obsolescencia y extender el tiempo de consumo de los productos.
- Reparación y reutilización: Para evitar que los artículos se conviertan prematuramente en residuos.
- Reciclaje: Como mecanismo final para recuperar materiales y cerrar el ciclo.

A diferencia de la sostenibilidad tradicional, que puede tener metas abiertas y diversas, la economía circular posee el objetivo técnico específico de alcanzar un ciclo cerrado, eliminando idealmente todas las entradas de recursos vírgenes y las fugas del sistema hacia el medio ambiente. Este enfoque no solo busca beneficios ecológicos al reducir el agotamiento de recursos y la contaminación, sino que también prioriza la creación de ventajas financieras y competitivas para los actores económicos a través de la innovación en modelos de negocio y la eficiencia operativa.

2.2.6. Desempeño ecológico (*Green Performance Measurement*)

La Medición del desempeño ecológico traduce las metas de sustentabilidad ambiental de una organización en indicadores cuantitativos y gestionables (KPIs) que asocian la eficiencia física de los recursos con la competitividad de costos.

Seuring y Müller (2008) argumentan que la evaluación periódica de los indicadores de producción verde fomenta la transparencia operativa a lo largo de los eslabones de abastecimiento, promoviendo una cultura corporativa orientada al desarrollo de innovaciones y de mejora continua. Complementariamente, Zhu et al. (2013) señalan que estos indicadores no deben estructurarse únicamente para responder de forma reactiva ante presiones regulatorias, sino como una herramienta preventiva de control interno diseñada para identificar costos ocultos, mermas de proceso y fugas físicas de energía y agua en la planta.

La presente investigación se fundamenta en esta teoría debido a que el monitoreo empírico actual de "El Carmelo S.C.A." ha provocado una alta variabilidad en el uso de servicios básicos, reflejada en un incremento en el consumo hídrico de 2.4 L de agua por litro de leche procesada y un repunte energético del 37.48% alcanzando 1.16 kWh / 100 L en el primer cuatrimestre de 2026. La aplicación práctica de la teoría de desempeño ecológico justifica el diseño de un tablero de indicadores híbridos y la instalación de submedidores sectorizados de bajo costo en las áreas de lavado y refrigeración, permitiendo de este modo estabilizar la intensidad en el uso de agua y energía mediante decisiones respaldadas en datos históricos reales.

2.2.7. Natural resource-based view (NRBV)

La teoría de la visión de la empresa basada en los recursos naturales (*Natural Resource Based View NRBV*) Plantea que las ventajas competitivas sostenibles de las organizaciones se derivan del desarrollo de capacidades estratégicas internas enfocadas en mitigar y responder activamente el deterioro del medio natural. Hart (1995) sostiene que las capacidades y recursos internos convencionales son insuficientes ante las presiones ecológicas globales, obligando a la empresa a reconfigurar sus operaciones mediante 3 pilares estratégicos independientes: la prevención de la contaminación, la gestión responsable de productos y la planeación del desarrollo sustentable a largo plazo.

Por su parte, Prakash y Gopika (2025) exponen que la adopción progresiva de prácticas logísticas verdes actúa como un motor de resiliencia interna para superar

las limitaciones financieras en pequeñas empresas que operan en economías en vías de desarrollo.

La presente investigación se apoya en la NRBV porque provee la base teórica para analizar la reconfiguración de la red de acopio rural de “El Carmelo S.C.A.”, donde la exigente topografía de la frontera andina genera un consumo de combustible ineficiente. La aplicación de esta teoría sustenta el diseño de una red de acopio colaborativa basada en un nodo de consolidación intermedio (*Hub and Spoke*) en la comunidad playa alta, demostrando como una microempresa rural puede transformar una severa restricción geográfica externa en una capacidad estratégica interna fundamentada en alianzas locales de transporte.

2.2.8. La gestión de producto (*Product Stewardship*)

La gestión de producto se orienta a la mitigación sistemática del impacto ecológico acumulado de un bien comercial durante todo su ciclo de vida útil, abarcando desde la adquisición de materias primas hasta la recolección, recuperación o disposición final de los envases y empaques utilizados. Hart (1995) sostiene que la transición proactiva hacia embalajes sostenibles no debe concebirse como un costo operativo redundante o un gasto extra sino como el desarrollo de una capacidad estratégica de alto nivel que genera ventajas competitivas frente a competidores rezagados y previene los cambios normativos futuros. De igual forma, Monczka et al. (2009) destacan que esta dimensión de la logística sustentable se consolida mediante el diseño ecológico conjunto y la implementación de programas colaborativos de logística inversa con los proveedores de insumos clave.

La presente investigación recurre a este enfoque porque sustenta directamente la propuesta de intervención en la microempresa “El Carmelo S.C.A.”, cuyo diagnóstico operativo detectó un escenario crítico caracterizado por una dependencia absoluta de polímeros plásticos convencionales y total ausencia de alternativas biodegradables en su portafolio de empaques. El uso de esta teoría justifica la propuesta de un plan de logística inversa industrial de envases secundarios B2B y el despliegue de un piloto de envases de vidrio retornable para la línea de yogur de alto margen, mitigando el pasivo ambiental del plástico sin erosionar la estabilidad económica del negocio.

2.2.9. Norma de calidad ISO 14001

La normativa internacional ISO 14001 provee directrices técnicas y metodológicas estructuradas para el diseño, despliegue, auditoría interna y optimización progresiva

de los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en el ámbito corporativo. Sosa Vera et al. (2025) explican que este estándar global fomenta el cumplimiento estricto de la legislación nacional y previene los riesgos ecológicos a través de un ciclo continuo de planificación, control y verificación de la eficiencia hídrica, energética y de residuos. Asimismo, Seuring & Müller (2008) añaden que la adopción de esquemas basados en normas ambientales estandarizadas actúa como un habilitador para actuar de manera formal y auditable en las operaciones de la cadena, facilitando la trazabilidad logística.

La presente investigación se fundamenta en la ISO 14001 como marco normativo debido a que la evaluación de la microempresa "El Carmelo S.C.A." demostró que la organización opera exclusivamente bajo parámetros sanitarios básicos obligatorios de la ARCSA, careciendo de una estructura de gobernanza ambiental interna que regule sus consumos y vertidos. El enfoque preventivo de este estándar internacional justifica la necesidad de formalizar la entrega diaria de lactosuero a productores ganaderos mediante contratos sencillos y la implementación de controles métricos básicos de recursos, asegurando la mitigación del pasivo ambiental de la planta bajo un modelo estructurado, auditable y de bajo costo.

2.2.10. Logística verde

La logística verde se define como la unificación y asimilación de criterios de sostenibilidad ambiental dentro del diseño y operación de los flujos de abastecimiento, almacenamiento, distribución y el retorno de materiales, superando el enfoque mercantil tradicional. Srivastava (2007) argumenta que la logística verde equilibra la rentabilidad y la competitividad económica de la organización con la minimización sistemática de las externalidades negativas que el transporte embalaje y los residuos generan sobre los ecosistemas circundantes.

Por su parte, Satolo et al. (2020) sostienen que este enfoque integral debe gestionarse bajo el modelo de triple impacto, evaluando dinámicamente la viabilidad económica, la responsabilidad laboral y el bienestar comunitario de los proveedores agrícolas para asegurar la continuidad del negocio. La presente investigación se apoya en la logística verde dado que la cadena de valor de la microempresa "El Carmelo S.C.A." opera con insumos altamente perecederos y depende de un flujo constante de leche cruda proveniente de pequeños proveedores rurales del cantón Tulcán, bajo un modelo logístico tradicional y empírico. Comprender la logística verde bajo esta visión multidimensional permite diseñar estrategias viables de ruteo

colaborativo, transición gradual de empaques y optimización hídrica como energética. Así, se genera una ventaja competitiva por diferenciación ambiental que protege los ajustados márgenes financieros de la microempresa frente a un mercado fronterizo andino altamente competitivo.

2.2.11. Integración ambiental

La integración ambiental constituye el núcleo conceptual y operativo de la logística verde, exigiendo la adopción de una visión unificada de la cadena de abastecimiento orientada bajo criterios de sostenibilidad y conservación ecológica. Este principio asume que las actividades logísticas no pueden desarrollarse de forma desarticulada, sino deben estar reguladas por políticas de mitigación de impactos desde la etapa de planificación. Tal como indica Srivastava (2007), esta categoría representa el esfuerzo sistemático por integrar la variable ambiental en todas las fases operacionales de la red, desde la fuente de aprovisionamiento primario hasta la distribución al consumidor final. En consonancia, Satolo et al. (2020) sostienen que el éxito de esta integración reside en alinear los objetivos ecológicos con la viabilidad financiera del negocio, de modo que las prácticas verdes incrementan la eficiencia de los recursos y reduzcan los desperdicios. La presente investigación se apoya en la integración ambiental porque proporciona el fundamento técnico para intervenir en la fase de recolección de leche cruda de la microempresa "El Carmelo S.C.A.", donde la falta de una planificación sostenible en las rutas de abastecimiento rural limita la competitividad de la organización. Implementar este enfoque de integración viabiliza el rediseño de los flujos de transporte y aprovisionamiento, logrando una sintonía real con la geografía andina que mitigue los costos operativos y reduzca el impacto ecológico territorial de la planta.

2.2.12. Gestión de residuos y emisiones

La gestión de residuos y emisiones comprende la planificación y el control de las externalidades ecológicas de una organización, enfocándose en la descarbonización del transporte de entrada y en el aprovisionamiento de sus productos sólidos y líquidos bajo esquemas de residuo cero. Zhu et al. (2013) destacan que la administración de estos flujos de desecho no debe limitarse a una respuesta reactiva de control ambiental, si no a proyectar una cultura de eficiencia física que optimice el uso de combustibles y materias primas en origen. Al respecto la Organización Interprofesional Láctea [InLac] (2022b) argumenta que la implementación de mejores técnicas disponibles resulta indispensable en la

manufactura láctea para disminuir la intensidad de las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar la contaminación de efluentes de alta carga orgánica.

La presente investigación se fundamenta en este enfoque debido a que la microempresa "El Carmelo S.C.A." enfrenta el reto de mitigar las 5:38 toneladas de CO₂ generadas por sus rutas de recolección de leche durante el periodo 2022 – 2026, así como regular los volúmenes fluctuantes de lactosuero que produce su línea de quesos. Sistematizar la gestión de estos residuos y emisiones permite de este modo justificar técnicamente el diseño de rutas de transporte colaborativo y la formalización de la entrega de lactosuero en tanques cerrados, neutralizando el pasivo ambiental de la planta sin comprometer su rentabilidad financiera.

2.2.13. Certificaciones y estándares verdes

Las certificaciones y estándares ambientales funcionan como instrumentos formales de gobernanza corporativa que legitiman los esfuerzos de sostenibilidad de una empresa ante el mercado, las agencias reguladoras y los consumidores finales. Seuring y Müller (2008) argumentan que la adopción de normativas auditables como la ISO 14001 actúa como un catalizador para la transparencia organizacional, facilitando la trazabilidad de los insumos y promoviendo una cultura de innovación en los eslabones de la red de valor.

Asimismo, Sosa Vera et al. (2025) señalan que estos estándares de gestión estructuran un marco de prevención sistemático que integra el cuidado del entorno natural con la normativa legal vigente y las expectativas de un mercado dinámico.

La presente investigación se apoya con esta teoría dado que el diagnóstico de "El Carmelo S.C.A." identificó la total ausencia de un modelo de gestión ambiental formalizado, operando la planta únicamente bajo exigencias sanitarias de ARCSA y sin control métrico de sus recursos.

La aplicación de estándares verdes proporciona el sustento para diseñar una matriz básica de cumplimiento ambiental y control preventivo de recursos. Este marco formal de gobernanza prepara la microempresa rural para mitigar riesgos regulatorios futuros, acceder a mercados binacionales más exigentes y fortalecer la confianza comercial con sus transportistas y ganaderos locales en la frontera andina.

2.2.14. Gestión de abastecimiento

La gestión de abastecimiento sostenible consiste en la función de adquisición e integración de inventarios que equilibra los objetivos de rentabilidad con variables de responsabilidad social y cuidado ecológico a lo largo de la cadena de suministro.

Monczka et al. (2009) señalan que un abastecimiento eficiente y adaptado a las demandas modernas exige superar las negociaciones clásicas y transaccionales basadas puramente en precio y calidad, avanzando hacia una relación de largo plazo con proveedores certificados bajo parámetro sostenibles.

Por su parte, Satolo et al. (2020) demuestran empíricamente que las MIPYMES lácteas de economías emergentes, las ineficiencias del suministro tales como la baja rotación de inventarios y los fletes elevados imponen una carga económica severa que supera el propio impacto ecológico directo. La presente investigación recurre a esta teoría porque permite analizar el aprovisionamiento empírico de "El Carmelo S.C.A.", donde la leche cruda concentra el 92,15% del presupuesto de compras, y el resto de los insumos permanecen en bodega entre 7 y 21 días, generando un alto costo de oportunidad y pérdidas del 2% al 3% anual por vencimiento. Reestructurar el abastecimiento bajo esta base teórica justifica el diseño de un sistema digitalizado de inventarios (ABC) y el uso de un Kanban de acopio diario, liberando capital inmovilizado y asegurando la viabilidad financiera de la microempresa láctea

2.2.15. Selección y evaluación de proveedores

La selección y evaluación de proveedores representa un macroproceso estratégico que regula la calidad de los insumos y define el perfil de la huella ecológica inicial de toda la cadena de suministro de una organización. Monczka et al. (2009) sostienen que el abastecimiento moderno debe transitar desde esquemas de compra transaccionales y de corto plazo hacia modelos de calificación que verifiquen el cumplimiento de estándares ecológicos e inocuidad en los proveedores antes de adjudicar un contrato comercial. De igual forma, Walker et al. (2012) señalan que la evaluación sistemática y continua de los proveedores bajo criterios de sostenibilidad actúa como una salvaguarda operativa que reduce la vulnerabilidad de la empresa ante variaciones en la presión regulatoria del entorno sectorial. La presente investigación incorpora este enfoque debido a que permite diagnosticar el estado de la relación comercial de "El Carmelo S.C.A." con sus transportistas independientes de materia prima láctea, identificando que la selección actual se basa únicamente en controles sanitarios tradicionales de plataforma, ignorando la huella ambiental en el origen de la leche. Bajo esta teoría se justifica el desarrollo de un manual de abastecimiento sostenible, permitiendo calificar y capacitar a los transportistas y ganaderos locales del cantón Tulcán, reduciendo las emisiones indirectas de la red

de acopio y asegurando el suministro regular de una materia prima de alta calidad técnica y ecológica.

2.2.16. Gestión de inventarios sostenible

La gestión de inventario sostenible busca el equilibrio operativo y físico idóneo entre los niveles de existencias en almacén y el comportamiento real de la demanda, evitando la inmovilización del capital de trabajo y previniendo la obsolescencia y desperdicio de los insumos. Chopra (2019) enfatiza que, en la gestión logística de recursos perecederos, la acumulación ineficiente de inventarios preventivos genera severos costos de oportunidad, obsolescencia material y pérdidas de calidad que atentan directamente contra la rentabilidad y la sostenibilidad operativa de la cadena. Por su parte, Șimșit et al. (2014) explican que la sincronización analítica de las existencias representa un blindaje financiero para las pequeñas empresas de recursos limitados, al optimizar la velocidad de rotación mensual y reducir las cargas por almacenamiento prolongado.

La presente investigación se fundamenta en esta teoría dado que el diagnóstico operativo de "El Carmelo S.C.A." detectó tiempos de permanencia de materiales clave en bodega de 7 y 21 días, provocando mermas anuales por vencimiento de hasta un 3% en su portafolio de aditivos y empaques plásticos. Reestructurar el inventario bajo este marco sostenible justifica la aplicación de la clasificación ABC y el diseño de la rotación de caducidades FEFO, disminuyendo el capital inmovilizado y reduciendo las mermas por vencimiento.

2.2.17. Coordinación proveedor – cliente

La coordinación entre el proveedor y el cliente representa la dimensión relacional y el flujo continuo de información estratégica necesarios para mitigar la incertidumbre logística y equilibrar la oferta con la demanda a lo largo de la red de suministro. Chopra (2019) demuestra que una comunicación bidireccional y ágil optimiza de manera drástica la visibilidad del mercado, permitiendo reducir los costos de desabastecimiento o, por el contrario, los costos por sobre almacenamiento en origen y destino. De manera complementaria, Satolo et al. (2020) sostienen que en economías en vías de desarrollo, la estructuración de alianzas colaborativas de largo plazo basadas en la confianza mutua funciona como un sustituto de bajo costo ante la falta de sistemas complejos de planificación digital de altos requerimientos presupuestarios.

La presente investigación incorpora este enfoque relacional debido a que la cadena de suministro de la microempresa depende de la sincronización cotidiana entre la planta y sus 3 transportistas independientes subcontratados. Fomentar una coordinación interorganizacional bajo estos principios teóricos permite viabilizar la estrategia de reconfiguración logística de la red de acopio, asegurando que el trasvase sanitario de la materia prima en el nodo intermedio de playa alta conserve de forma estricta la cadena de frío sin requerir inversiones financieras complejas.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Población de muestra

La población objeto de estudio aplicó un muestreo censal delimitado en dos componentes metodológicos:

- Unidades de análisis

Conformada por el gerente general de la microempresa y los 3 transportistas independientes encargados del acopio rural de leche cruda en las rutas establecidas (Asociación 4 de febrero, Stalin Carapaz y Humberto Portilla).

- Fuentes documentales de información

Integradas por el acervo de registros operativos del periodo comprendido entre julio de 2022 y abril de 2026, que incluye facturas de servicios básicos de energía eléctrica EmelNorte C200032300598 y agua potable JAAPS C00334, registros manuales Kardex, actas de recepción de materia prima, informes de laboratorio de ensayo GADPC-LLSA-0045-26 y trazas satelitales de georreferenciación GPS.

3.1.2. Enfoque

3.1.2.1. Enfoque Mixto

La presente investigación se apoyó en un enfoque mixto de alcance descriptivo y asociativo. Este enfoque integra métodos cuantitativos y cualitativos para aprovechar sus fortalezas y minimizar limitaciones, ofreciendo una triangulación metodológica que brinda una visión holística del fenómeno (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

En el contexto de la microempresa "El Carmelo S.C.A.", la fase cuantitativa se ejecutó primero, midiendo indicadores de intensidad energética, hídrica y emisiones de CO₂ mediante el análisis de facturas de EmelNorte y JAAPS, registros Kardex, actas de recepción de leche cruda, informes de laboratorio y trazas satelitales de las rutas de recolección. Posteriormente, la fase cualitativa explicó estos resultados numéricos a través de la entrevista semiestructurada realizada al gerente general y fichas de observación directa en las áreas de producción y almacenamiento, identificando las barreras operativas y culturales que limitan la adopción de prácticas sostenibles. La

integración se realizó mediante una matriz de convergencia, contrastando los hallazgos estadísticos con la realidad de campo. Esta articulación permitió cumplir los objetivos de caracterizar el abastecimiento y proponer estrategias de logística verde, asegurando que las recomendaciones estén fundamentadas en datos empíricos y contextualizadas a la realidad rural de la microempresa.

3.1.3. Tipo de Investigación

3.1.3.1. Investigación descriptiva

Consiste en señalar las características definitorias de cada etapa, la frecuencia y el perfil de un determinado fenómeno sin que para eso se manipulen las variables que lo describen (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018). Se aplica en el presente estudio para describir las prácticas actuales de logística verde y abastecimiento en la microempresa "El Carmelo S.C.A" mediante la recolección sistemática de datos sobre empaques, rutas, residuos y proveedores que lleva a establecer un diagnóstico contextualizado y objetivo de la situación actual.

3.1.3.2. Investigación documental

Metodología basada en la fiscalización e interpretación de documentos originales y de revisiones teóricas previas como: informes, manuales, políticas internas y la misma literatura académica. En este sentido, se aplica para analizar documentos internos de la microempresa (facturas, registros de logística, protocolos de manejo) y para su contraste con la base teórica sobre logística verde, dando así un contenido normativo y empírico al análisis.

3.1.3.3. Investigación de campo

La investigación de campo hace referencia al procedimiento de reunir la información de forma directa en el entorno en el que aparece el objeto de estudio, utilizando técnicas como la observación y la entrevista (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018). En este ámbito, esta técnica se aplica en las instalaciones de la microempresa "El Carmelo S.C.A." para observar las operaciones, aplicar los cuestionarios y realizar la entrevista semiestructurada al personal clave y, de este modo, obtener información de primera mano, actual y contextualizada acerca de la puesta en marcha de prácticas sostenibles.

3.2. IDEA A DEFENDER

La logística verde fortalece la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de variables

3.3.1.1. Variable independiente Logística verde

La variable independiente, logística verde, se concibe teóricamente como la integración de dimensiones ambientales, económicas y sociales en los flujos logísticos organizacionales. Operacionalmente, se sintetiza en la caracterización de cuatro componentes: gestión de transporte, empaques, tratamiento de residuos y criterios ecológicos en proveedores.

Sus datos primarios y secundarios se capturan mediante fichas de observación directa, entrevista semiestructurada a la gerencia, archivos de georreferenciación satelital y facturas de servicios básicos. Se mide mediante escalas de razón para indicadores cuantitativos continuos como consumo de combustible, kilómetros, emisiones, e intensidad de recursos y escalas nominales para verificar la presencia de protocolos y listas de chequeo, como se detalla en la Tabla 1.

3.3.1.2. Variable dependiente gestión del abastecimiento

La variable dependiente, gestión de abastecimiento, se define conceptualmente como la función logística encargada del aprovisionamiento e integración de insumos, articulando relaciones comerciales y riesgos operativos bajo criterios de sostenibilidad. En el plano operacional, se desagrega en cuatro dimensiones: eficiencia operativa, calidad de materia prima, costos de adquisición y relación con proveedores. La recolección de información proviene de registros históricos Kardex, actas de recepción, análisis de laboratorio, reportes contables y la entrevista directiva. Se evalúa empleando escalas de razón para métricas monetarias, temporales, volumétricas, días de inventario, costos unitarios, tasa de rechazo y escalas ordinales para verificación documental, como se detalla en la Tabla 2.

3.3.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de la variable independiente logística verde

Dimensión	Indicador (Unidad)	Fórmula	Escala e Interpretación	Técnica e Instrumento
Gestión de transporte	Frecuencia de uso de rutas (recorridos/día)	$Fr = \frac{N^{\circ} \text{ de recorridos}}{N^{\circ} \text{ días hábiles del periodo}}$	Razón (continua): ≥ 1 recorrido/día = óptima; < 1 = subutilización	Observación directa / Ficha de observación Nº1

Dimensión	Indicador (Unidad)	Fórmula	Escala e Interpretación	Técnica e Instrumento
Empaques	Consumo de combustible por litro de leche (L diésel / L leche)	$Cf = \frac{L \text{ diésel consumidos}}{L \text{ leche transportados}}$	Razón (continua): < 0,05 = eficiente; 0,05–0,10 = moderado; > 0,10 = ineficiente	Entrevista semiestructurada
	Emissiones de CO ₂ por km recorrido (kg CO ₂ / km)	$ECO_2 = \frac{L \text{ diésel} \times (\text{factor IPCC})}{km \text{ recorridos}}$	Razón (continua): A menor valor, menor impacto. Se compara entre rutas para identificar tramos críticos	Revisión documental / Ficha GPS y facturas
	Eficiencia volumétrica de la ruta (L leche / km)	$Ev = \frac{L \text{ leche transportados}}{km \text{ recorridos}}$	Razón (continua): A mayor valor, mayor eficiencia operativa. Permite comparar asimetrías entre proveedores	Revisión documental / Ficha GPS
	% de empaques biodegradables o reutilizables (%)	$\%EB = \frac{\text{Empaques biodegradables o reutilizables}}{\text{Total empaques}} \times 100$	Razón (continua): > 50% = avance significativo; 20–50% = transición; < 20% = dependencia plástica	Observación directa / Ficha de observación N°1
Emissiones	Reducción mensual del uso de plásticos convencionales (%)	$R_p = \frac{Kg \text{ mes anterior} - Kg \text{ mes actual}}{Kg \text{ mes anterior}} \times 100$	Razón (continua): Positivo = reducción (avance); negativo = incremento (retroceso); ± 5% = variación normal	Observación directa / Ficha de observación N°1

Dimensión	Indicador (Unidad)	Fórmula	Escala e Interpretación	Técnica e Instrumento
Gestión de residuos	Volumen de residuos lácteos tratados adecuadamente (%)	$Vrt = \frac{L_{\text{lactosuero reutilizado}}}{L_{\text{totales generados}}} \times 100$	Razón (continua): > 70% = adecuado; 40-70% = parcial; < 40% = inadecuado	Observación directa / Ficha de observación N°1
	Existencia de protocolos de manejo de desechos (Binario: Sí/No)	$Pmd = \begin{cases} 1 & \text{si existe protocolo} \\ 0 & \text{si no existe} \end{cases}$	Nominal: 1 = cumple estándar mínimo; 0 = ausencia de formalización	Revisión documental / Lista de chequeo
	Intensidad de consumo hídrico (m³ agua / L leche)	$Ih = \frac{m^3 \text{ agua (Facturas JAAPS)}}{L \text{ leche procesada}}$	Razón (continua): A menor valor, mayor ecoeficiencia hídrica. Se compara mes a mes	Revisión documental / Facturas JAAPS El Carmelo
	Intensidad de consumo energético (kWh / L leche)	$Ie = \frac{kWh \text{ (facturas EmelNorte)}}{L \text{ leche procesada}}$	Razón (continua): A menor valor, mayor eficiencia energética. Periodo 2023-2025	Revisión documental / Facturas EmelNorte
Proveedores	N° de proveedores con prácticas ambientales verificables (Número absoluto)	$Pca = \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1 & \text{si certifica} \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$	Razón (discreta): Mayor cantidad = mayor integración de criterios verdes en la cadena	Entrevista semiestructurada
	Criterios ambientales en selección de insumos (%)	$Cai = \frac{\text{Criterios ambientales aplicados}}{\text{Total criterios evaluados}} \times 100$	Razón (continua): > 50% = activo; 1-49% = parcial; 0% = ausente	Entrevista semiestructurada

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente gestión del abastecimiento

Dimensión	Indicador (Unidad)	Fórmula	Escala e Interpretación	Técnica e Instrumento
Eficiencia operativa	Tiempo promedio de reposición de insumos (días)	$Tr = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Días entre pedido y recepción del insumo } i}{n \text{ total de pedidos}}$	Razón (continua): 1-3 días = ágil; 4-7 días = moderado; > 7 días = lentitud con riesgo de desabastecimiento	Revisión documental / Registros Kardex
	Nivel de rotación de inventario (veces/mes)	$Ri = \frac{\text{Consumo mensual del insumo}}{\text{Stock promedio mensual}}$	Razón (continua): > 4 veces/mes = alta; 2-4 = moderada; < 2 = baja (sobrestock)	Entrevista semiestructurada
Calidad de los insumos	Índice de rechazo de materia prima (%)	$Ir = \frac{L \text{ leche rechazados en plataforma}}{L \text{ totales recibidos}} \times 100$	Razón (continua): < 2% = adecuado; 2-5% = alerta; > 5% = deficiencia crítica	Observación directa / Ficha de observación N°1
	Cumplimiento de estándares de calidad en la recepción (%)	$Ce = \frac{L \text{ leche aprobados en prueba plataforma}}{L \text{ totales recibidos}} \times 100$	Razón (continua): ≥ 98% = óptimo; 95-97% = aceptable; < 95% = riesgo de merma	Entrevista semiestructurada
Costos de abastecimiento	Costo promedio por litro de leche adquirido (USD / L)	$Cp = \frac{\text{Costo total mensual (USD)}}{L \text{ totales adquiridos en el mes}}$	Razón (continua): Se compara con precio de mercado local y entre meses para detectar variaciones	Revisión documental / Reporte de facturas
	Variación porcentual en gastos logísticos (%)	$Vgl = \frac{\text{Gasto actual} - \text{Gasto anterior}}{\text{Gasto anterior}} \times 100$	Razón (continua): Positivo = incremento	Revisión documental / Reporte

Dimensión	Indicador (Unidad)	Fórmula	Escala e Interpretación	Técnica e Instrumento
Relación con proveedores	Frecuencia de comunicación con proveedores (contactos/semana)	$Fc = \frac{N^{\circ} \text{ contactos registrados}}{N^{\circ} \text{ semanas del periodo}}$	(alerta); negativo = reducción (eficiencia); $\pm 5\%$ = variación normal	de facturas
	Índice de confianza comercial (%) Likert transformado)	$Icc = \frac{\sum \text{Puntuación item}}{n \times \text{Puntuación máxima}} \times 100$	Razón (discreta): $\geq 2/\text{semana}$ = fluida; $1/\text{semana}$ = mínima; < 1 = deficiente Ordinal (transformada): $> 80\%$ = alta; $50-80\%$ = media; $< 50\%$ = frágil	Entrevista semiestructurada Entrevista semiestructurada/ (Likert 1-5)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

La presente investigación adoptó una articulación metodológica fundamentada en cuatro métodos lógicos de carácter científico: el inductivo, deductivo, analítico y sintético. Esta combinación no fue arbitraria, sino que respondió a la naturaleza mixta del estudio, a la complejidad del fenómeno investigado y a las exigencias epistemológicas que impone el análisis del vínculo correlacional entre la logística sustentable y la administración del suministro en un contexto microempresarial de economía emergente. Como lo señalan Rodríguez Jiménez y Pérez Jacinto (2017), los métodos analítico-sintético e inductivo-deductivo constituyen una herramienta de relevancia metodológica encaminada al levantamiento, la estructuración y la discusión de las evidencias en investigaciones que combinan dimensiones documentales, observacionales y empíricas, lo que los hace especialmente pertinentes para estudios de caso como el presente. A continuación, se describe con precisión el modo en que cada método fue operacionalizado en las distintas fases del proceso investigativo.

3.4.1. Método Inductivo

El método inductivo, entendido como el proceso cognitivo mediante el cual se asciende desde lo particular a lo general mediante la acumulación y la

sistematización de observaciones concretas, fue el hilo conductor de la fase de recolección y análisis de los datos primarios, la cual se puso de manifiesto directamente en las tres técnicas e instrumentos de la operacionalización de las variables, a saber , la observación directa en planta a través del instrumento 2 denominado ficha de observación, la entrevista semiestructurada dirigida hacia el gerente de la microempresa, así como la lista de comprobación documental.

A través de la observación directa realizada en los patios de carga y descarga, los entornos de procesamiento industrial y los recintos de almacenamiento de "El Carmelo S.C.A.", se registraron hechos particulares y concretos relativos a los indicadores definidos en la variable independiente logística verde, tales como la frecuencia de uso de rutas con planificación previa, el porcentaje de empaques biodegradables o reutilizables sobre el total de empaques utilizados, la reducción mensual del uso de plásticos convencionales y el volumen de residuos lácteos tratados adecuadamente. De igual forma, mediante la entrevista semiestructurada al gerente, se obtuvieron datos particulares sobre la reducción del consumo de combustible por litro de leche transportado, el número de proveedores con prácticas ambientales certificadas o verificables, y los criterios ambientales empleados o no en la selección de insumos, todos ellos indicadores contemplados en la Tabla 1 de operacionalización de la variable independiente.

Para la variable dependiente gestión de abastecimiento, el método inductivo orientó la obtención de información empírica sobre el tiempo promedio de reposición de insumos y el nivel de rotación de inventario a través de la revisión de registros de Kardex; el índice de rechazo de materia prima mediante observación directa en el área de recepción; el cumplimiento de estándares de calidad mediante entrevista al gerente; el costo promedio por litro de leche adquirido y la variación en gastos logísticos mediante el análisis de reportes de facturas, junto con la frecuencia de comunicación con proveedores e índice de confianza comercial mediante la entrevista semiestructurada aplicado al gerente, conforme a lo detallado en la Tabla 2.

La suma de estas observaciones y datos particulares, analizados de forma ordenada y sistemática, permitió construir inferencias generales sobre el estado de la logística verde en la microempresa y su relación con la eficiencia del abastecimiento, validando inductivamente la idea a defender planteada en esta investigación: que

la logística verde fortalece la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A."

3.4.2. Método Deductivo

El método deductivo, que procede en dirección inversa al inductivo al partir de principios, postulados o leyes generales de comprobada validez para derivar conclusiones aplicables a situaciones particulares, fue empleado en la fase de construcción del marco teórico y en el contraste sistemático entre los referentes conceptuales y la realidad operativa diagnosticada.

Desde los postulados generales de la (GSCM) que establece que la integración de criterios medioambientales en totalidad de las fases que conforman los flujos de abastecimiento constituye un imperativo estratégico para la competitividad y la sostenibilidad empresarial se derivaron criterios específicos de evaluación aplicables al contexto microempresarial lácteo del cantón Tulcán: la necesidad de certificaciones ambientales en proveedores, la optimización de rutas de transporte para reducir emisiones de CO₂, la implementación de empaques biodegradables y de sistemas de gestión de residuos formalizados. De manera análoga, los principios de la Teoría de Restricciones (TOC), Goldratt (1990) establece que cualquier sistema posee cuellos de botella que limitan su rendimiento global, fueron deducidos hacia el reconocimiento de las restricciones específicas del proceso de aprovisionamiento de "El Carmelo S.C.A.": la planificación manual de compras, la ausencia de sistematización tecnológica y los altos niveles de inventario preventivo.

Este método resultó igualmente determinante en la construcción de la Tabla 6 en el contraste entre la realidad operativa de "El Carmelo S.C.A." y el modelo ideal propuesto por Mora García (2023), donde a partir de los macroprocesos logísticos de referencia internacional se dedujeron brechas concretas en las dimensiones de tecnología y planeación, relación con proveedores, gestión de inventarios, logística de transporte, sostenibilidad y medición del desempeño, todas ellas verificables mediante los instrumentos de recolección diseñados. En coherencia con lo planteado por Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2018), el método deductivo aseguró que la investigación empírica no perdiera de vista su anclaje teórico, garantizando que los hallazgos particulares fueran interpretados a la luz de los marcos conceptuales consolidados en la literatura científica internacional.

3.4.3. Método Analítico

El método analítico, concebido como el proceso cognoscitivo mediante el cual se descompone un objeto o fenómeno de estudio en sus partes constitutivas para examinar cada una de ellas de forma ordenada e independiente, fue el instrumento metodológico central para la operacionalización, medición e interpretación de las variables de investigación (Rodríguez Jiménez y Pérez Jacinto, 2017).

Su aplicación comenzó en la fase de diseño metodológico, donde permitió desagregar la variable independiente logística verde en cuatro dimensiones operativas: gestión de transporte, empaques, gestión de residuos y relación con proveedores desde la perspectiva ambiental; la variable dependiente gestión de abastecimiento en cuatro dimensiones complementarias: eficiencia operativa, calidad de los insumos, costos de abastecimiento y relación con proveedores, tal como se estructura en las Tabla 1 y Tabla 2 de operacionalización de variables. Esta descomposición dimensional no fue un ejercicio formal, sino el fundamento que orientó la selección de los indicadores cuantitativos y cualitativos, las técnicas de recolección y los instrumentos específicos para cada dimensión.

Durante la fase de análisis de resultados, el método analítico operó en múltiples niveles simultáneos. En la dimensión energética, posibilitó el cálculo y la interpretación de la intensidad eléctrica (kWh/100 L de leche procesada) para cada periodo comprendido entre 2022 y abril de 2026, identificando la variación interanual y los factores operativos que la condicionan, a partir de los datos desagregados de las facturas de EmelNorte. En cuanto a la dimensión hídrica, se pudo calcular el indicador de consumo hídrico por cada unidad de volumen lácteo obtenido a partir de las facturas de JAAPS El Carmelo, definiendo perspectivas, tensiones y causas asociadas a la variabilidad del consumo. Dentro de la gestión de la materia prima, el procedimiento analítico fundamental la creación del análisis ABC de insumos referenciada en la Tabla 4, A partir de la descomposición del valor total de consumo mensual a través de los 12 tipos de insumos que se identificaron, clasificándolos en tipos A, B y C en virtud del principio de comparación, permitiéndoles asignar frecuencias de control no iguales. El desglose de las rutas de recolección de los tres transportistas independientes: asociación 4 de febrero (27,2 km / 600 L), Stalin Carapaz (34,3 km / 1.300 L) y Humberto Portilla (37,8 km / 400 L), en la dimensión del transporte permitió evaluar el nivel de eficiencia relativa y las brechas conforme a los modelos de rote optimizado.

De manera integral, el método analítico asegura que ningún proceso logística de la microempresa se valore como una unidad indiferenciada, sino que cada dimensión e indicador pueda ser analizado en su especificidad, y que la formulación de estrategias de mejora contextualizadas y técnicamente fundamentadas disponga de la base empírica necesaria para ello.

3.4.4. Método Sintético

El método sintético, que opera en sentido opuesto y complementario al analítico al reunir los elementos previamente estudiados de forma separada para reconstruir una comprensión integrada y holística del fenómeno, fue el método articulador de la fase final de la investigación, en la que los hallazgos parciales fueron integrados en conclusiones y propuestas de carácter sistémico (Rodríguez Jiménez y Pérez Jacinto, 2017).

La forma casi más destacada de expresión de esta operacionalización tuvo lugar en el cuadro resumen de hallazgos en lo que respecta a los procesos de logística verde, donde las dimensiones de transporte verde, empaques verdes, gestión de residuos, abastecimiento verde y eficiencia energética, analizadas por separado fueron copuladas en una tabla de niveles de cumplimiento que permitió poder visualizar el desempeño de la microempresa en logística verde de forma integrada. La posibilidad de síntesis hizo poder llegar a la identificación de que la organización tiene un patrón heterogéneo: avanzado en economía circular aplicada al lactosuero, avanzado en eficiencia energética, inicial en transporte y abastecimiento verde y nulo en empaques sostenibles; lo que constituye la caracterización que ningún análisis dimensional aislado en la respuesta a la pregunta de investigación instalada. Igual que el anterior, el método sintético constituyó el soporte epistemológico de la construcción de las estrategias de mejora que fueron propuestas en el tercer objetivo específico. Las propuestas de mejora de dicho objetivo específico estaban conformadas a partir de las conclusiones obtenidas de forma separada en cada una de las dimensiones en inventarios, transporte, empaques, proveedores, energía eléctrica y agua. Así, el método sintético también fue capaz de ir contrastando los métodos de forma continua y sistematizada con el modelo de ruteo inteligente relacionado con el concepto de *green logistics*, con el manual de compras verdes relacionado con el concepto de *sustainable procurement*, con la jerarquía de valorización integral del lactosuero relacionado con el concepto de *circular economy*, y con el tablero de indicadores híbridos relacionado con el concepto de

green performance measurement, así como el resto de los objetivos específicos. La estrategia sintética representa la principal aportación de la investigación, en cuanto que no surge por la combinación de las dimensiones por separado, sino a partir de una reflexión integradora de cada una de ellas de forma conjunta.

En fin, los cuatro paradigmas descritos fueron de carácter complementario, sucediéndose unos a otros durante el transcurso investigativo: el inductivo orientó la recogida y ascenso empírico de los datos particulares a las conclusiones generales que dan forma a la exposición; mientras que el deductivo garantizó simultáneamente el anclaje teórico y un estricto contraste de los marcos conceptuales y de la realidad diagnosticada; el analítico conduciría a la descomposición a nivel dimensional y medición precisa de cada variable e indicador y finalmente el sintético integraría hallazgos parciales en un conocimiento sistemático de la realidad y en una propuesta de mejora integrada. La estructura metodológica puede ser concorde al enfoque mixto que se adopta y a los parámetros epistemológicos de la investigación cuyo objetivo no es solamente describir la realidad de “El Carmelo S.C.A.”, sino desde la óptica de la práctica de la logística, además se requiere comprender y transformar esta realidad mediante unas recomendaciones estratégicas viables y contextualizadas.

3.4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La obtención de información primaria y secundaria se realizó mediante tres técnicas complementarias dirigidas a las distintas unidades de análisis correspondientes a la cadena de suministro de “El Carmelo S.C.A.”, y se realizó el trabajo de forma estricta según la operacionalización de las variables y el marco metodológico mixto.

- Observación directa

Se aplicó a las áreas operativas de la microempresa: patios de carga y descarga, zona de recepción de leche cruda, líneas de producción, bodega de insumos y áreas de gestión de residuos.

Estado y tipología de empaques (polietileno de alta densidad), frecuencia y trayectos de rutas de recolección, condiciones de almacenamiento, segregación de residuos sólidos, protocolos de limpieza y desinfección, y presencia o ausencia de tecnologías de monitoreo (GPS, sensores, software).

Con la ficha de observación N°1 y N°2, se pudo articular en una estructura que permite la objetividad del registro en campo.

- Entrevista semiestructurada

Se aplicó exclusivamente al gerente general de la microempresa, quien concentra la toma de decisiones sobre compras, planificación logística, relación con proveedores y gestión de inventarios. Se empleó una guía de entrevista semiestructurada integrada por 25 preguntas cerradas y de desarrollo, validada mediante juicio de expertos, lo que permitió recolectar la percepción directa sobre la planificación del abastecimiento, criterios de selección de proveedores y barreras para la adopción de prácticas sostenibles.

- Revisión documental

Se aplicó sobre el acervo técnico, administrativo y financiero de la organización, abarcando el periodo 2022-abril 2026.

Facturas mensuales de servicios básicos de las empresas EmelNorte para energía eléctrica y JAAPS El Carmelo para agua potable, registros manuales de Kardex, actas de recepción de leche cruda, informes de laboratorio (densidad, crioscopia, grasa, proteína, acidez), protocolos de saneamiento, manuales de manejo de residuos y reportes contables de gastos logísticos.

Lista de Verificación Documental con escala ordinal (0 = No cumple, 1 = Cumple parcialmente, 2 = Cumple totalmente), diseñada para cuantificar el grado de sistematización y trazabilidad de los procesos administrativos y logísticos.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1. Registros históricos

Consistió en la revisión sistemática de los archivos administrativos, contables y operativos generados por la microempresa de lácteos “El Carmelo S.C.A.” durante el periodo comprendido entre julio de 2022 y abril de 2026. De esta fuente se extrajeron las facturas mensuales de servicios básicos emitidas por la empresa distribuidora EmelNorte (Código 200032003598) correspondientes al consumo de energía eléctrica, así como los recibos de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS) de El Carmelo (Código C00334) vinculados al consumo de agua potable. A estos documentos se sumaron los registros mensuales de Kardex de inventarios, las actas de recepción de leche cruda, los informes de laboratorio sobre análisis fisicoquímicos de la materia prima (densidad, crioscopia, grasa, proteína y acidez), los protocolos de saneamiento y los reportes contables de gastos logísticos. Este acervo documental constituyó la base cuantitativa sobre la cual se evaluó el

comportamiento histórico de la microempresa en materia de intensidad energética, intensidad hídrica y generación de lactosuero.

3.5.2. Fichas de registro

Fueron los Instrumentos de recolección diseñados para el trabajo de campo y aplicados directamente en las instalaciones de la microempresa, con el propósito de ordenar tanto la información observada en tiempo real como aquella recuperada de los archivos internos. Las fichas de observación N° 1 y N° 2 permitieron registrar de manera directa los indicadores asociados a la variable independiente, tales como la frecuencia de uso de rutas de recolección, el porcentaje de empaques biodegradables o reutilizables, la reducción mensual del uso plásticos convencionales, el volumen de residuos lácteos tratados adecuadamente y el índice de rechazo de materia prima. Por su parte, la lista de verificación documental se empleó para cuantificar, mediante una escala ordinal de tres niveles, el grado de sistematización y de trazabilidad de los procesos administrativos vinculados al abastecimiento. Ambos instrumentos fueron validados por juicio de expertos y aplicados bajo estricta confidencialidad, garantizando la consistencia interna de los datos recopilados.

3.5.3. Procesamiento de datos en Excel

Representó la herramienta tecnológica empleada para la tabulación, depuración y organización del volumen total de información recolectada. En este software se construyeron las bases de datos que albergaron tanto los registros históricos como los datos obtenidos mediante el balance de masa y los factores de desplazamiento específicos para cada tipo de queso, así como la clasificación ABC de los insumos según su valor mensual de consumo. De igual forma, la hoja cálculo facilitó la consolidación de los valores económicos asociados al consumo de servicios básicos y automatizó la elaboración de los cuadros y gráficos de tendencia que sustentan el diagnóstico operativo de la microempresa.

3.5.4. Análisis estadístico descriptivo

El análisis estadístico permitió organizar, procesar e interpretar la información obtenida de los registros históricos y de las fichas de observación aplicadas en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A." para ello, se procedió a realizar cálculos de sumatoria, media aritmética, porcentajes de participación y variaciones interanuales sobre cada uno de los datos relevantes, tales como los litros de leche procesada, el consumo eléctrico en kWh, el consumo de agua en metros cúbicos, el

volumen de lactosuero generado, los kilómetros recorridos por cada ruta de toneladas CO₂ emitidas durante el periodo 2022 - 2026. Asimismo, se aplicó la clasificación ABC de insumos para identificar los rubros de mayor impacto económico, destacando que la leche cruda concentra el 92,15 % del valor total de abastecimiento. Los resultados obtenidos de las diferentes operaciones aplicadas a los datos se presentan en tablas y figuras estadísticas que facilitan el proceso de análisis, la identificación de brechas operativas y la interpretación de los hallazgos en relación con los procesos de logística verde y la gestión de abastecimiento de la organización.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Caracterizar la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos “El Carmelo S.C.A.”

4.1.1.1. Generalidades de la empresa

La microempresa “El Carmelo S.C.A.”, productora de derivados lácteos se registró formalmente como una persona jurídica bajo la organización y la estructura de una empresa que realiza actividades de aprovisionamiento, refinamiento y expendio de derivados lácteos, inscribiéndose por ende en lo establecido en las normas sobre sociedades mercantiles y comerciales vigentes en la República del Ecuador; el inicio formal de sus actividades económicas se dio un 18 de septiembre de 2019. De esta manera al momento de la presente investigación, la microempresa “El Carmelo S.C.A.” dispone de una experiencia operacional de más de seis años en el sector agroindustrial local, lo que le ha permitido establecer procesos productivos estables y roles comerciales establecidos con los componentes de la red de suministro de la actividad láctea de la provincia del Carchi.

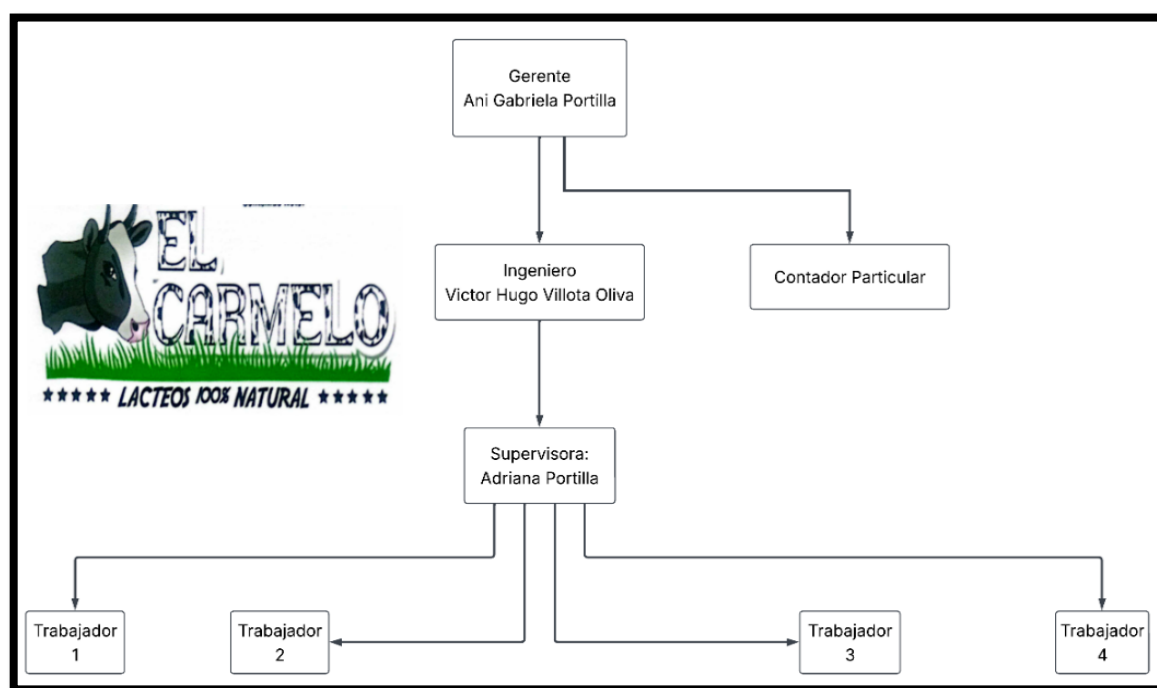


Figura 1. Organigrama de la microempresa

En la Figura 1 se muestra como la empresa “El Carmelo S.C.A.” desarrolló una estructura organizacional funcional de microempresa, caracterizada por niveles jerárquicos bien definidos, pero con un nivel de flexibilidad en la asignación de funciones. La forma social “S.C.A.” adquirida por parte de la microempresa permitió la gestión de funciones responsables que competen a la unidad productiva formalizada en el ecosistema productivo ecuatoriano, como son las correspondientes a las leyes que norman el funcionamiento de las responsabilidades legales, tributarias y laborales que tiene esta clase de unidad productiva formalizada.

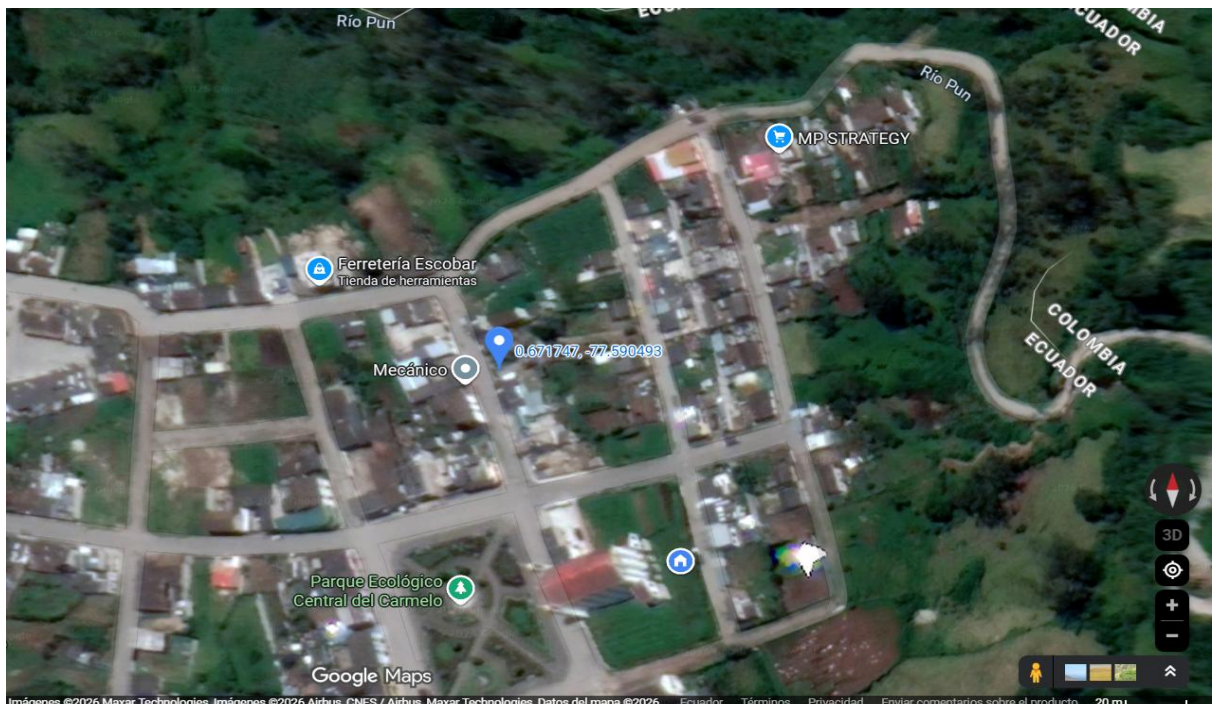


Figura 2. Ubicación de la microempresa en la parroquia El Carmelo

En cuanto a su ubicación geográfica, en la Figura 2 se muestra la sede operativa de la microempresa se estableció en la intersección de las calles Gran Colombia y 10 de agosto, pertenecientes a la parroquia El Carmelo, cantón Tulcán, provincia del Carchi. Esta localización revistió una importancia estratégica significativa, dado que la zona se encuentra emplazada en una región de frontera con la República de Colombia.

Esta localización geográfica sitúa a la empresa en un nodo comercial de importancia relevante, facilitando el acceso a los mercados binacionales, con la consiguiente dinamización de los flujos económicos de la localidad. Por otra parte, dado que se trata de una parroquia rural, la empresa se insertó directamente dentro del engranaje

productivo campesino al tomar ventaja por su aproximación con los centros productores de leche, lo cual le permitió abaratar los costes de acopio de materia prima y el tiempo de transporte, determinantes para garantizar la calidad e inocuidad en la leche que solo se recibe para su procesamiento.

La clasificación de la empresa "El Carmelo S.C.A." fue categorizada como MiPyME (Micro, Pequeña, y Mediana Empresa), clasificación que está sujeta al umbral de rendimientos que se perciben al cabo de cada año, del número de colaboradores y de los activos totales según la normativa ecuatoriana. Esto es así, conforme al criterio de la normativa ecuatoriana. Esta clasificación tuvo implicaciones directas en su capacidad de gestión, acceso a incentivos fiscales y participación en programas de fomento productivo destinados al fortalecimiento del sector manufacturero de pequeña escala.

El portafolio productivo de la microempresa se caracterizaba por su diversidad procesando un volumen de 2300 a 2600 litros de leche aproximadamente, ofreciendo así diferentes líneas de productos lácteos que atendían las preferencias y necesidades de distintos segmentos de consumidores. La producción diaria se distribuía de la siguiente manera como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Portafolio productivo de "El Carmelo S.C.A."

Producto	Unidades	Presentación	Peso estándar unitario g / ml	Peso total Kg / L
Queso Fresco	80 - 93	Pieza Individual	450 g	36,00 – 41,85 kg
Queso amasado	80 - 93	Pieza Individual	450 g	36,00 – 41,85 kg
Yogurt	400	Envase plástico	200 ml	80 litros
Mozzarella	52 - 61	Bloque	2500 g	130 – 152,50 kg
Bloques de queso fresco	12 - 14	Bloque institucional	7260 g	87,12 – 101,64 kg

Específicamente, la empresa se desempeñó en el rubro económico de elaboración de queso y cuajada, aunque su portafolio productivo se diversificó para incluir otros derivados como yogurt, mozzarella y quesos frescos en diversas presentaciones. Esta diversificación mostró una táctica para reducir riesgos comerciales, lo que permitió a la organización servir a diversos segmentos de demanda sin depender únicamente de una sola línea de negocio.

La filosofía empresarial que da sentido a la gestión de "El Carmelo S.C.A." es el acompañamiento del cliente mediante soluciones personalizadas. Esta filosofía

empresarial no se limita a la simple transacción, sino que establece relaciones comerciales de largo recorrido basadas en el principio de la confianza corporativa, la calidad percibida y la adecuación a los gustos del consumidor local. En este contexto de actuación, la microempresa se presenta como motor económico rural favorecedor del empleo y desarrollo local ejerciendo así una función social que complementa su objetivo financiero. La microempresa, situada en una zona fronteriza con potencialidades limitadas para el trabajo, colaboró con el bienestar territorial al aportar empleo directo a las personas de la parroquia El Carmelo, que ejercen de la misma manera el sostener un mercado sólido para los lecheros de la zona. Así se habla de una empresa que desarrolla una actividad de transformación industrial, sí, pero también del papel vinculador que le compete al proceso de desarrollo socioeconómico del cantón Tulcán, al articular el ámbito privado con las necesidades de la comunidad para colaborar con la soberanía alimentaria y la economía circular al norte del Ecuador.

La caracterización de la gestión del aprovisionamiento en la microempresa "El Carmelo S.C.A." se basa en el uso de un enfoque combinado. Se utilizaron fichas de observación directa en planta, entrevista semiestructurada a la gerencia y una exhaustiva revisión de la documentación técnica y administrativa de la organización. Este diagnóstico permitió identificar el estado actual de los flujos de materiales e información, contrastándolos con las mejores prácticas de la logística integral propuestas por Mora García (2023).

4.1.1.2. Perfil y selección de proveedores de materia prima

Se determinó que la base de suministro de leche cruda de la microempresa estuvo conformada por productores ganaderos localizados en el cantón Tulcán y parte de Sucumbíos, los proveedores realizan rutas diarias de recolección con destino a la planta ubicada en El Carmelo. Uno de los transportistas independientes es la Asociación 4 de febrero recorre 27.2 km desde la comunidad de Chauchín (Casa Grande) transportando 600 litros; Stalin Carapaz realiza la ruta más extensa de 34.3 km que incluye La Playa, El Playón, Santa Rosa, San Vicente del Chingual y El Capulí, aportando 1,300 litros diarios; mientras que Humberto Portilla cubre 37.8 km conectando El Carmelo, El Capulí y La Playa Alta con 400 litros. La relación con estos actores se identificó como de naturaleza colaborativa y de confianza, sustentada en alianzas de largo plazo que han permitido la continuidad operativa.

No obstante, en cuanto a la selección estratégica, se notó que la compañía utilizó criterios convencionales centrados en la calidad del producto, la limpieza y el respeto a las normativas sanitarias. Se encontró una falta importante en la incorporación de la logística verde, ya que la mayoría de los proveedores tenían escasas certificaciones ambientales oficiales o de métodos sostenibles verificables.

Con el propósito de optimizar el abastecimiento en la microempresa, se estructuró la matriz de Kraljic mediante dos variables operativas:

- Eje X: El impacto financiero, medido por el costo mensual de adquisición donde la leche cruda sobresale al representar el 92.15% del presupuesto total con 37,500 USD.
- Eje Y: El riesgo de suministro, califica la dificultad logística, limitaciones de transporte y pereceridad en la región fronteriza.

Esta evaluación bidimensional en niveles alto y bajo clasifica los insumos en cuatro cuadrantes específicos: rutinarios, apalancados, cuello de botella e insumos críticos o clave. De este modo, la empresa dispone de una base técnica para aplicar políticas de inventario y compras diferenciadas según la prioridad de cada recurso.

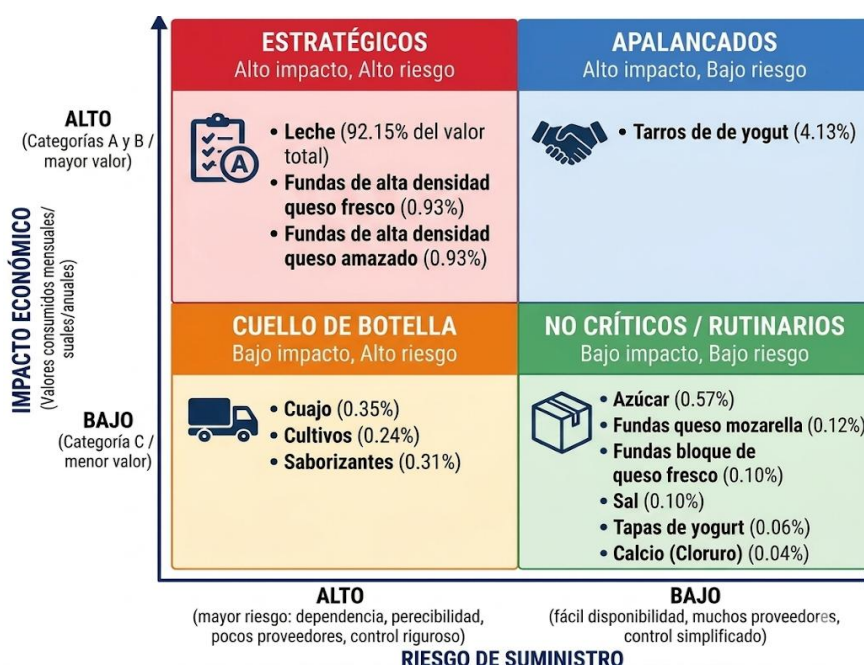


Figura 3. Matriz de Kraljic respecto a insumos

El hecho de utilizar herramientas de análisis como la matriz de Kraljic que aparece en la Figura 3 para segmentar a los proveedores, se determinó que la leche cruda se clasifica de forma inequívoca dentro de cuadrante de insumos críticos. Esta posición

responde a que representa el 92.15% del presupuesto de compras de la organización y se maneja bajo una elevada condición de vulnerabilidad vial y de mercado, dado que las opciones de diversificación técnica para valorar o sustituir proveedores son sumamente escasas en la parroquia El Carmelo.

De forma síncrona con el análisis ABC de la Tabla 4, en envases de yogurt se ubican en la categoría de insumos apalancados y rutinarios debido a su menor peso financiero 4,13%. El resto de los materiales como cuajo, cultivos, azúcar y fundas de alta densidad se agrupan en el cuadrante de insumos rutinarios, sumando en conjunto apenas el 3,72% del valor mensual de adquisición, lo que justifica la implementación de estrategias diferenciadas de control de inventario según la criticidad determinada por el modelo de Kraljic.

4.1.1.3. Proceso de compra y planeación del abastecimiento

Se aprecia que el proceso de adquisición de insumos fue mayoritariamente empírico y manual, en el que la planificación de las compras no hizo uso de tecnologías de la información (TIC) como los sistemas *e - procurement* o ERPs, lo cual generó una total dependencia de la experiencia del gestor.

Los pedidos se hacían de forma semanal o de acuerdo con la necesidad urgente de producción. Esta falta de sistematización contravino lo expuesto por Mora García (2023) con respecto a los sistemas integrales de compras que debían orientarse hacia la automatización de la actividad relacionada o la reducción de ordenes de compras y tiempos de respuesta del proveedor.

4.1.1.4. Gestión de inventarios y almacenamiento

La evolución del inventario mostró una estrategia de exceso de abastecimiento anticipado. Se concluyó que los materiales fundamentales como envases, aditivos e insumos estuvieron en el inventario entre 1 y 3 semanas antes de ser incorporados al proceso de producción. La información mostró que la razón principal para tener altos niveles de inventario era disminuir el riesgo de falta y obtener descuentos por cantidad, pero a un alto costo de oportunidad por el capital ocioso, alejado de los modelos de *vendor managing inventory* (VMI) que permitirían una reposición más rápida y coordinada.

La organización y control de los trece insumos de la microempresa se resolvió mediante el análisis ABC, ordenando cada recurso de forma descendente para medir su peso real en el presupuesto mensual de compras de 40,695.12 USD. El

procedimiento matemático y la lógica de cálculo aplicada para cada columna de la matriz se definieron de la siguiente manera:

Valor mensual (V_m): Calculado como el producto entre la cantidad consumida mensualmente (Q) y el costo unitario de adquisición (C_u):

$$V_m = (Q \times C_u)$$

Porcentaje de Valor Total (P_i): representa la participación relativa del gasto de cada insumo dentro del presupuesto total ($V_{total} = \$ 40.695,12$):

$$P_i = \left(\frac{V_m}{V_{total}} \right) \times 100$$

Porcentaje Acumulado (P_{acum}): sumatoria acumulativa descendente de las participaciones porcentuales individuales hasta insumo: i -enésimo insumo:

$$P_{acum,k} = \sum_{i=1}^k P_i$$

A partir de estos cálculos acumulados, se establecieron los siguientes criterios de categorización para definir la prioridad de control operativo:

- Categoría A (92,15% del gasto total): Insumo crítico con $P_{acum} \leq 95,00\%$ (Leche cruda). requiere supervisión diaria, reposición síncrona Kanban y cero días de almacenamiento inmovilizado.
- Categoría B (4,13% del gasto total / 96,28% acumulado): insumos de impacto moderado con $95,00\% < P_{acum} \leq 98,00\%$ (Envases de yogurt). Exigen revisiones semanales, stock de seguridad de 2 días y rotación FEFO.
- Categoría C (3,72% del gasto total/ 100% acumulado): Insumos secundarios con $98,00\% < P_{acum} \leq 100,00\%$ (11 materiales de empaque y aditivos). Se gestionan mediante compras consolidadas por lotes trimestrales para minimizar costos administrativos de ordenamiento.

A partir de estos resultados, el portafolio se dividió en tres niveles de prioridad. El grupo A, ocupado por únicamente por la leche cruda al absorber de forma dominante el 92,15% del gasto mensual, mientras los insumos pertenecientes a la categoría B, conformado por un único insumo del grupo como envases de yogurt que concentraron 4,13 puntos porcentuales para alcanzar un 96,28%, los cuales requerían,

por su parte, un control moderado con revisiones semanales de las existencias. La categoría C agrupó por su parte 11 tipos de insumos, a saber, fundas para queso, cuajo, sabores, cultivos, azúcar, sal y calcio que, en conjunto, apenas representan el 3,72% del valor total, pero requieren también controles básicos y compras consolidadas para reducir los costes administrativos, tal como se puede visualizar en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación ABC de insumos.

Categoría	Insumo	Cantidad (Q)	(\$) Costo Unitario (C _u)	(\$) Valor Mensual (Vm)	% Valor Total	% Valor Acumulado	Prioridad de Control
A	Leche	75 000	0,50	37 500	92,15	92,15	Control Riguroso
B	Envases de yogurt	12 000	0,14	1 680	4,13	96,28	Control Moderado
C	Fundas de alta densidad Queso amasado	28	13,5	378	0,93	97,21	Control Simplificado
C	Fundas de alta densidad queso fresco prensado	28	13,5	378	0,93	98,14	Control Simplificado
C	Azúcar	5	46	230	0,57	98,70	Control Simplificado
C	Cuajo	15	9,5	142,50	0,35	99,05	Control Simplificado
C	Saborizantes	6	20,75	124,50	0,31	99,35	Control Simplificado
C	Cultivos	6	16	96	0,24	99,59	Control Simplificado
C	Fundas queso mozzarella	19	2,5	47,50	0,12	99,70	Control Simplificado
C	Sal	4	10	40	0,10	99,80	Control Simplificado
C	Fundas Bloque de Queso Fresco	5	7,82	39,10	0,10	99,90	Control Simplificado
C	Tapas de yogurt	1 200	0,02	24,55	0,06	99,96	Control Simplificado
C	Calcio (Cloruro)	1	15	15	0,04	100	Control Simplificado
Total				40695.12	100		

La distribución asimétrica del valor mensual de consumo de insumos confirma que la microempresa concentra su riesgo financiero en la leche cruda, la cual demanda el 92,15% del presupuesto mensual de compras con 37,500 USD. Este escenario valida la necesidad de transitar desde el Kardex tradicional manual hacia un modelo de gestión basado en la criticidad (TOC).

Para "El Carmelo S.C.A.", esto significa poner en marcha la implementación:

- Supervisión diaria y pedidos regulares para la categoría A, definiendo puntos de reorden basados en la demanda efectiva y plazos de entrega de los tres transportistas independientes detectados para evitar sobre acopio.
- Examinación semanal para la categoría B, preservando grados de seguridad que prevengan interrupciones en la elaboración de yogurt y queso fresco mediante sistema FEFO.
- Adquisiciones trimestrales por lote para la categoría C, aprovechando descuentos por cantidad y disminuyendo la frecuencia de las ordenes de aprovisionamiento.

La adopción de esta categorización no solamente permitiría mejorar el capital inmovilizado que en la actualidad se manifiesta como permanencias de 7 a 21 días en almacenamiento, sino que además permitiría disminuir las pérdidas anuales del 2 a 3 % que suelen producirse como consecuencias de los caducados o de los deterioros producidos por la larga permanencia en el almacén como se detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, contribuyendo a la misma vez en los objetivos de eficiencia operacional y de sostenibilidad medioambiental que justifican la logística verde.

Tabla 5. Caracterización del control de existencias

Indicador	Hallazgo Operativo	Referencia Teórica Mora García (2023)
Tiempo de Permanencia	7 a 21 días	Modelos JIT (Just-in-Time)
Porcentaje de Merma	2% a 3% anual	Indicadores de Calidad (KPI)
Causa de Inventario Alto	Evitar desabastecimiento	Falta de visibilidad de demanda
Método de Control	Kardex manual/parcial	Sistemas en Gestión de Almacén

4.1.1.5. Logística de recolección y transporte de entrada

En relación con la dimensión del transporte, se observó que la microempresa administró rutas de recolección constantes, las cuales se organizaron manualmente teniendo en cuenta la ubicación geográfica de los proveedores en las áreas del

cantón Tulcán y una parte de la provincia de Sucumbíos. La evaluación de la logística de entrada de la microempresa implicó analizar la especificidad de su flota vehicular subcontratada, y su capacidad operativa ya que determinó la eficiencia energética respecto a la geografía andina de la zona fronteriza. La recolección cotidiana de la leche cruda se distribuyó en 3 transportistas independientes cuyas unidades tienen marcadas diferencias en antigüedad, tecnología de combustión e incluso volumen de carga.

La heterogeneidad tecnológica de la flota subcontratada constituye un factor determinante en la configuración de la huella ambiental del proceso de acopio. La microempresa no ejerce titularidad sobre los vehículos utilizados para la recolección de la leche cruda, lo que traslada la responsabilidad del mantenimiento preventivo, la eficiencia de combustión y la renovación del parque automotor a los 3 transportistas independientes. Esta condición de tercerización operativa limita la capacidad de la organización para implementar un plan de descarbonización directo y somete la eficiencia energética del acopio a una gobernanza interorganizacional basada en la confianza empírica, más que en contratos de desempeño ambiental formalizados.

En la Tabla 6 se presenta la caracterización de la flota vehicular subcontratada en la cual se observa la ficha técnica de los diferentes automotores utilizados en la recolección de la leche cruda por parte de los transportistas independientes detallando especialmente la capacidad del tanque de combustible de 68 a 140 litros correspondientes únicamente al depósito de combustible de los vehículos.

Tabla 6. Caracterización técnica de los vehículos de transportistas independientes

Proveedor	Tipo de vehículo	Marca	Modelo	Año	País origen	Capacidad tanque de combustible (L)
Asociación 4 de febrero	Camión liviano	Chevrolet	NLR 511 EIV 3.0 2P 4X2 TM DIESEL	2026	Japón	68 a 75
Stalin Carapaz	Camión mediano	Chevrolet	NQR85L	2008	Colombia	140
Humberto Portilla	Camión liviano	Chevrolet	NHR 2.8 2P 4X2 TM DIESEL	2010	Colombia	75

La antigüedad de las unidades refleja esta situación, mientras el vehículo de la asociación 4 de febrero corresponde a un modelo del año 2026 con tecnología de combustión reciente, los camiones de Stalin Carapaz (2008) y Humberto Portilla (2010) presentan más de 15 años de operación, lo que incrementa la probabilidad de

emisiones contaminantes superiores a los estándares actuales elevando los costos de mantenimiento que, en última instancia, se trasladan a la microempresa mediante ajustes tarifarios. Al analizar el comportamiento de la flota, se hace evidente que los camiones no operan al límite de su capacidad, una condición impuesta por la realidad del trabajo en zona rural. Aunque los vehículos subcontratados (Chevrolet NHR, NLR y NQR) están habilitados para mover entre 1,8 y 6,0 toneladas y cuentan con tanques de diésel de 68 a 140 litros, el acopio diario dista mucho de esos límites: la Ruta 1 apenas alcanza los 600 litros (618 kg), la Ruta 2 se queda en 1.300 litros (1.339 kg) y la Ruta 3 no supera los 400 litros (412 kg). Lejos de tratarse de un error administrativo, esta diferencia entre el tonelaje del vehículo y la carga real obedece a la dispersión de los pequeños ganaderos y a un terreno andino con pendientes superiores al 30%, lo que obliga a los camiones a transitar con la bodega mayormente vacía. Este escenario termina por encarecer la operación, ya que se quema más combustible por cada litro de leche recolectada y se incrementa la huella de carbono, lo que confirma la urgencia de rediseñar la red logística para que se adapte a la realidad del territorio.

4.1.1.6. Control de calidad y recepción de materia prima

La recepción de la leche sin procesar fue uno de los procedimientos más organizados. Se determinó la aplicación de controles estrictos de plataforma que incluyeron la verificación de temperatura, olor, acidez y estabilidad proteica mediante la prueba de alcohol al 75%.

Los resultados de laboratorio confirmaron que la materia prima recibida cumplió con los estándares de la norma NTE INEN 9:2012. Se identificó un índice de rechazo mensual de apenas el 3% al 5%, atribuido principalmente a contaminación accidental o problemas en el transporte. A pesar de esta eficiencia técnica, el control de calidad se limitó a variables fisicoquímicas, omitiendo criterios de trazabilidad verde en el origen de la leche como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados técnicos de laboratorio.

Parámetro	Valor Asociación 4 de febrero	Valor Carapaz	Valor Humberto	Norma NTE INEN 9
Densidad (20°C)	1,0294	1,0284	1,0294	1,028 - 1,032
Crioscopia (°C)	-0,518	-0,519	-0,515	-0,536 a -0,512
% Grasa	3,83	3,68	3,65	Mín. 3,00%
% Proteína	3,22	3,18	3,20	Mín. 2,9%

4.1.1.7. Gestión de saneamiento y seguridad en el abastecimiento

Se caracterizó la existencia de un robusto sistema de protocolos documentales para garantizar la inocuidad de los insumos. La empresa contó con programas formalizados de:

- Limpieza y Desinfección: Con instructivos específicos para superficies, tanques y equipos de transporte, utilizando productos como hipoclorito de sodio y amonio cuaternario.
- Control de Plagas: Con cronogramas de fumigación mensual y estaciones de control de roedores identificadas en áreas críticas como recepción y almacenamiento.
- Abastecimiento de Agua: Con monitoreos diarios de pH (6,8 a 8,2) y cloro residual (1,0 a 1,5 ppm) para asegurar la potabilidad del recurso utilizado en la limpieza de canastillas y tanques.

Esta infraestructura documental representó una fortaleza operativa, alineada con la resolución 067-2015-GGG conforme a las exigencias de ARCSA. No obstante, se detectó que la aplicación se limitó a la normativa sanitaria, sin avanzar sobre estándares voluntarios de gestión ambiental como la ISO 14001.

- Caracterización de la logística inversa y residuos

En el estudio de la utilización final de los materiales de abastecimiento, se detectó que la microempresa implementó una forma incipiente de economía circular. En este sentido, el lactosuero que es el principal residuo del proceso se aprovechó en un porcentaje del 100% como alimento para animales de los productores locales.

No obstante, en la dimensión de empaques, se observó una alta dependencia de plásticos convencionales como el polietileno de alta densidad debido a su bajo costo y durabilidad. Se determinó que el porcentaje de empaques biodegradables o reutilizables fue de 0%. La empresa no ha contado con un plan formal de logística inversa para la recuperación de envases tras el consumo. En cuanto a la gestión interna de residuos sólidos, la empresa hace un uso interno de una separación en la fuente de los contenedores de color blanco, verde y negro, a partir de la Norma Técnica Ecuatoriana 2841 NTE INEN.

4.1.1.8. Comparativa de la situación actual vs el modelo ideal de gestión logística

Para profundizar en la caracterización de la gestión de abastecimiento, se contrastaron los hallazgos operativos de la microempresa con los mejores prácticas

de la logística integral detalladas por Mora García (2023). Este ejercicio evidenció una transición pendiente desde una gestión empírica hacia una estructura de logística 4.0 y *Supply Chain Management* (SCM) síncrona.

La comparación evidencio que “El Carmelo S.C.A” funciona con una estructura que Mora García (2023) clasifica como gestión logística tradicional, enfocándose en minimizar costos a corto plazo y en mantener la continuidad del servicio, aunque carece de la visibilidad y rapidez que proporcionan las tecnologías actuales.

La discrepancia más destacada estaba en la planificación de la demanda y el transporte. Como se sugirió en el modelo ideal, poner en práctica sistemas de ruteo inteligente y supervisión inalámbrica supondría un avance de flujos, pero la microempresa lo hizo con manuales y eso aumentó la posibilidad de ineficiencias logísticas y de emisiones contaminantes. En la misma línea, la gestión de inventarios preventivos contradecía la tendencia de inventarios síncronos, lo cual significó una potencial optimización de la coordinación entre proveedor y cliente para liberar capital inmovilizado que todavía está almacenado hasta 3 semanas.

Por último, en el ámbito de la sostenibilidad, se reflejó en la ausencia de certificaciones ambientales en la base de proveedores. La certificación es un motor de la transparencia y de la trazabilidad, y carácter de esta “El Carmelo S.C.A.” supuso tener un riesgo latente en la cadena de aprovisionamiento verde, a pesar de contar con materia prima de alta calidad técnica verificada por laboratorios externos como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Contraste entre la realidad operativa y el modelo ideal					
Dimensión de Gestión	Situación Actual (El Carmelo S.C.A.)		Modelo Ideal		Si No
Tecnología y Planeación	La planificación de compras y rutas de transporte se realizó de forma manual, basándose en la experiencia acumulada del gestor.		Integración de Logística 4.0, utilizando Big Data, IoT e inteligencia artificial para la toma de decisiones basada en datos y no solo en intuición.		X
	Relaciones fundamentadas en la confianza y antigüedad, pero con baja formalidad ambiental y ausencia de certificaciones verificables.		Implementación de un Sistema Integral de Compras que incluya procesos formales de selección, evaluación y certificación de proveedores bajo estándares internacionales.		X

Dimensión de Gestión	Situación Actual (El Carmelo S.C.A.)	Modelo Ideal	Si	No
Gestión de Inventarios	Enfoque preventivo con niveles altos de stock (permanencia de 1 a 3 semanas) para mitigar el riesgo de desabastecimiento.	Aplicación de modelos como VMI (Inventario Administrado por el Proveedor) y sistemas de clasificación ABC para optimizar la rotación y reducir costos de almacenamiento.		X
Logística de Transporte	Uso de rutas fijas planificadas manualmente; ausencia de herramientas tecnológicas de monitoreo o rastreo en tiempo real.	Empleo de Sistemas de Gestión de Transporte (TMS) y GPS para el diseño de rutas inteligentes que maximicen la eficiencia operativa y reduzcan la huella de carbono.		X
Sostenibilidad (Logística Verde)	Priorización de empaques plásticos convencionales por su bajo costo; manejo de residuos centrado en la reutilización empírica del lactosuero.	Integración total de la Logística Verde (<i>Green Logistics</i>), priorizando materiales biodegradables y el cumplimiento de normas de gestión ambiental como la ISO 14001.		X
Medición del Desempeño	El monitoreo se limitó a registros básicos de mermas (2-3%) y rechazos (3-5%), sin una matriz compleja de indicadores automatizados.	Uso sistemático de Indicadores de Gestión (KPI) y técnicas de <i>Benchmarking</i> para medir la productividad, el servicio al cliente y los costos ocultos de la cadena.		X

4.1.2. Determinar los procesos de la logística verde en la microempresa de lácteos El Carmelo S.C.A.

La determinación de los procesos de logística verde en El Carmelo S.C.A. se realizó mediante un diagnóstico integral que contrastó la percepción gerencial con la observación directa en planta, la revisión de registros documentales y el análisis cuantitativo de facturas de servicios básicos registrados por EmelNorte y JAAPS El Carmelo correspondientes al periodo enero-abril 2026. Los resultados se estructuran en cuatro dimensiones críticas: gestión de transporte, empaques, gestión de residuos y eficiencia energética e hídrica.

4.1.2.1. Gestión de transporte y emisiones de CO₂

El acopio diario de leche cruda en la microempresa "El Carmelo S.C.A." se realiza mediante un modelo de tercerización operativa, donde 3 transportistas independientes recolectan la materia prima de los centros de producción situados en el cantón Tulcán y en sectores limítrofes de la provincia de Sucumbíos. Esta forma de tercerización sitúa la organización en un entorno de gobernanza

interorganizacional, donde la huella de carbono no proviene de la titularidad sobre los activos de los vehículos, sino de la formalización de acuerdos de servicio, del cumplimiento de reportes de datos y de la cooperación estratégica con los actores del transporte.

La red de recepción de la leche cruda cuenta con 3 rutas claramente definidas. La primera pertenece a la asociación 4 de febrero la cual recorre 27,2 km desde la comunidad de Chauchin o Casa grande, un recorrido que permite movilizar un total de 600 L por día; en cambio la ruta 2 pertenece a Stalin Carapaz con un recorrido de 34,3 km a través de las comunidades de la playa alta, el playón, santa rosa, san Vicente del Chingual y el Capulí, con un total de leche aportada de 1300 L; finalmente Humberto Portilla sirve como conexión entre El Carmelo, El Capulí y la Playa Alta con la ruta más larga pues cuenta con 37,8 km, y apenas moviliza 400 L. La microempresa opera en un entorno de vulnerabilidad vial estructural, que no puede ser resuelto unilateralmente, requiriendo coordinación con gobiernos locales para el mejoramiento de la infraestructura o alternativamente, la reconfiguración de la red de acopio mediante centros de consolidación intermedios que reduzcan la oposición a los tramos de mayor pendiente.

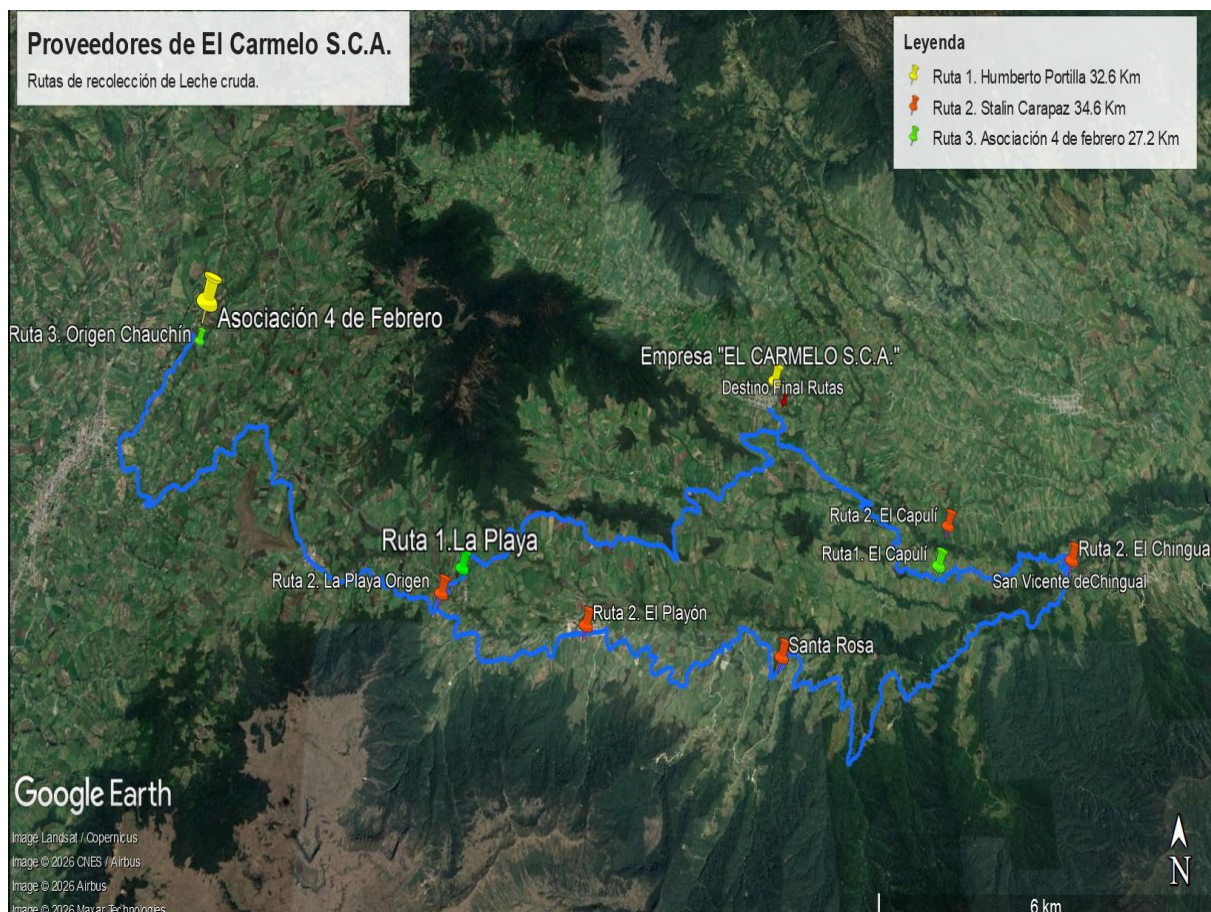


Figura 4. Georreferenciación de rutas para la recolección de leche cruda

En la Figura 4 se presenta el gráfico de georreferenciación general en el que se observan las rutas georreferenciadas para el análisis del estado en que se encuentran las vías y su efecto en la eficiencia del transporte. Para lo cual con el fin de garantizar la rigurosidad científica y auditabilidad de la representación geográfica de las rutas de recolección y de los perfiles altimétricos detallados en el Anexo 7, el levantamiento de coordenadas espaciales se realizó directamente en campo mediante dispositivos móviles con posicionamiento GPS activo a bordo de las unidades de transporte de los tres transportistas independientes durante sus jornadas reales de acopio, abarcando el acervo operativo generado entre julio de 2022 y abril de 2026. Estas trazas satelitales en formato de archivo de intercambio (.gpx) fueron importadas en primera instancia al software de acceso libre Google Earth Pro para su georreferenciación, marcación vial y validación de las distancias totales diarias recorridas por cada proveedor, posteriormente para determinar con exactitud los perfiles de elevación y niveles de inclinación, las rutas se procesaron a través de la herramienta de análisis topográfico de la plataforma web Bikemap, la cual calcula la pendiente porcentual local mediante la relación estándar

$$\text{Pendiente (\%)} = \left(\frac{\text{Altitud (m)}}{\text{Distancia horizontal (m)}} \right) \times 100$$

El análisis altimétrico constituyó la base empírica fundamental para justificar la aplicación del factor de impacto de 1.05 sobre el consumo de diésel debido a la exigente topografía andina, lo que permitió cuantificar con precisión las 583 toneladas de CO₂ generados en la red de abastecimiento de la microempresa durante el periodo de estudio. Finalmente, para asegurar la transparencia de la investigación, los archivos vectoriales originales de las rutas en formato (.gpx) y (.kml), junto con los enlaces interactivos públicos generados en *Bikemap*, se encuentran almacenados y disponibles en el repositorio digital de la investigación.

La caracterización altimétrica de cada uno de estos trayectos es ilustrada más adelante en las Figura 5, Figura 6 y Figura 7, en ellas se aprecia cómo se distribuye porcentualmente las pendientes y en qué grado de heterogeneidad topográfica condiciona el rendimiento de las unidades de cada uno de los transportistas independientes.

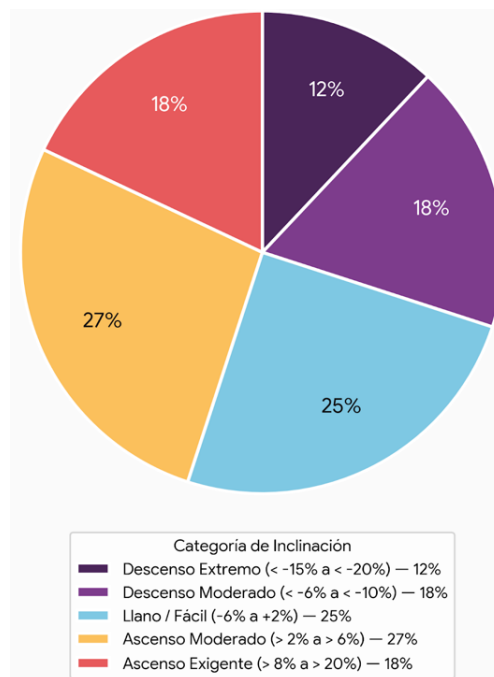


Figura 5. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 1
Asociación 4 de febrero

En la Figura 5 se presenta la distribución porcentual de las pendientes encontradas a lo largo de la ruta de recolección 1 perteneciente a la asociación 4 de febrero,

correspondiente a una vía de segundo orden. Del total del trayecto, predomina el tramo de ascenso moderado con un 27%, seguido de zonas de terreno llano de baja dificultad (25%). Asimismo, las secciones de ascenso exigente y descenso moderado representan un 18% cada una, mientras que los tramos de descenso extremo corresponden al 12% restantes. Esta variabilidad topográfica desglosada especialmente en el Anexo 7 evidencia un grado de pendiente considerable que incide en las condiciones operativas de la ruta.

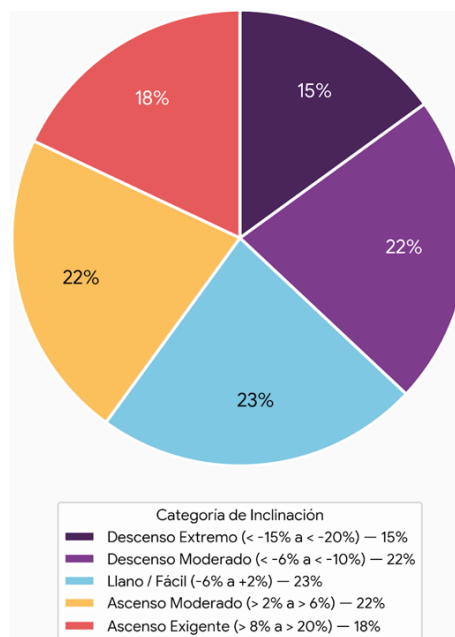


Figura 6. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 2 Stalin Carapaz

A diferencia del trayecto previo, los datos de la Figura 6 reflejan un perfil topográfico de morfología mixta en la ruta de recolección 2, la cual se desarrolla sobre una vía mayoritariamente de tercer orden con pendientes de moderada inclinación tanto en descenso como en ascenso, constituyen los segmentos más representativos del recorrido sumando un 44% del total con un 22% cada una. Las zonas de mayor exigencia técnica completan la estructura de la vía mediante un 18% de ascenso pronunciado y un 15% de descenso extremo, dejando así un 23% de tramo plano.

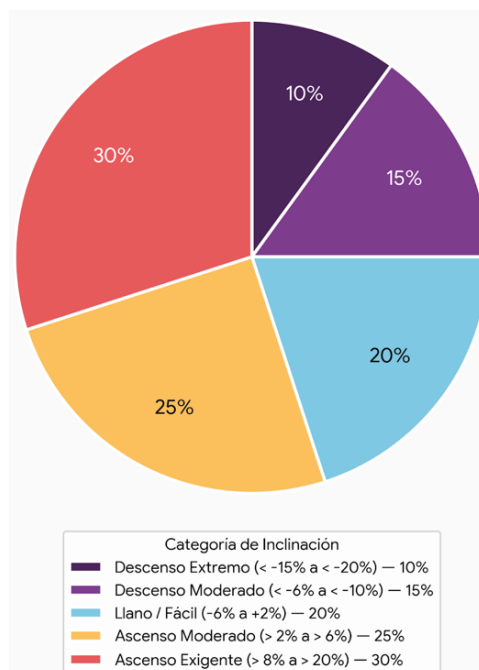


Figura 7. Porcentajes de inclinación de pendientes en la ruta de recolección 3 Humberto Portilla

Como se observa en la Figura 7, la ruta de recolección 3 perteneciente a Humberto Portilla se caracteriza por un terreno con pendientes mayoritariamente hacia arriba, las cuales abarcan más de la mitad de todo el camino con un 55%. Mientras que el tramo más amplio corresponde al ascenso exigente con un 30% seguido por el ascenso moderado con un 25% significativo. Por otro lado, las partes planas representan 1/5 parte del trayecto, mientras que los tramos en bajada se dividen en un 15% de descenso moderado y un 10% de descenso extremo.

La vulnerabilidad vial identificada en las 3 rutas de recolección se traduce en implicaciones operativas de relevancia para la microempresa. El primero se asocia con el aumento sostenido de la huella de carbono, dado que los tramos de lastre y las pendientes exigentes que superan el 30% de inclinación como es el caso de la ruta de Humberto Portilla, lo cual incrementa la demanda energética de los motores y en consecuencia el consumo de diésel. En segundo lugar, se acelera el desgaste de la flota subcontratada, particularmente en suspensión y neumáticos, lo que encarece los costos de mantenimiento y se traslada indirectamente a la microempresa mediante ajustes tarifarios que impactan el costo final del litro de leche acopiada. En tercer lugar, se generan limitaciones de acceso estacional durante el periodo invernal, situación que obliga a la organización a mantener inventarios de

seguridad elevados o, en casos extremos, rechazar leche en zonas de difícil acceso afectando la continuidad operativa del abastecimiento.

La cuantificación de las emisiones generadas entre 2022 y 2026 evidenciadas en la Tabla 9 permite dimensionar la magnitud del impacto ambiental asociado a estas rutas. El consumo acumulado de diésel alcanzó 217 399 litros, lo que derivó en la liberación de 583 t de CO₂ a la atmósfera, calculadas aplicando el factor de emisión IPCC (2,68 kg CO₂/L) y un factor de impacto por inclinación topográfica de 1,05 debido a la exigente pendiente andina. La distribución de estas emisiones presenta una asimetría operativa significativa empezando por la ruta de Humberto Portilla la cual concentró el 56% del total de las emisiones con 324 t de CO₂, pese a representar apenas el 18% del volumen de leche transportado, debido a su baja eficiencia de 11,51 L/km. En contraste, la ruta de Stalin Carapaz registró la mayor eficiencia operativa con 38,07 L/km y la menor huella relativa al 17% del total. La asociación 4 de febrero se ubicó en una posición intermedia, con el 28% de las emisiones totales y una eficiencia de 23,11 L/km. El desglose técnico de consumos de combustible, estado vial y metodología de cálculo se detalla en el Anexo 9 para garantizar la trazabilidad del estudio.

Tabla 9. Síntesis de recolección de leche cruda y emisiones de CO₂ (2022-2026)

Ruta / Proveedor	Volumen transportado (L)	Recorrido acumulado (km)	Emisiones (t CO ₂)	Eficiencia (L/km) y Hallazgo clave
Ruta 1: Asociación 4 de febrero	880.169,78	38.080	161	23,11 L/km. Eficiencia media en vía de segundo orden; representa el 28% de las emisiones.
Ruta 2: Stalin Carapaz	1.828.044,92	48.020	98	38,07 L/km. Mayor eficiencia operativa del sistema; moviliza el 55% de la leche con solo el 17% de las emisiones.
Ruta 3: Humberto Portilla	609.348,31	52.920	324	11,51 L/km. Alta asimetría: concentra el 56% de las emisiones transportando solo el 18% del volumen debido a pendientes >30%.
Total / Promedio	3.317.563,00	139.020	583	23,86 L/km. Red mixta de recolección con alta vulnerabilidad topográfica que requiere optimización.

La disparidad encontrada confirma que el estado vial mayoritariamente se compone de vías de segundo y tercero orden con pendientes que superan el 30% en ascenso exigente, actuando como un limitante estructural que incrementa el consumo de diésel en aproximadamente un 5% respecto a las condiciones ideales de pavimentación, conforme al factor de impacto consolidado de 1,05 registrado en la Tabla 17.

4.1.2.2. Gestión de empaques y materiales

La observación de campo confirmó una dependencia absoluta del 100% de plásticos convencionales de alta densidad, manteniendo un índice nulo del 0% en la adopción de materiales biodegradables o reutilizables en una muestra de 624 a 661 unidades diarias observadas durante el periodo de análisis. La percepción gerencial identifica el costo de adquisición, la durabilidad y la facilidad de almacenamiento como las principales barreras de entrada para la transición ecológica. La gerente reconoció que el paso a los envases biodegradables conllevaría un incremento en los costos de producción, situación agravada por la baja demanda actual de los consumidores locales hacia productos con empaques sostenibles.

Esta resistencia al cambio tiene implicaciones estratégicas de largo plazo. La dependencia exclusiva de plásticos convencionales expone a la microempresa a riesgos regulatorios futuros ante el endurecimiento de la normativa ambiental en materia de residuos plásticos, así como a barreras de entrada en mercados binacionales exigentes que progresivamente incorporan criterios de sostenibilidad en sus requisitos de importación. La ausencia de un plan formal de logística inversa para la recuperación de envases tras el consumo agrava esta situación, puesto que la microempresa no cuenta con mecanismos para cerrar el ciclo de los materiales que utiliza, perdiendo así la oportunidad de transformar un pasivo ambiental en una capacidad estratégica que anticipe la presión regulatoria y mejore el posicionamiento de marca ante consumidores con mayores niveles de conciencia ambiental.

4.1.2.3. Gestión de residuos y economía circular

La administración de desechos líquidos es el proceso de logística ecológica más sólido en la entidad al confirmar los principios de economía circular y constituyendo una ventaja competitiva.

Se determinó que el 100% del lactosuero generado se reutiliza como alimento para animales, entregándolo a productores cercanos para su aprovechamiento. La

empresa cuenta con un protocolo medioambiental formalizado para el tratamiento de este subproducto, lo cual fue validado totalmente en la revisión documental y cumple con lo establecido por la norma ecuatoriana 2841 NTE INEN.

Con el propósito de cuantificar el volumen de lactosuero generado en el periodo 2022 - 2026, se aplicó un modelo de cálculo basado en el balance de masa, considerando el volumen total de leche procesada para la elaboración de quesos, el peso de los productos obtenidos y los factores de desplazamiento específicos para cada tipo de queso (0,85 para quesos compactos como mozzarella, amasado y bloques; 0,90 para queso fresco), conforme a las recomendaciones técnicas para productos lácteos. Los resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Evolución de la generación de lactosuero.

Año	Mes	Litros de Leche	Litros para Queso fresco	Litros para (Mozzarella, Amasado, Bloques)	Lactosuero Queso Fresco	Lactosuero de (Mozzarella, Amasado, Bloques)	Lactosuero
2022	Julio	66155	7939	58216	7145	49484	56629
	Agosto	66510	7981	58529	7183	49749	56933
	Septiembre	69917	8390	61527	7551	52298	59849
	Octubre	66819	8018	58801	7216	49981	57197
	Noviembre	72561	8707	63854	7837	54276	62112
	Diciembre	66145	7937	58208	7144	49476	56620
	Enero	70947	8514	62433	7662	53068	60731
	Febrero	72106	8653	63453	7787	53935	61723
	Marzo	71693	8603	63090	7743	53626	61369
	Abril	69338	8321	61017	7489	51865	59353
	Mayo	66816	8018	58798	7216	49978	57194
	Junio	69843	8381	61462	7543	52243	59786
2023	Julio	68647	8238	60409	7414	51348	58762
	Agosto	68051	8166	59885	7350	50902	58252
	Septiembre	69056	8287	60769	7458	51654	59112
	Octubre	71383	8566	62817	7709	53394	61104
	Noviembre	69883	8386	61497	7547	52272	59820
	Diciembre	68580	8230	60350	7407	51298	58704
	Enero	67897	8148	59749	7333	50787	58120
	Febrero	66859	8023	58836	7221	50011	57231
	Marzo	67648	8118	59530	7306	50601	57907
	Abril	70624	8475	62149	7627	52827	60454
	Mayo	67268	8072	59196	7265	50316	57581
	Junio	67692	8123	59569	7311	50634	57944
2024	Julio	66368	7964	58404	7168	49643	56811
	Agosto	65787	7894	57893	7105	49209	56314
	Septiembre	71024	8523	62501	7671	53126	60797
	Octubre	69574	8349	61225	7514	52041	59555

Año	Mes	Litros de Leche	Litros para Queso fresco	Litros para (Mozzarella, Amasado, Bloques)	Lactosuero Queso Fresco	Lactosuero de (Mozzarella, Amasado, Bloques)	Lactosuero
2025	Noviembre	67573	8109	59464	7298	50545	57842
	Diciembre	66224	7947	58277	7152	49536	56688
	Enero	71763	8612	63151	7750	53679	61429
	Febrero	72522	8703	63819	7832	54246	62079
	Marzo	71478	8577	62901	7720	53466	61185
	Abril	72561	8707	63854	7837	54276	62112
	Mayo	72505	8701	63804	7831	54234	62064
	Junio	71874	8625	63249	7762	53762	61524
	Julio	72082	8650	63432	7785	53917	61702
	Agosto	72561	8707	63854	7837	54276	62112
	Septiembre	72501	8700	63801	7830	54231	62061
	Octubre	71978	8637	63341	7774	53840	61613
	Noviembre	71662	8599	63063	7739	53603	61343
	Diciembre	71788	8615	63173	7753	53697	61451
2026	Enero	72600	8712	63888	7841	54305	62146
	Febrero	66600	7992	58608	7193	49817	57010
	Marzo	72600	8712	63888	7841	54305	62146
	Abril	71100	8532	62568	7679	53183	60862

El resumen anual de generación de lactosuero muestra que el año 2024 es el más bajo en comparación con el más alto que es 2025 tal y como lo muestra la Tabla 11.

Tabla 11. Generación total, promedio mensual y variación del lactosuero

Año	Periodo analizado	Leche para Quesos	Lactosuero Total (L)	Promedio Mensual (L/mes)	Fórmula de Cálculo (V. Justa)	Variación del periodo parcial (Enero-Abril 2026 vs promedio 2025) (%)
2022	Julio - Diciembre (6m)	408,107	349,340	58,223	—	—
2023	Enero - Diciembre (12m)	836,343	715,910	59,659	$(59,659 - 58,223) / 58,223 \times 100$	2.47%
2024	Enero - Diciembre (12m)	814,538	697,245	58,104	$(58,104 - 59,659) / 59,659 \times 100$	-2.61%
2025	Enero - Diciembre (12m)	865,275	740,675	61,723	$(61,723 - 58,104) / 58,104 \times 100$	6.23%
2026	Enero - Abril (4m)	282,900	242,162	60,541	$(60,541 - 61,723) / 61,723 \times 100$	-1.92%

La evolución del lactosuero generado durante el periodo de estudio revela un comportamiento fluctuante con una tendencia general ascendente.

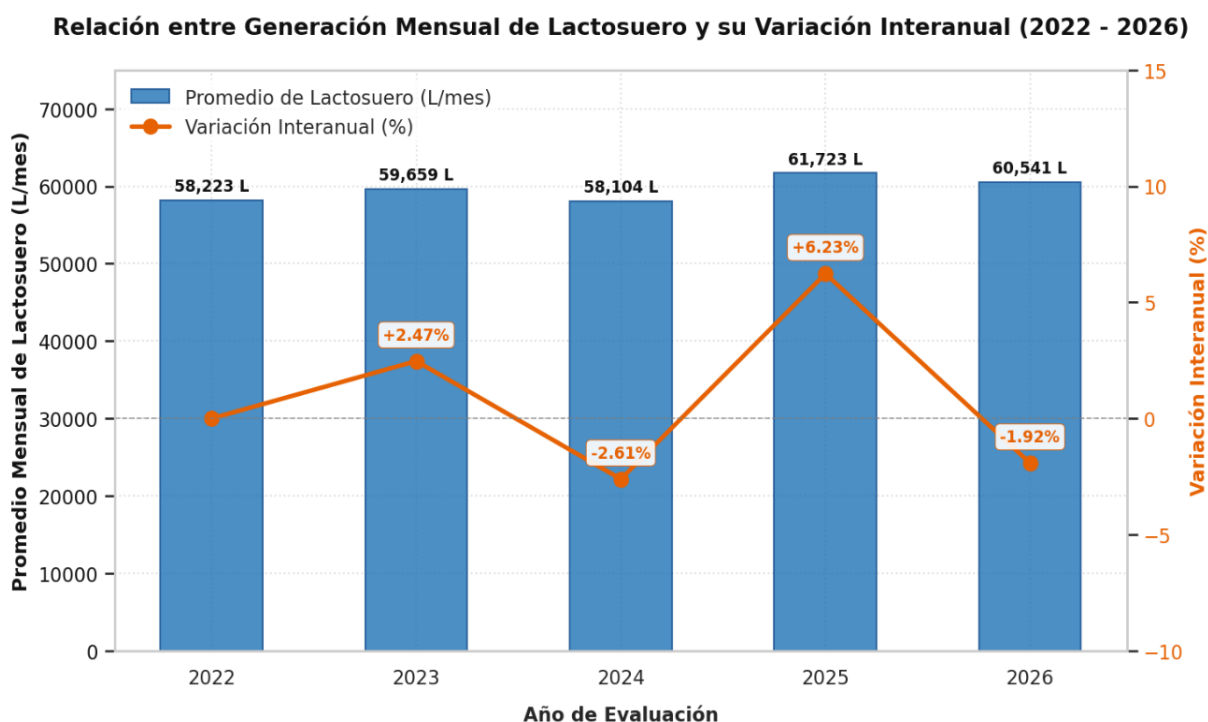


Figura 8. Tendencia de generación de lactosuero periodo 2022-2026

La Figura 8 muestra la variación del promedio mensual de lactosuero generado por año. El incremento observado en 2025 responde al aumento en el volumen de leche procesada para la elaboración de quesos.

Los datos evidencian que la generación promedio mensual de lactosuero osciló entre 58.104 litros (2024) y 61.723 litros (2025), registrando un volumen total acumulado igual o mayor a los 2.745.331,53 de litros durante el periodo quinquenal. La tendencia creciente observada entre 2022 y 2025, con un incremento del 6,01%, se atribuye directamente al aumento en el volumen de leche procesada para la elaboración de quesos, el cual pasó de un promedio mensual de 68 018 litros en 2022 a 72 106 litros en 2025.

Es importante destacar que el 100% del lactosuero generado es aprovechado mediante su entrega a productores ganaderos locales para alimentación animal, lo cual constituye una práctica de economía circular de bucle abierto que genera valor ambiental y social. La estrategia de recuperación del residuo no tiene como efecto

la eliminación directa de cualquier tipo de residuo sólido ya sea en aguas superficiales o en el suelo, que podría tener efectos negativos para los medios acuáticos y para el suelo debido a la elevada carga orgánica que presenta el residuo (DBO/DQO), sino porque él se relaciona durante el proceso de desarrollo de la aptitud empresarial en el territorio y porque puede ser un buen paso en la mejora de los costes de la producción del sector ganadero local.

No obstante, en la actualidad y lo aprovecha la materia prima puede considerarse una fortaleza de la logística inversa, pero también existe oportunidades de adoptar estrategias de valorización superior, como la producción de subproductos tales como ricota, bebidas probióticas y concentrados proteicos, lo cual podría representar todo un tema de negocio nuevo para que la microempresa pueda incluso diversificarse como una ventaja competitiva en el mercado local.

4.1.2.4. Eficiencia energética e hídrica

El estudio del consumo energético e hídrico constituye un eje clave para caracterizar la logística verde dentro de la microempresa debido a que el consumo de recursos básicos tiene una repercusión directa sobre la huella operativa, sobre los costes de transformación, así como sobre la adecuación a la (GSCM). Con la finalidad de caracterizar la logística verde de esta microempresa, se realizó un estudio bibliográfico longitudinal de las facturas de los servicios básicos (EmelNorte y JAAPS El Carmelo) y de los registros de producción de la planta para el periodo de tiempo entre el 2022 y abril de 2026. Esta aproximación permite comprobar tanto la trayectoria de los indicadores de intensidad como los *benchmarking* sectoriales y los postulados de la (NRBV), permitiendo que la ventaja competitiva sostenible se construya a partir de la internacionalización de las restricciones ecológicas hacia la gestión operativa.

Los resultados se presentan en función de dos subdimensiones críticas: desempeño energético y desempeño hídrico.

4.1.2.5. Desempeño energético

La evaluación del consumo de energía eléctrica en planta refleja una trayectoria de optimización en la eficiencia de las operaciones. Con el fin de estructurar una comparación metodológica sólida, se definió el año 2023 como el periodo base del análisis al representar el primer año con registros históricos de doce meses completos y se adoptó como denominador estandarizado los kilovatios-hora consumidos por cada cien litros de leche procesada (kWh/100 L). Bajo esta unificación métrica, la

intensidad energética promedio se redujo de manera continua desde 1,29 kWh/100 L en el año 2023 hasta situarse en 0,85 kWh/100 L durante el periodo 2025, lo que representa una disminución acumulada del 34,45%. Cabe precisar que, si bien en el segundo semestre de 2022 se registró un valor referencial de 1,31 kWh/100 L, el año 2025 se consolidó como el de mejor desempeño ecológico antes del reajuste de carga térmica ocurrido en el primer cuatrimestre de 2026. Esta evolución de la intensidad respalda empíricamente los hallazgos de la eficiencia en los procesos internos funciona como el principal factor determinante del desempeño ambiental sostenible en la industria láctea, superando las presiones regulatorias del entorno. Sin embargo, durante el primer cuatrimestre de 2026, la intensidad energética sufrió un repunte del 37,48%, alcanzando los 1,16 kWh/ 100 L obtenido mediante la revisión documental y la observación directa atribuyendo esta inflexión de manera preliminar a 3 factores operativos identificados en planta:

- El inicio de la operación estacional de equipos de refrigeración tras los periodos de mantenimiento
- El volumen de leche procesada oscila entre 69000 y 75000 L mensuales que no guarda proporción con la capacidad térmica instalada.
- La ausencia de sensores IoT que permitan modular las cargas térmicas en tiempo real según el volumen exacto de leche procesada.

A pesar de esta variabilidad, en la Tabla 12 se puede observar que el costo unitario se mantuvo en un rango competitivo de 0,182 USD/100 L, lo que sugiere que la microempresa ha controlado la presión del costo de la operación eléctrica, aunque sin alcanzar los umbrales de excelencia operativa que proponen los sistemas de gestión ambiental certificados como lo es la ISO 14001.

Tabla 12. Consumo e intensidad energéticos.

Año	Periodo analizado	Leche Procesada Total (L)	Consumo Eléctrico (kWh)	Intensidad Energética (kWh/100 L)	Cálculo	Variación del periodo parcial (Enero-Abril 2026 vs promedio 2025) (%)
2022	Julio - Diciembre	422,507	5,514	1.31	—	—
2023	Enero - Diciembre	865,143	11,168	1.29	$(1.29088 - 1.30507) / 1.30507 \times 100$	-1.09%

Año	Periodo analizado	Leche Procesada Total (L)	Consumo Eléctrico (kWh)	Intensidad Energética (kWh/100 L)	Cálculo	Variación del periodo parcial (Enero-Abril 2026 vs promedio 2025) (%)
2024	Enero - Diciembre	843,338	8,016	0.95	$(0.95051 - 1.29088) / 1.29088 \times 100$	-26.37%
2025	Enero - Diciembre	894,075	7,566	0.85	$(0.84624 - 0.95051) / 0.95051 \times 100$	-10.97%
2026	Enero - Abril	292,500	3,403	1.16	$(1.16342 - 0.84624) / 0.84624 \times 100$	37.48%
Reducción Acumulada (2023 - 2025)		-	-	-	$(0.84624 - 1.29088) / 1.29088 \times 100$	-34.45%

La variación interanual se determina con relación al año completo anterior. El año 2022 solamente abarca información del segundo semestre, la intensidad energética se muestra como kWh utilizados por cada 100 litros de leche procesada.

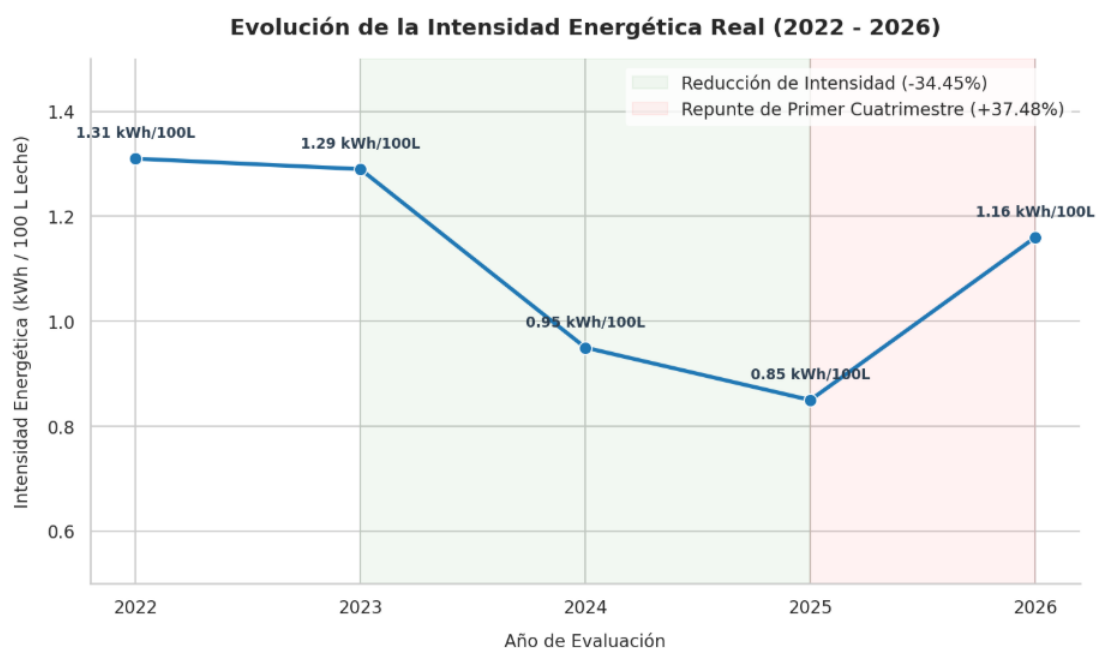


Figura 9. Tendencia sobre la intensidad energética

La Figura 9 evidencia la tendencia a la baja observada hasta 2024, lo que respalda la efectividad de las medidas de optimización adaptadas de manera empírica por la gerencia. No obstante, la ausencia de tecnologías de automatización como los sensores de carga, software de gestión energética o sistemas de monitoreo en tiempo

real limita la capacidad de la organización para estabilizar la intensidad en niveles óptimos de manera sistemática, generando una brecha crítica frente a los estándares de la logística 4.0 y exponiendo a la microempresa el repunte estacionales que erosionan las ganancias de eficiencia obtenidas en años anteriores.

4.1.2.6. Desempeño hídrico

A diferencia del comportamiento energético, la intensidad hídrica presenta una volatilidad que refleja la falta de circuitos cerrados de recirculación y la dependencia de protocolos manuales de limpieza. La Tabla 13 muestra que el indicador osciló entre 1,54 L de agua / L leche en 2023 y 2,04 L agua / L leche en el primer cuatrimestre de 2026, registrando una mejora puntual del -13,79% en 2024, atribuible a la optimización manual de los ciclos de lavado de tanques y canastillas, posteriormente los valores de 2025 con un 1,60 L agua/ L leche y 2026 muestran un deterioro progresivo.

Tabla 13. Consumo hídrico e intensidad de agua.

Año	Periodo analizado	Consumo de Agua (m³)	Consumo de Agua (L)	Leche Procesada Total (L)	Intensidad Hídrica (L Agua / L Leche)	Columna de Cálculo	Variación del periodo parcial (Ene-abril 2026 vs promedio 2025) (%)
2023	Enero - Diciembre	1,328	1,328,000	865,143	1.54	—	—
2024	Enero - Diciembre	1,116	1,116,000	843,338	1.32	$(1.3233 - 1.5350) / 1.5350 \times 100$	-13.79%
2025	Enero - Diciembre	1,433	1,433,000	894,075	1.60	$(1.6028 - 1.3233) / 1.3233 \times 100$	21.12%
2026	Enero - Abril	598	598,000	292,500	2.04	$(2.0444 - 1.6028) / 1.6028 \times 100$	27.56%
Variación acumulada Periodo (2023-2025)		—	—	—	—	$(1.6028 - 1.5350) / 1.5350 \times 100$	4.41%

Si bien el ratio de 2,04 L/L registrado en el primer cuatrimestre de 2026 se considera aceptable para una microempresa láctea de economía emergente, se encuentra muy por encima de los estándares de referencia de (1,5 -1,8 L/L) reportados en

plantas con sistemas de gestión hídrica certificada (InLac, 2022b). En este sentido al comparar el indicador de 2026 con el año base 2023 se evidencia un incremento acumulado del 33,18% en la intensidad hídrica, esta variación se explica por 3 factores identificados en la observación directa y la revisión documental:

- La falta de medición sectorizada tanto del consumo de agua potable como agua de proceso y agua de limpieza se registran en un solo medidor, lo que impide identificar fugas o ineficiencias específicas.
- La aplicación de protocolos de desinfección con hipoclorito de sodio que requieren enjuagues prolongados para garantizar el cumplimiento de la resolución 067-2015-GGG del ARCSA, priorizando la inocuidad sobre la ecoeficiencia.
- La ausencia de sistemas de recuperación de agua de condensación a tratamiento de efluentes para reutilización en labores no críticas.

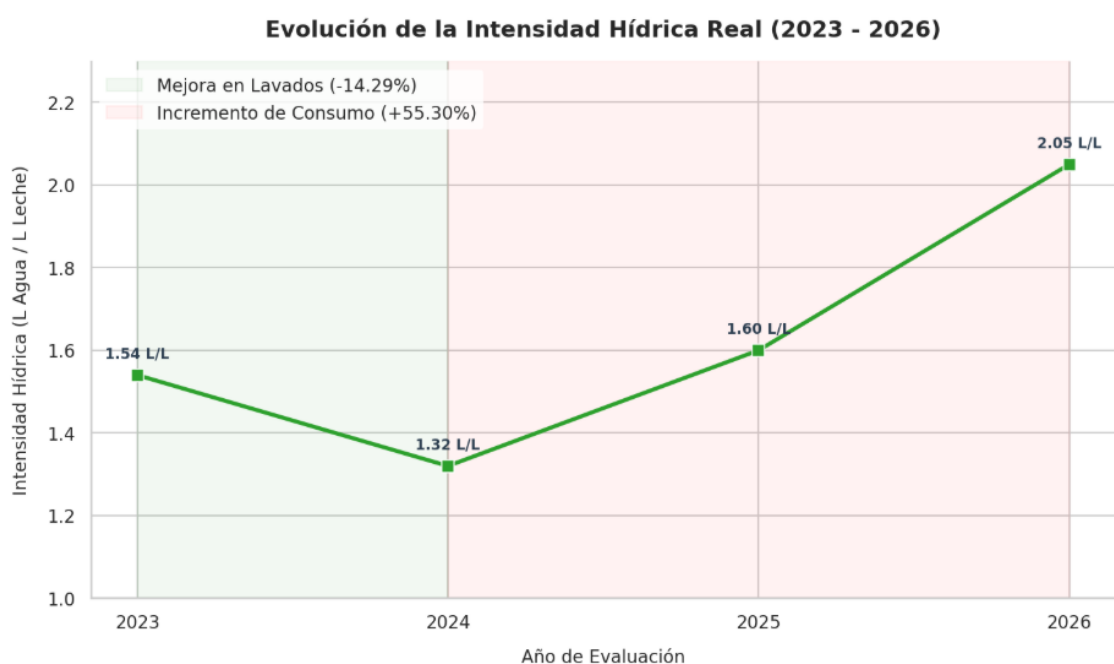


Figura 10. Tendencia sobre la intensidad hídrica

En la Figura 10 se muestra la variabilidad identificada anteriormente confirmando que, si bien la microempresa cumple con los requisitos sanitarios mínimos, no ha transitado hacia una gestión proactiva del recurso hídrico. La ausencia de indicadores de desempeño hídrico en tiempo real y de mecanismos de reutilización interna incrementa la vulnerabilidad operativa ante aumentos tarifarios o

restricciones regulatorias en zonas de estrés hídrico, exponiendo a la organización a costos crecientes que erosionan la rentabilidad del proceso productivo.

4.1.2.7. Acciones de eficiencia implementadas

Aunque no se utilizan fuentes de energía renovable (solar o eólica), la empresa ha implementado acciones para la reducción de kWh mensuales en los sistemas de refrigeración, incluyendo:

- Mantenimiento preventivo de equipos de frío
- Ajuste de temperaturas de operación según carga productiva
- Monitoreo manual de consumos

Sin embargo, estas acciones no contrastan con el modelo ideal, el cual propone la integración de tecnologías IoT para medición en tiempo real y la adopción progresiva de energías limpias.

4.1.2.8. Abastecimiento verde y relación con proveedores

El proceso de adquisición de insumos presenta una madurez baja en términos de criterios ambientales confirmando la brecha crítica identificada en la Tabla 8. Al seleccionar proveedores, la prioridad absoluta son los criterios de calidad, higiene y normas sanitarias, verificación de temperatura, acidez, prueba de alcohol al 75%, densidad, crioscopía, grasa y proteína, mientras que los aspectos ambientales se consideran, pero no son determinantes en la decisión de compra. Se estimó que menos del 10% de los proveedores cuentan con certificaciones ambientales formales, limitándose la mayoría a aplicar prácticas sostenibles básicas sin verificación oficial. La gerente reconoció 3 dificultades principales para la adopción de criterios verdes en el abastecimiento:

- El alto costo de los insumos verdes en comparación con los convencionales.
- La escasa disponibilidad de proveedores certificados en la zona fronteriza del Carchi
- La falta de incentivos fiscales o apoyo gubernamental que faciliten la transición.

Esta situación configura un escenario en el que la microempresa, pese a reconocer la importancia de la sostenibilidad, se ve limitada por barreras estructurales del entorno, costos, disponibilidad y ausencia de incentivos que frenan la formalización de un abastecimiento verde.

En cambio, la relación con los 3 principales transportistas independientes de leche cruda se fundamenta en la confianza y antigüedad, con rutas de recolección que

varían entre 27,2 km y 37,8 km. Sin embargo, no existe acuerdos formales que incluyan cláusulas ambientales o metas conjuntas de reducción de huella de carbono, lo que mantiene la relación comercial en un esquema transaccional tradicional, sin aprovechar el potencial de la colaboración interorganizacional para impulsar prácticas sostenibles a lo largo de la cadena de valor.

4.1.2.9. Síntesis de hallazgos y brechas identificadas

El diagnóstico permitió identificar que "El Carmelo S.C.A." muestra un rendimiento heterogéneo en la implementación de la logística verde, evidenciando fortalezas en la gestión de residuos como el 100% de recuperación de lactosuero y una tendencia positiva en eficiencia energética con una reducción acumulada del 34,45% en la intensidad de kWh/100 L comparando 2023 con 2025, pero con brechas importantes en:

- Tecnología y digitalización: Total carencia de sistemas GPS, IoT o software de optimización de rutas, incumpliendo así el modelo de logística 4.0 que propone Mora García (2023).
- Empaques sostenibles: Total dependencia con el 100% de plásticos convencionales sin estrategia de transición hacia materiales biodegradables.
- Abastecimiento verde: Criterios de selección de proveedores exclusivamente centrados en el aspecto sanitario sin la integración de certificaciones ambientales.
- Energías renovables: Nula aplicación de fuentes limpias tanto solar como eólica, a pesar de existir potencial en la zona limítrofe del Carchi.
- Medición y trazabilidad: Sistemas de registro manuales o parciales que limitan la medición adecuada de indicadores como huella de carbono, consumo de combustible por litro transportado o eficiencia hídrica en tiempo real.

4.1.2.10. Acciones de eficiencia implementadas y brechas identificadas

Independientemente de las distinciones en tecnología y métodos de medida, la dirección ha ejecutado un conjunto de acciones prácticas centradas en restringir la utilización de recursos. Las más importantes son las siguientes:

- Mantenimiento preventivo semestral de compresores y cámaras de frío.
- Ajustes manuales de las temperaturas de trabajo en función de la carga productiva diaria.
- Sustitución gradual de la iluminación tradicional por tecnología LED en las zonas de almacenaje.

- Control mensual de facturas en pro de la detección de consumos no esperados.

Estas actuaciones han permitido controlar la subida de los costos operativos y han evidenciado la disposición cultural de la organización hacia la mejora continua, constituyendo un factor determinante interno relevante para la adopción progresiva de prácticas de logística verde. La gerencia ha demostrado capacidad de adopción empírica ante las restricciones presupuestarias, implementando ajustes que, aunque no responden a un sistema estructurado de medición del desempeño ecológico, han generado mejoras cuantitativas verificables en la intensidad energética y en la gestión del lactosuero.

Sin embargo, el diagnóstico revela las carencias estructurales que hacen difícil materializar un sistema de eficiencia energética e hídrica alineadas con la logística verde como lo son:

- Las inexistencias de un sistema de digitalización: no hay tecnologías que faciliten la digitalización del proceso, como sensores IoT, medidores inteligentes o software de gestión de consumos.
- Gestión dependiente de fuentes convencionales: esta microempresa no ha evaluado la viabilidad técnica ni económica de introducir energías renovables fotovoltaica o eólica a pesar de la existencia de un potencial geográfico en la zona fronteriza del Carchi.
- Gestión del agua reactiva: los protocolos de limpieza dan prioridad al cumplimiento sanitario, como en el caso de la higiene del mobiliario, antes que a la optimización del recurso manejado. Falta una razonable recirculación del agua recuperación de condensados o tratamiento de efluentes para uso secundarios.
- Indicadores no estandarizados: las anotaciones son realizadas manualmente, en un procedimiento mensual, sin conexión a un tablero de control como KPIs o *dashboards* para relacionar el consumo con variables productivas, ambientales y económicas.

Las brechas encontradas en la microempresa corroboran que, a partir del modelo de eficiencia operativa incipiente con intervenciones puntuales, sobre la base de la experiencia, que sin ser un sistema estructurado de *green performance measurement*, si han permitido obtener mejoras cuantitativas. La microempresa tiene limitaciones para poder acceder a mercados exigentes, reducir costes operativos a largo plazo y afianzar una ventaja competitiva sostenible sustentada en la diferenciación ambiental. Realizar el paso de la integración de tecnologías de bajo

coste y de protocolos de economía circular a pequeña escala establecidos para recursos sencillos hasta un sistema maduro de logística verde en el que los indicadores de eficiencia son consistentes en las metas estratégicas de sostenibilidad a partir del marco de la GSCM y el TOC, de la gestión de la cadena de suministro como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14. Resumen de hallazgos en procesos de logística verde.

Dimensión	Hallazgo Principal	Nivel de Cumplimiento
Transporte Verde	Rutas fijas manuales; sin GPS ni optimización por software.	Inicial con alta huella de emisiones
Empaques Verdes	0% de materiales biodegradables; dependencia total del plástico.	Nulo
Gestión de Residuos	100% aprovechamiento de lactosuero; protocolo formalizado.	Avanzado
Abastecimiento Verde	Criterios sanitarios priorizados sobre ambientales; sin proveedores certificados.	Inicial
Eficiencia Energética	Acciones de reducción de consumo en frío, pero sin energías renovables.	Intermedio

4.1.3. Proponer estrategias de mejora que integren la logística verde en la gestión de abastecimiento en la microempresa “El Carmelo S.C.A.”

4.1.3.1. Reconfiguración de la red de acopio mediante consolidación en nodo intermedio (*Hub-and-spoke*) y ruteo colaborativo

La viabilidad práctica del rediseño logístico de acopio en el nodo de Playa Alta se sustenta bajo una estricta evaluación de seis dimensiones críticas que garantizan su factibilidad técnica, económica y de bioseguridad:

Consentimiento y coordinación con transportistas

El plan se socializará con los transportistas (Humberto Portilla y la Asociación 4 de febrero) y productores locales en asambleas previas. Dado que el modelo reduce el recorrido de la Ruta 3 en 15.1 km viales y elimina el ascenso por pendientes del >30%, los transportistas reducen su consumo de combustible diésel y el desgaste mecánico. La microempresa renegociará los fletes para transferir parte de este ahorro al transportista eficiente Stalin Carapaz, compensando su incremento de carga.

Tiempos de Sincronización en Nodo

Se establece una ventana de llegada estricta al nodo Playa Alta de máximo 30 minutos de diferencia entre las 07:00 y las 07:30 para evitar que la leche permanezca estática a temperatura ambiente. El trasvase completo se estima en 15 a 20 minutos por camión mediante bombeo mecánico rápido.

Costos de Implementación

El costo inicial de inversión es de \$1,200 USD, financiado por la microempresa, destinado a la adquisición de:

- (a) dos bombas portátiles sanitarias de acople rápido de 1.5 HP operadas con baterías de 12V.
- (b) mangueras flexibles de grado alimenticio certificadas con recubrimiento de teflón
- (c) kit de control de temperatura y acidez de plataforma rápido para el nodo.

Protocolo de bioseguridad y mitigación del riesgo de contaminación láctea

- Sistema Hermético Cerrado

Queda estrictamente prohibido el trasvase por gravedad mediante baldes o recipientes abiertos. El acople entre los camiones cisterna livianos se realizará de forma hermética y directa de tanque a tanque a través de las mangueras de grado alimenticio cerradas, impidiendo el ingreso de polvo, insectos o aire del ambiente fronterizo.

- Sanitización In-Situ

Las mangueras y bombas se someterán a un ciclo de desinfección química rápida antes y después de cada jornada en el nodo Playa Alta, utilizando una solución sanitizante de ácido peracético al 1% que no deja residuos tóxicos.

- Control de Temperatura y Cadena de Frío:

Solo se permitirá el trasvase si la leche cruda de las rutas aportantes se encuentra a una temperatura máxima de 8°C a 10°C. Humberto Portilla transportará la leche consolidada en su camión cisterna con aislamiento térmico reforzado, garantizando que el producto ingrese a la planta de El Carmelo a una temperatura óptima de refrigeración antes de su procesamiento.

- Responsabilidad y Traspaso de Riesgo

La responsabilidad por la calidad de la materia prima se dividirá en el nodo:

Cada proveedor aportante será responsable de la acidez y densidad de su volumen hasta que se apruebe la prueba rápida de plataforma previa al trasvase. Una vez

ingresado el volumen al tanque de Humberto Portilla, la custodia legal y de calidad se transfiere al transportista principal.

4.1.3.2. Transición gradual a empaques sostenibles mediante logística inversa y piloto selectivo en productos de alto margen

Esta estrategia se sustenta en las teorías de la gestión del producto y la visión basada en recursos naturales puesto que el diagnóstico evidenció que la microempresa enfrenta barreras estructurales con el 100% de dependencia de plásticos convencionales, la baja demanda local de empaques sostenibles y los márgenes ajustados que hacen inviable una transición masiva en 12 meses. Por lo tanto, la estrategia propone un enfoque pragmático que prioriza la logística inversa industrial donde el control es total y el costo es cero sobre la logística y al consumidor final, que en zonas rurales es casi imposible de rastrear generando altos costos de recuperación.

Fase 1: Logística Inversa

- Negociación con proveedores de insumos

Suscribir acuerdos con los proveedores de fundas de alta densidad y envases de yogur para implementar un sistema de retorno de envases secundarios. Por ejemplo, las tarimas plásticas y cajas de cartón que llegan con los insumos se devuelven al proveedor en el siguiente pedido, eliminando el costo de disposición final y generando un crédito comercial.

- Estándares de calidad del retorno

Establecer protocolos de limpieza y almacenamiento de los embalajes retornados para garantizar que no contaminen la cadena de suministro del proveedor.

- Indicador de seguimiento

Reducir el volumen de residuos sólidos generados por embalajes secundarios en 6 meses, y obtener un descuento en compras a proveedores que acepten el sistema de retorno.

Fase 2: Piloto selectivo en yogurt

- Selección del producto piloto

Elección del envase de yogur de 200 ml por ser el producto de mayor margen unitario y el que tiene mayor contacto con consumidores urbanos conscientes como el mercado binacional y turistas.

- Transición a vidrio retornable o bioplástico

Vidrio retornable: implementación de un sistema de envases de vidrio retornable con un incentivo de 0.10 centavos por envase devuelto. El vidrio tiene una vida útil de 25 a 30 ciclos de uso, lo que reduce la huella de carbono en un 70% comparado con el plástico de un solo uso.

Bioplástico: si el vidrio no es viable por logística, transición a envases de bioplástico derivado de maíz o caña de azúcar, que son compostables en condiciones industriales.

- Mantenimiento del estatus quo en quesos

Mantener el queso fresco y amasado en fundas de polietileno de alta densidad convencionales, ya que son productos de bajo margen y alta rotación donde el costo del empaque biodegradable erosionaría la rentabilidad.

comunicación al consumidor.

Etiquetar los envases de yogurt con un sello eco amigable que destaque el compromiso ambiental, generando diferenciación de marca y justificando un sobreprecio que compensen mayor costo del empaque sostenible.

- Indicadores de seguimiento KPIs

Implementar al menos 2 acuerdos de logística inversa con proveedores en 6 meses; reducir el volumen de residuos sólidos por embalajes secundarios. Alcanzar porcentajes aceptables de participación de empaques sostenibles en el portafolio total en 18 meses; recuperar al menos un porcentaje considerable de los envases de vidrio retornables distribuidos. Además de reducir la huella de carbono asociada a los empaques en el horizonte de 18 meses.

4.1.3.3. Gestión diferenciada de inventarios y digitalización operativa

La reconfiguración de la gestión de inventarios en "El Carmelo S.C.A." plantea la transición desde un registro manual en Kardex cuya inactividad operativa retiene insumos de 7 a 21 días hacia un sistema de control digitalizado bajo la metodología ABC para mitigar el 2% al 3% de mermas anuales por caducidad. Para la categoría A (leche cruda), que concentra de forma dominante el 92,15% del presupuesto mensual de compras, se descarta el modelo tradicional *Just-in-Time* (JIT) en favor de un sistema Kanban de arrastre diario; este enfoque resulta técnicamente idóneo para un recurso biológico perecedero de acopio ininterrumpido al sincronizar el suministro con la demanda real del día previo, reduciendo la permanencia en planta a cero días. De manera complementaria, para el grupo B (envases, 4,13% del valor) y el

grupo C (ingredientes y embalajes, 3,72%), se despliegan políticas combinadas de compras JIT con tiempos de entrega de 3 a 5 días y un estricto despacho bajo la lógica FEFO (*First Expired, First Out*), comprimiendo el almacenamiento a un máximo de 7 días y reduciendo los desperdicios a menos del 1% en un horizonte de nueve meses.

La gobernanza de este flujo se consolidará en un tablero analítico digital de bajo costo, actualizado diariamente a las 16:00 por el bodeguero y validado por la gerencia, el cual registrará indicadores críticos de control como la temperatura de recepción, estabilidad proteica, volumen por ruta y el rendimiento estimado del proceso en tina, logrando así liberar capital de trabajo inmovilizado y asegurar el cumplimiento de las metas de ecoeficiencia de la microempresa.

Paso 1. Selección del software

Adquirir un software de gestión de inventarios de bajo costo como *Inflow inventoring* y *Zo inventory* o incluso una plantilla avanzada de Excel con alertas automáticas de reorden, con un costo bajo muy por debajo del capital ocioso actual.

- Configuración de la clasificación ABC

Categoría A - leche cruda: control riguroso con supervisión diaria y puntos de reorden basados en la demanda efectiva de los 3 transportistas independientes.

Categoría B envases de yogur: control moderado con revisiones semanales y sistemas FEFO para evitar vencimientos.

Categoría C - resto de insumos: control simplificado con compras consolidadas trimestrales para aprovechar descuentos por volumen.

Paso 2. Implementación de Kanban visual para categoría A

- Diseño del sistema Kanban

Creación de un tablero visual físico digital que sincronice el acopio diario de leche con la producción programada según la venta del día anterior.

- Sincronización con los transportistas

Notificación a los 3 transportistas del volumen diario requerido según el Kanban, eliminando el sobre acopio que genera excedentes de lactosuero no planificados.

- Indicador de seguimiento

Reducción del tiempo de permanencia de la leche cruda en bodega de un día acopio diario a 0 días de procesamiento inmediato, eliminando el riesgo de deterioro por almacenamiento.

Paso 3 implementación de JIT y FEFO para categoría B y C

- Categoría B

Implementación del sistema y donde los envases se piden al proveedor con un lead time de 3 a 5 días, manteniendo un stock de seguridad de 2 días para evitar desabastecimiento. Aplicar FEFO para rotar los envases según su fecha de vencimiento, priorizando los que caducan primero.

- Categoría C

Consolidar las compras de fundas, cuajo, saborizantes, cultivos, azúcar, sal y calcio en pedidos trimestrales, aprovechando descuentos por volumen y reduciendo la frecuencia de órdenes de compra. Además, aplicar FEFO para insumos perecederos como cultivos y cuajo.

- Indicador de seguimiento

Reducir el tiempo de permanencia en bodega de las categorías B y C de 7 a 21 días en un máximo de 7 días; reducir las mermas anuales por vencimiento del 2 al 3% anual a menos del 1% en un horizonte de 9 meses.

Paso 4. Capacitación y cultura organizacional

- Formación del personal

Capacitar al personal administrativo y de bodega en la gestión de inventarios digitalizada, el uso del tablero Kanban y los principios FEFO.

- Tablero de indicadores híbridos

Implementar un *dashboard* que relacione el consumo de insumos, los gastos logísticos y la huella ambiental en tiempo real, permitiendo la toma de decisiones basada en datos sino en intuición.

4.1.3.4. Valorización integral del lactosuero y eficiencia hídrica-energética

La propuesta de ecoeficiencia operativa y economía circular para la microempresa "El Carmelo S.C.A." unifica técnicamente la intensidad hídrica crítica en 2,04 litros de agua por litro de leche procesada (L/L) indicador verificado en el primer cuatrimestre de 2026 y corrige el volumen de generación de lactosuero a un promedio real de 61.723 litros mensuales, el cual representaba un valor acumulado anual. Para operativizar esta estrategia de bajo costo sin arriesgar la rentabilidad del negocio, se implementará un sistema de medición sectorizado con una inversión estimada de \$450 USD financiada con capital propio, mediante el cual se instalarán tres submedidores volumétricos de agua ubicados en el muelle de recepción, tina de quesería y área de lavado de canastillas, dos submedidores de energía eléctrica colocados en el compresor de la cámara de frío y en el pasteurizador. El jefe de

planta será el responsable directo de registrar las lecturas diarias al cierre de la jornada operativa (17:00), consolidando la información en un tablero digital básico de control de recursos. La meta verificable del plan consiste en retornar y estabilizar la intensidad hídrica en 1,60 L/L y consolidar la intensidad energética en 0,85 kWh/100 L en un plazo máximo de seis meses. Respecto al lactosuero, se formalizará la entrega gratuita de los 61.723 L mensuales mediante actas firmadas y el uso obligatorio de tanques herméticos de 1.000 litros por parte de las granjas porcinas locales, asegurando el cumplimiento de la norma técnica NTE INEN 2841, previniendo derrames en el suelo andino y blindando la responsabilidad ambiental de la microempresa sin asumir riesgos financieros ni barreras regulatorias como se detalla en la Tabla 15.

Tabla 15. Estrategia de bucle abierto.

Estrategia de bucle cerrado	Aplicación para "El Carmelo S.C.A."	Valor agregado generado
Ralentizar	Refrigeración básica temporal para evitar el deterioro ácido del lactosuero antes del traslado.	Reduce pérdidas por deterioro inmediato
Redirigir	Entrega formal a granjas locales en tanques cerrados, Evita vertidos al suelo o fuentes de agua.	Cumple la normativa ambiental sin inversión en maquinaria.
Estrechar	Optimizar procesos para minimizar volumen de lactosuero generado por litro de queso producido	Reduce costos de tratamiento y disposición final
Regenerar	Usar lactosuero tratado como biofertilizante para cultivos de alimentación animal en alianzas con productores locales	Abre puertas a futuros mercados sin riesgo financiero inmediato

4.2. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar la relación entre la logística verde y la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A.". Los logros alcanzados en cada objetivo específico se contrastan a continuación con la literatura disponible, valorando su significación y determinando en qué medida reafirman o modifican el conocimiento existente sobre la logística verde y la gestión de abastecimiento en MIPYMES lácteas de economías emergentes.

Tabla 16. Comparación logros de investigación

Objetivo	Presente estudio "El Carmelo S.C.A."	Satolo et al. (2020) / Sinha y Mishra (2023)	Mora García (2023) / Hongquan y Rashid Abdullah (2024) / Ngatia (2025)
OE1: Caracterizar la gestión del abastecimiento	Gestión sin manual: TIC/ERP. Leche cruda: Cat. A 92,15%, \$37.500/mes. Inventarios: 7 a 21 días Mermas: 2% al 3% anual. Rechazo en la recepción: 3% al 5% Sin criterios ambientales en proveedores.	Satolo et al. (2020): Ineficiencia por baja rotación de inventarios (0,99/mes) afecta más la dimensión económica que la ambiental. Sinha y Mishra (2023): Falta de tecnología en compras incrementa costos operativos.	Mora García (2023): Modelo ideal de Logística 4.0 con integración de ERP, IoT y automatización de órdenes. Goldratt (1990): La planificación manual actúa como cuello de botella sistémico.
OE2: Determinar los procesos de la logística verde	Reutilización del 100% del lactosuero: 61.723 L/mes. Reducción intensidad energética: 34,45%. Intensidad hídrica: 2,04 L/L. Empaques biodegradables: 0% Emisiones: 583 t CO ₂ .	Satolo et al. (2020): Mayor impacto económico (intensidad 2,43) por rutas no optimizadas en geografía compleja. Geissdoerfer et al. (2017): Economía circular mediante reusó de efluentes.	Hongquan y Rashid Abdullah (2024): La eficiencia operativa ($\beta = 0,685$) y cultura organizacional ($\beta = 0,442$) determinan el desempeño sostenible. Ngatia (2025): La falta de monitoreo continuo provoca volatilidad en los indicadores.
OE3: Proponer estrategias de mejora	Nodo: Playa Alta Transición a empaques B2B y piloto de vidrio en yogurt. Control digital ABC, Kanban y FEFO. Submedidores: \$450 USD. Lactosuero: entrega en tanques cerrados.	Satolo et al. (2020): Recomendán planificación de rutas y desarrollo de proveedores locales. Sinha y Mishra (2023): Sugieren adopción de tecnologías accesibles de ruteo e IoT.	Ngatia (2025): Destaca la necesidad de alianzas estratégicas y marcos normativos. Mora García (2023): Integración de herramientas de Logística 4.0 adaptadas a la escala empresarial.

- Objetivo específico 1: Caracterizar la gestión del abastecimiento

Se logró caracterizar la gestión del abastecimiento de la microempresa "El Carmelo S.C.A.", identificando qué opera bajo un modelo empírico y reactivo, con planificación manual de compras, inventarios preventivos con permanencias de 7 a

21 días y ausencia total de criterios ambientales en la selección de proveedores. La aplicación de la matriz de Kraljic y el análisis ABC permitieron determinar que la leche cruda representa el 92,15% del valor total de abastecimiento con un valor de 37 500 USD mensuales, lo que justifica un control riguroso y diferenciado. Este hallazgo reafirma lo documentado por Satolo et al. (2020), quienes encontraron que, en microempresas lácteas de economías emergentes, las ineficiencias logísticas como la baja rotación de inventarios de 0,99 veces/mes afectan más la rentabilidad que el medio ambiente.

Un logro particular de esta investigación fue la identificación de un índice de rechazo de materia prima del 3 al 5% atribuido principalmente a contaminación accidental o problemas en el transporte, lo cual demuestra que los controles sanitarios de plataforma (prueba de alcohol al 75%, densidad, crioscopia, grasa y proteína, son rigurosos y cumplen con la norma NTE INEN 9:2012. Sin embargo, este hallazgo modifica el conocimiento vigente al evidenciar que, a pesar de contar con controles sanitarios eficientes, la microempresa no ha transitado hacia una gestión ambiental estructurada, lo cual contrasta con el modelo ideal de Mora García (2023), que propone la integración de logística 4.0 con sistemas automatizados de compras y evaluación de proveedores bajo estándares internacionales. La ausencia de digitalización y trazabilidad tecnológica limita la resiliencia de la cadena frente a la volatilidad de la demanda y los costos logísticos, validando la teoría de restricciones TOC de Goldratt (1990) al identificar la planificación manual con un cuello de botella sistémico.

- Objetivo específico 2: Determinar los procesos de logística verde

Se logró determinar los procesos de logística verde en la microempresa, evidenciando un desempeño heterogéneo que refleja la tensión entre las capacidades operativas y los estándares ideales de la *green supply management*. Por otro lado, se identificó un nivel avanzado en economía circular con el 100% de aprovechamiento de lactosuero para alimentación animal, alineándose con los principios de Geissdoerfer et al. (2017). Además, se documentaron brechas críticas como 0% de empaques biodegradables, ausencia de criterios ambientales en proveedores y 583 t de CO₂ emitidas en el periodo 2022 – 2026, de las cuales la ruta 3 concentra el 56% con 324 t transportando apenas el 18% del volumen total, debido a pendientes superiores al 30% en vías de tercer orden.

Este hallazgo reafirma lo señalado por Satolo et al. (2020), quienes determinaron que el impacto negativo en microempresas lácteas de economías emergentes se centra en la dimensión económica con una intensidad del 2,43 por ineficiencias logísticas. Sin embargo, la presente investigación modifica el conocimiento vigente al añadir un nivel de precisión que los antecedentes no lograron obtener como la cuantificación de la intensidad energética hídrica con datos reales de facturas de servicios básicos. Se determinó que la intensidad energética se redujo acumuladamente en un 34,45% pasando de 1,29 kWh/ 100 L en 2023 a 0,85 kWh/ 100 L en 2025, pero sufrió un repunte del 37,48% en el primer cuatrimestre del 2026 con 1,16 kWh/ 100 L, por la ausencia de sensores IoT que modulen las cargas térmicas en tiempo real. Este comportamiento valida la postura de Hongquan y Rashid Abdullah (2024), quienes demostraron que la eficiencia operativa ($\beta = 0,685$, $p < 0,001$) y la cultura organizacional ($\beta = 0,442$, $p < 0,001$) son factores determinantes significativos del desempeño sostenible, pero que la falta de digitalización provoca volatilidad en los indicadores. Asimismo, la intensidad hídrica de 2,04 L agua/L leche en 2026 se encuentra por encima del estándar sectorial (1,5 - 1,8 L/L), confirmando que la microempresa cumple con los requisitos sanitarios mínimos establecidos en la resolución 067-GGG ARCSA de 2015, pero no ha transitado hacia una gestión proactiva del recurso hídrico.

- Objetivo específico 3: Proponer estrategias de mejora

Como logró del tercer objetivo, se propusieron 4 estrategias de mejora contextualizadas en la realidad rural y presupuestaria de la microempresa: reconfiguración de la red de acopio mediante la consolidación en el nodo intermedio en la comunidad Playa Alta, donde Stalin Carapaz absorbe la carga de Humberto Portilla en su ruta de descenso, reduciendo las emisiones de CO₂ de la ruta 3 en un 40%; transición gradual a empaques sostenibles mediante logística inversa industrial y piloto selectivo en yogurt; gestión diferenciada de inventarios con digitalización ABC, Kanban visual para leche cruda y FEFO para insumos perecederos; valoración integral del lactosuero mediante formalización de entrega en tanques cerrados a granjas locales y optimización hídrica energética con submedidores. Esta iniciativa retoma y hace tangibles las recomendaciones de los antecedentes revisados, pues Satolo et al. (2020) sugirieron la planificación de rutas y el desarrollo de proveedores locales, Sinha y Mishra (2023) propusieron la adopción de tecnologías accesibles como IoT o sistemas de ruteo inteligente, y Ngatia (2025) demostró que la

implementación exitosa de la logística verde requiere alianzas estratégicas y marcos normativos. La investigación que aquí se presenta lleva a la iniciativa un poco más lejos, pues desarrolla soluciones aplicadas con componentes de bajo costo y alta contextualización local; en este sentido, esto es una aportación que modifica el conocimiento existente, pues demuestra la viabilidad de implementar prácticas de logística verde en MIPYMES lácteos de economías emergentes sin requerir grandes capitales, sino mediante la aplicación rigurosa de la teoría de restricciones, la economía circular y la digitalización de bajo costo. La estrategia de consolidación en nodo intermedio (*Hub-and-Spoke*) es particularmente innovadora, pues transforma una restricción estructural como lo es la topografía andina con pendientes > 30% en una ventaja operativa mediante la colaboración interorganizacional, alineándose con los principios de descarbonización de la cadena de suministro verde.

- Idea a defender

Al haber cumplido con los objetivos específicos 1, 2 y 3, se logró caracterizar la gestión del abastecimiento, determinar los procesos de logística verde y proponer estrategias de mejora contextualizadas, mediante el análisis de la planificación de compras, gestión de inventarios, rutas de transporte, eficiencia energética e hídrica, y valorización de residuos. Además, se identificaron los principales hallazgos y brechas relacionados con la ausencia de digitalización, la dependencia de plásticos convencionales, la ineficiencia topográfica en rutas de acopio y la volatilidad en el consumo de recursos. Por lo que los resultados obtenidos permitieron comprobar la idea a defender de la investigación, evidenciando que la logística verde fortalece la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos “El Carmelo S.C.A.”, al reducir mermas operativas, optimizar los recursos hídricos y energéticos, mejorar la trazabilidad de la cadena y transformar las restricciones presupuestarias en ventajas competitivas mediante intervenciones graduales y de alta contextualización local.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo de la investigación se logró caracterizar la gestión del abastecimiento en la microempresa “El Carmelo S.C.A.”, identificándose que las operaciones se gestionan fundamentalmente mediante procesos empíricos, planificación manual de compras y controles preventivos con permanencias de inventario de 7 a 21 días lo que limita la eficiencia operativa y el seguimiento de las actividades logísticas. De igual forma se puede evidenciar la ausencia de herramientas tecnológicas integradas por el control de rutas, inventarios, proveedores y costos operativos, así como la inexistencia de criterios ambientales en la selección de proveedores, lo que condiciona la toma de decisiones dentro de la empresa y aumenta los costos operativos latentes. No obstante, se identificó una fortaleza operativa significativa en los controles sanitarios de plataforma, con un índice de rechazo de materia prima del 3 al 5% que cumple con la norma NTE INEN 9:2012.

Las operaciones de abastecimiento estudiadas hicieron posible identificar las 3 rutas de recolección de leche cruda, los volúmenes transportados y la eficiencia relativa de cada transportista, hallándose una elevada asimetría operativa donde la ruta 3 concentra el 56% de las emisiones de CO₂ transportando apenas el 18% del volumen de leche, debido a pendientes superiores al 30% en vías de tercer orden. Esto supone un incremento en el consumo de diésel, el desgaste vehicular y los costos operativos, los cuales en su totalidad repercuten en la productividad y la rentabilidad de la microempresa. Igualmente, se puso en evidencia la necesidad de optimizar la planificación logística mediante modelos de consolidación de cargas en nodos intermedios para mejorar el aprovisionamiento de la flota subcontratada.

Se determinaron los procesos de logística verde de la microempresa mediante la clasificación y análisis de las dimensiones de transporte, empaques, gestión de residuos y eficiencia energética e hídrica, identificando que el 100% de aprovechamiento del lactosuero y la reducción acumulada del 34,45% en la intensidad energética constituyen los rubros de mayor avance ambiental. De igual forma, se evidenció que la dependencia absoluta de plásticos convencionales, la

intensidad hídrica de 2,04 L/L en 2026 y las 583 t de CO₂ emitidas en el periodo 2022 - 2026 influyen significativamente en la estructura ambiental de la empresa, especialmente cuando no existe una adecuada planificación y control operativo de los recursos.

El estudio permitió comprobar la idea a defender planteada en la investigación, demostrando que la logística verde fortalece la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A.", debido a factores como la reconfiguración de rutas, la digitalización de inventarios. La eficiencia operativa y la cultura organizacional hacia la mejora continua se constituyen como los factores internos más relevantes para la adopción de prácticas verdes, por encima de la presión regulatoria externa.

Finalmente se desarrollaron 4 estrategias de mejora contextualizadas a la realidad rural y presupuestaria de la microempresa, orientadas a fortalecer la gestión del abastecimiento mediante la reconfiguración de la red de acopio, la transición gradual a empaques sostenibles, y la gestión diferenciada de inventarios con digitalización ABC. La implementación de estas estrategias permite transformar las restricciones presupuestarias en ventajas competitivas fortaleciendo la toma de decisiones y ayudar a reducir la huella ambiental junto con los costos operativos dentro de la organización.

5.2. RECOMENDACIONES

Se exhorta a la microempresa "El Carmelo S.C.A." a reconfigurar su red de acopio mediante una de consolidación en la comunidad "Playa Alta", donde el transportista con mayor eficiencia absorbe la carga de las rutas con pendientes críticas, reduciendo así las emisiones y el desgaste vehicular. Paralelamente, se debe digitalizar urgentemente la gestión de inventarios aplicando la clasificación ABC, con sistemas Kanban para la leche cruda y FEFO para insumos, con el fin de reducir la permanencia en bodega a un máximo de 7 días y disminuir las mermas por vencimiento menos del 1%.

Se recomienda instalar submedidores de agua y energía en las áreas de lavado, refrigeración para ajustar los protocolos de limpieza y reducir la intensidad hídrica a 1,8 L/L. Asimismo, se debe iniciar un plan de logística inversa para el retorno de embalajes secundarios a los proveedores y evaluar un piloto de envases sostenibles exclusivamente en la línea de yogurt, manteniendo el plástico convencional en los quesos para no erosionar la rentabilidad del producto.

Se sugiere formalizar acuerdos de colaboración con los transportistas que incluyen cláusulas de mantenimiento preventivo obligatorio y esquemas de pago por eficiencia de combustible. Respecto al lactosuero, se debe blindar la práctica actual de economía circular mediante contratos sencillos con granjas locales para garantizar su entrega en tanques cerrados, asegurando el cumplimiento normativo ambiental sin asumir costos de maquinaria ni registros sanitarios complejos.

Finalmente se insta a las entidades públicas y académicas a fomentar alianzas universidad y empresa para validar tecnológicamente la valorización de alto valor agregado de lactosuero, y a los gobiernos autónomos descentralizados (GAD) priorizar el mantenimiento de las vías de segundo y tercer orden en la parroquia El Carmelo, reduciendo la vulnerabilidad estacional del abastecimiento lácteo y los costos operativos del sector.

VI. ACRÓNIMOS

ARCSA: Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

ERP: *Enterprise Resource Planning* (Planificación de Recursos Empresariales).

FEFO: *First Expired, First Out* (Primero en Caducar, Primero en Salir).

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

GPS: *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamiento Global).

GSCM: *Green Supply Chain Management* (Gestión de la Cadena de Suministro Verde).

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

IoT: *Internet of Things* (Internet de las Cosas).

ISO: *International Organization for Standardization* (Organización Internacional de Normalización).

JAAPS: Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento de El Carmelo.

JIT: *Just-in-Time* (Justo a Tiempo).

KPI: *Key Performance Indicators* (Indicadores Clave de Rendimiento).

MAE: Ministerio del Ambiente de Ecuador.

MIPYMES: Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.

NRBV: *Natural Resource-Based View* (Visión de la Empresa Basada en Recursos Naturales).

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana.

SCM: *Supply Chain Management* (Gestión de la Cadena de Suministro).

SGA: Sistema de Gestión Ambiental.

TMS: *Transportation Management System* (Sistema de Gestión de Transporte).

TOC: *Theory of Constraints* (Teoría de Restricciones).

VMI: *Vendor Managed Inventory* (Inventario Administrado por el Proveedor).

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chopra, S. (2019). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation* (7.ª ed.). Pearson Education. ISBN 978-0134731889
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business* (1st Edition). Capstone Publishing. ISBN 978-1900961271
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2026). *Milk and milk products*. Gateway to Dairy Production and Products. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/en>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Goldratt, E. M. (1990). *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* North River Press Publishing Corporation. ISBN: 978-0884270850
- Gunasekaran, A., y Spalanzani, A. (2012). Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 35-47. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2011.05.011>
- Hart, S. L. (1995). A Natural-Resource-Based View of the Firm. *The Academy of Management Review*, 20(4), 986. <https://doi.org/10.2307/258963>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1st ed.). McGraw-Hill Education. ISBN 978-1-4562-6096-5
- Hongquan, Z., y Rashid Abdullah, D. (2024). Effect of Green Supply Chain Management on the Sustainable Performance of Dairy Companies in China. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(8), 1151-1161. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/V14-I8/22488>

IFCN (Dairy Research Network) e InLac. (2025). *Tendencias y análisis del sector lácteo mundial, UE-27 y España: situación en 2025 y perspectivas. Reporte noviembre 2025*.

InLac (Organización Interprofesional Láctea). (2022a). *Hoja de Ruta para un Sector Lácteo Económica, Ambiental y Socialmente Sostenible* [Archivo PDF]. InLac. <https://inlac.es/actualidad/publicaciones/hoja-de-ruta-sostenibilidad/>

Inlac. (2022b). *Informe de las mejores técnicas disponibles para reducir las emisiones de amoníaco y gei del sector lácteo en España* [Archivo PDF]. InLac. <https://inlac.es/actualidad/publicaciones/informe-de-revision-de-las-mejores-tecnicas-disponibles-potencialmente-aplicables-para-la-reduccion-de-las-emisiones-de-amoniaco-y-gases-de-efecto-invernadero-del-sector-lacteo-en-espana/>

Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I., y Lang, W. (2014). Reducing food losses by intelligent food logistics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130302. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0302>

Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., and Patterson, J. L. (2009). *Purchasing and Supply Chain Management* (4th ed.). Cengage Learning. ISBN: 978-0324381344

Mora García, L. A. (2023). *Gestión Logística Integral Las Mejores Prácticas en la Cadena de Abastecimiento* (3.ª ed.). Ecoe Ediciones. ISBN 9789585035676

Ngatia, R. N. (2025). Green Supply Chain Management and Performance of Dairy Manufacturing Firms in Kenya. *International Journal of Supply Chain and Logistics*, 9(1), 1-20. <https://doi.org/10.47941/IJSCL.2438>

Prakash, M. S., y Gopika, M. (2025). Green Supply Chain Logistics Management at Sarvam Logistics. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 6, 10448-10451. <https://doi.org/10.55248/gengpi.6.0425.15110>

Rodríguez Jiménez, A., y Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 175-195. <https://doi.org/10.21158/01208160.N82.2017.1647>

- Satolo, E. G., de Campos, R. S., de Andrade Ussuna, G., Simon, A. T., Mac-Lean, P. A. B., y Júnior, S. S. B. (2020). Sustainability Assessment of logistics activities in a dairy: An example of an emerging economy. *Production*, 30, 1-16. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190036>
- Seuring, S., y Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2008.04.020>
- Simpson, D., Power, D., y Samson, D. (2007). Greening the automotive supply chain: a relationship perspective. *International Journal of Operations y Production Management*, 27(1), 28-48. <https://doi.org/10.1108/01443570710714529>
- Şimşit, Z. T., Günay, N. S., y Vayvay, Ö. (2014). Theory of Constraints: A Literature Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 150, 930-936. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.09.104>
- Sinha, G. K., y Mishra, S. (2023). Sustainable Supply Chain Management Practices in the Dairy Industry: A Comparative Study of Leading Dairy Firms and Future Research Directives. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 42(4), 435-446. <https://doi.org/10.18805/AJDFR.DR-2120>
- Sosa Vera, R. C., Mayelin, R., y Bretaña, G. (2025). Anticipando los cambios en las normas ISO 9001 e ISO 14001 para 2026. *Memorias Calidad UH*, (2). <https://revistas.uh.cu/mccuh/article/view/11543>
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53-80. <https://doi.org/10.1111/J.1468-2370.2007.00202.X>
- Walker, H., Miemczyk, J., Johnsen, T., y Spencer, R. (2012). Sustainable procurement: Past, present and future. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18(4), 201-206. <https://doi.org/10.1016/J.PURSUP.2012.11.003>
- Zhu, Q., Sarkis, J., y Lai, K. (2013). Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(2), 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.12.001>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Vizcaino Irua Stalin Yocemar DATE: Friday, June the 19th of 2026 Topic: "Green logistics and supply management in the small dairy business El Carmelo S.C.A.."				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED TOTAL 9				



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Vizcaino Irua Stalin Yocemar

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 17 de junio de 2026

Fecha de entrega del informe: Viernes, 19 de junio de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Tras evaluar el resumen presentado, se concluye que la traducción al inglés es adecuada y fiel al contenido. De acuerdo con la rúbrica aplicada para su valoración, se le asigna una calificación de 9, por lo que el trabajo queda aprobado.

Atentamente



MA. Martha Viveros
RESPONSABLE CIDEN

Anexo 2. Instrumento 1: Entrevista dirigida al gerente de la empresa



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y

ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Instrumento 1

ENTREVISTA DIRIGIDA AL GERENTE DE LA EMPRESA

La presente entrevista se elabora como parte integral del Trabajo de Integración Curricular, con enfoque en investigación. Toda la información proporcionada a través de este instrumento de recolección será manejada bajo estricta confidencialidad y utilizada exclusivamente con fines académicos, para el desarrollo de la investigación titulada logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A."

Objetivo asociado: Caracterizar la gestión del abastecimiento en la microempresa de lácteos "El Carmelo S.C.A."

Matriz de validación y codificación

Dimensión Analizada	Indicador Asociado	Preguntas del Cuestionario (Anexo 2)	Criterio de Puntuación / Codificación	Fuente de Triangulación en Campo
Gestión de Transporte	Reducción de combustible y optimización	P1, P2, P3	1: Inexistente / Empírico manual. 2: Plan de optimización en desarrollo. 3: Monitoreo automatizado GPS/IoT.	Ficha de Observación N° 1 (patios) y Trazas satelitales GPS / Bikemap (Anexo 7 Anexo 8).
Empaques Sostenibles	Barreras y viabilidad económica	P4, P5, P6	1: 100% Plástico convencional. 2: Piloto en una línea de producto. 3: >50% materiales biodegradables.	Ficha de Observación N° 2 (muestreo visual) y Clasificación ABC en Kardex (Tabla 4).
Gestión de Residuos	Tratamiento de lactosuero y economía circular	P7, P8, P9	1: Vertido a efluentes. 2: Reutilización empírica total (animal). 3: Procesamiento de alto valor agregado.	Balance de masa de lactosuero (Tabla 10) y Facturas/Abonos de entrega a granjas (Anexo 12).

Dimensión Analizada	Indicador Asociado	Preguntas del Cuestionario (Anexo 2)	Criterio de Puntuación / Codificación	Fuente de Triangulación en Campo
Proveedores y Compras	Criterios ambientales en selección	P10, P11, P12	1: Criterios 100% sanitarios/económicos. 2: Criterios ambientales informales. 3: Exigencia de certificación ambiental.	Lista de verificación documental e Informes de laboratorio de leche cruda (Anexo 6).
Calidad de Insumos	Índice y causas de rechazo	P13, P14, P15	1: Rechazo >5% mensual. 2: Rechazo entre 3% y 5% (normado). 3: Rechazo <3% mensual.	Registros de recepción en plataforma y Actas de control sanitario ARCSA.
Gestión de Inventarios	Tiempo de permanencia y mermas	P19, P20, P21, P22	1: Permanencia >15 días / Kardex manual. 2: Permanencia 7-15 días. 3: Permanencia <7 días / Control ABC-FEFO.	Registros manuales de Kardex y Presupuesto mensual de compras (Tabla 4).

Gestión del Transporte

1. ¿Qué medidas han implementado para reducir el consumo de combustible en el transporte y la distribución por cada litro de leche que procesan?
2. ¿Considera que las rutas de recolección y distribución están optimizadas actualmente? ¿Se utiliza alguna herramienta o método para la planificación de estas rutas?
3. ¿Existe algún plan a corto o mediano plazo para la incorporación de vehículos más eficientes o tecnologías que midan el consumo de combustible (como GPS o IoT)?

Empaques

4. ¿Por qué la empresa utiliza determinados tipos de empaques? (costo, durabilidad, tradición)
5. ¿Cuál sería el impacto económico de cambiar a empaques biodegradables?
6. ¿Los clientes demandan empaques más sostenibles?

Residuos

7. ¿Qué se hace actualmente con los residuos de lactosuero?
8. ¿Existen iniciativas de aprovechamiento de subproductos?
9. ¿Cuál es la inversión actual en tratamiento de residuos?

Proveedores

10. ¿Puede estimar qué número de proveedores cuentan con certificaciones o prácticas ambientales verificables?
11. ¿Al seleccionar nuevos proveedores se incluyen criterios ambientales o de sostenibilidad (como uso de materiales eco amigables o gestión de residuos) como un requisito en la decisión de compra?
12. ¿Ha encontrado barreras para conseguir proveedores que ofrezcan insumos con menor huella ambiental? ¿Qué tipo de apoyo o incentivo necesitaría para priorizar estos proveedores?

Calidad de insumos

13. ¿Cómo se aseguran de que los insumos comprados, especialmente la materia prima láctea, cumplan con los estándares de calidad y las especificaciones requeridas antes de su procesamiento?
14. ¿Cuál es el porcentaje de rechazo de materia prima láctea que experimentan mensualmente? ¿Cuáles son las causas más comunes de rechazo que se registran?
15. ¿Cuáles son los principales puntos de control de calidad que se aplican a la materia prima desde que es recibida por la microempresa hasta que ingresa al inventario o a la producción?

Normativa

16. ¿Qué regulaciones ambientales afectan directamente la operación?
17. ¿Existe licencia ambiental de la empresa?
18. ¿Ha recibido auditorías del Ministerio de Ambiente y Energía (MAE)?

Rotación de Inventario

19. ¿Cuánto tiempo permanecen almacenados los materiales clave (como los envases, aditivos o insumos para el queso) desde que los reciben hasta que realmente se usan en la producción?
20. ¿Podría estimar qué cantidad o qué porcentaje de insumos o materia prima se tiene que desechar al año porque se vencieron o se dañaron por estar almacenados mucho tiempo?

21. ¿Cuáles considera usted que son los motivos principales por los que a veces hay que mantener un inventario tan grande? ¿los materiales permanecen mucho tiempo sin ser utilizados?
22. ¿Qué tanto cree usted que ayudaría a reducir costos operativos y el desperdicio en general si los materiales del inventario rotaran más rápido?
¿Qué planes tienen para mejorar el control de inventarios?

Relación de proveedores

23. ¿Cuál es la frecuencia de comunicación que mantiene la empresa con sus proveedores clave (ej. diaria, semanal, mensual o es únicamente cuando se realiza un pedido)?
24. ¿Cómo describiría el nivel de confianza y colaboración con sus principales proveedores? ¿La relación es principalmente transaccional o se buscan alianzas estratégicas a largo plazo?
25. ¿De qué manera la comunicación y la calidad de la relación con los proveedores impacta la capacidad de la microempresa para reaccionar ante cambios inesperados en la demanda o escasez de insumos?

Anexo 3. Instrumento 2: Ficha de observación N° 1 y 2, logística verde en la gestión de operaciones



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y

ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Instrumento 2



FICHA DE OBSERVACIÓN N° 1: LOGÍSTICA VERDE EN LA GESTIÓN DE OPERACIONES

Objetivo: Determinar los procesos de la logística verde en la microempresa de lácteos, mediante la observación directa de la gestión de transporte, empaques y residuos.

Microempresa: El Carmelo S.C.A.

Lugar de Observación: Patios de carga/descarga y zonas de producción/desecho.

Indicador	Fórmula de Cálculo Algebraica	Observaciones y registro de campo
Frecuencia de uso de rutas	$\text{Frecuencia (\%)} = \left(\frac{\text{Rutas con planificación previa}}{\text{Total de rutas realizadas}} \right) \times 100$	Evaluación en patios de carga y hojas de ruta diarias
Porcentaje de empaques biodegradables o reutilizables	$\text{Empaques Eco (\%)} = \left(\frac{\text{Empaques ecoamigables utilizados}}{\text{Total de empaques utilizados}} \right) \times 100$	Conteo en línea de empaque (0% biodegradables)
Reducción mensual del uso de plásticos convencionales	$\text{Reducción (\%)} = \left(\frac{\text{Kg plástico}_{t-1} - \text{Kg plástico}_t}{\text{Kg plástico}_{t-1}} \right) \times 100$	Medición de peso en bodega de empaques
Volumen de residuos lácteos tratados adecuadamente	$\text{Residuos Tratados (\%)} = \left(\frac{\text{Litros de lactosuero entregados a granjas}}{\text{Total de lactosuero generado}} \right) \times 100$	Verificación de salidas de lactosuero (100% aprovechado)
Índice de rechazo de materia prima	$\text{Índice Rechazo (\%)} = \left(\frac{\text{Litros de leche rechazados}}{\text{Total de litros de leche recibidos}} \right) \times 100$	Registro en plataforma de

		recepción (3% - 5% mensual)
--	--	-----------------------------

FICHA DE OBSERVACIÓN 2

Indicador	Descripción	Observaciones
Las rutas son fijas o se optimizan para reducir las emisiones de CO ₂	Fijas ☐ Optimizadas ☐	
Se utilizan plásticos eco amigables en los productos lácteos finales.	Plástico convencional ☐ Reciclable/Biodegradable ☐ Estimación visual de uso sostenible: _____%	
Existe manejo y tratamiento visiblemente adecuado de residuos.	☐ Sí ☐ No Método de disposición observado:	
Se utiliza energía solar, eólica u otra renovable	☐ Sí ☐ No	
Se mantienen registros de consumos, emisiones y residuos	☐ Sí ☐ No	
Se implementan acciones para la reducción de Kilowatts hora (kWh) mensuales en refrigeración.	☐ Sí ☐ No	
Se reutilizan residuos lácteos (Lactosuero).	☐ Sí ☐ No	
Existe protocolo medioambiental para el tratamiento del lactosuero.	☐ Sí ☐ No	
Se implementan acciones sostenibles para minimizar la generación de residuos.	☐ Sí ☐ No	
Se cumplen regulaciones ARCSA, MAE	☐ Sí ☐ No	

Anexo 4. Instrumento 3 lista de verificación documental



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE COMERCIO INTERNACIONAL, INTEGRACIÓN, ADMINISTRACIÓN Y

ECONOMÍA EMPRESARIAL

CARRERA DE LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Instrumento 3

LISTA DE VERIFICACIÓN DOCUMENTAL:

La siguiente lista de revisión documental permite recoger y registrar evidencia documental objetiva que respalde la caracterización de la gestión de abastecimiento y la determinación de los procesos de la logística verde en la microempresa. La información recolectada es de naturaleza cuantitativa, necesaria para el análisis estadístico, dicha información será manejada bajo estricta confidencialidad y utilizada exclusivamente con fines académicos, para el desarrollo de la investigación titulada logística verde y la gestión de abastecimiento en la microempresa de lácteos “El Carmelo S.C.A.”

Elemento/Indicador a Verificar	Criterio de verificación	Escala de valoración
Registro de rutas y consumos de combustible	El documento está actualizado al año de estudio y se utiliza en la operación diaria.	0= No cumple 1= cumple parcialmente 2= Cumple totalmente
Manual / instructivo sobre el manejo de residuos	El protocolo está formalizado, firmado por y avalado por quien corresponde y contiene procedimientos para clasificación y disposición.	0= No cumple 1= cumple parcialmente 2= Cumple totalmente
Registro de compras y Kardex de inventarios	Registros continuos de entradas y salidas que permitan calcular tiempos de reposición.	0= No cumple 1= cumple parcialmente 2= Cumple totalmente
Facturas de compra de leche cruda	Facturas archivadas que permitan calcular costo unitario en el periodo de análisis.	0= No cumple 1= cumple parcialmente 2= Cumple totalmente

Reportes contables / Registros de gastos logísticos	Documentos que detallen fletes, combustible y otros costos vinculados al abastecimiento.	0= No cumple 1= cumple parcialmente 2= Cumple totalmente
---	--	--

Anexo 5. Facturas



VENTAS

SGRPC0805-03
Rev:1
Ed: 1
Fecha impresión: 15 de 2025 / 10:37 a. m.

Dirección: KM 2 PANAMERICANA SUR Teléfono: 032663349 032663342

Teléfono: 032663349 032663342

Pedido de Cliente

Cliente: PORTILLA MENESES ANNY GABRIELA
Dirección: Tulcan. Calle colon entre quito y oriente
Zona: (Conjunto Arkadia Casa N1)
Numero de Cuotas: 1
Contacto :
Número: PEC-056872
Fecha pedido: 15/12/2025
Condicion de Pago: 02 días
Vendedor: Toro Checa Patricia

Cantidad	Código	Descripción	Bultos	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
2400,00	200AT	ENVASES T 200 CC. A TAPA 403E	4	0	0,05456	130,9400
600,00	TA403EM	TAPA # 40 TRES ENTRADAS MORADA	0	600	0,02046	12,2800
600,00	TA403ER	TAPA # 40 TRES ENTRADAS ROJA	0	600	0,02046	12,2800
600,00	TA403ET	TAPA # 40 TRES ENTRADAS TOMATE	0	600	0,02046	12,2800
600,00	TA403EV	TAPA # 40 TRES ENTRADAS VERDE	0	600	0,02046	12,2800

PRONEXPRES-TULCAN

Subtotal	180,05
Descuento	0,00
Subtotal - Descuento	180,05
Impuesto	27,01
Total	207,06

Tiempo de validez del documento: Un año

Este documento en su totalidad es propiedad de INPLASTICO NARANJO HERNANDEZ Y COMPAÑIA. Prohibida su reproducción por cualquier medio sin la debida autorización.



VENTAS

SGRPC0805-03
Rev:1
Ed: 1
Fecha impresión: 08 ene 2026 / 2:14 p. m.

Dirección: KM 2 PANAMERICANA SUR Teléfono: 032663349 032663342

Teléfono: 032663349 032663342

Pedido de Cliente

Cliente: PORTILLA MENESES ANNY GABRIELA
Dirección: Tulcan. Calle colon entre quito y oriente
Zona: (Conjunto Arkadia Casa N1)
Numero de Cuotas: 1
Contacto :
Número: PEC-057409
Fecha pedido: 08/01/2026
Condicion de Pago: 02 días
Vendedor: Torres Mishell

Cantidad	Código	Descripción	Bultos	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
1200,00	200AT	ENVASES T 200 CC. A TAPA 403E	2	0	0,05456	65,4700
300,00	TA403ER	TAPA # 40 TRES ENTRADAS ROJA	0	300	0,02046	6,1400
300,00	TA403ET	TAPA # 40 TRES ENTRADAS TOMATE	0	300	0,02046	6,1400
300,00	TA403EV	TAPA # 40 TRES ENTRADAS VERDE	0	300	0,02046	6,1400
300,00	TA403EA	TAPA # 40 TRES ENTRADAS AMARILLO	0	300	0,02046	6,1400

PRONEXPRES-TULCAN

Subtotal	90,02
Descuento	0,00
Subtotal - Descuento	90,02
Impuesto	13,50
Total	103,52

Tiempo de validez del documento: Un año

Este documento en su totalidad es propiedad de INPLASTICO NARANJO HERNANDEZ Y COMPAÑIA. Prohibida su reproducción por cualquier medio sin la debida autorización.



VENTAS

Dirección: KM 2 PANAMERICANA SUR Teléfono: 032663349 032663342

Teléfono: 032663349 032663342

Pedido de Cliente

Cliente: PORTILLA MENESES ANNY GABRIELA
Dirección: Tulcan. Calle colon entre quito y oriente
Zona: (Conjunto Arkadia Casa N1)
Numero de Cuotas: 1
Contacto :
Número: PEC-059889
Fecha pedido: 17/04/2026
Condicion de Pago: 02 días
Vendedor: Torres Mishell

Cantidad	Código	Descripción	Bultos	Unidades	Valor Unitario	Valor Total
1200,00	200AT	ENVASES T 200 CC. A TAPA 403E	2	0	0,05456	65,4700
240,00	TA403ER	TAPA # 40 TRES ENTRADAS ROJA	0	240	0,02046	4,9100
240,00	TA403ET	TAPA # 40 TRES ENTRADAS TOMATE	0	240	0,02046	4,9100
240,00	TA403EV	TAPA # 40 TRES ENTRADAS VERDE	0	240	0,02046	4,9100
240,00	TA403EA	TAPA # 40 TRES ENTRADAS AMARILLO	0	240	0,02046	4,9100
240,00	TA403EM	TAPA # 40 TRES ENTRADAS MORADA	0	240	0,02046	4,9100



Subtotal	90,02
Descuento	0,00
Subtotal - Descuento	90,02
Impuesto	13,50
Total	103,52

Tiempo de validez del documento: Un año

Este documento en su totalidad es propiedad de INPLASTICO NARANJO HERNANDEZ Y COMPAÑIA. Prohibida su reproducción por cualquier medio sin la debida autorización.

COARA
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO
BENAVIDES CUASAPAZ DIANA LISBETH
DIRECCIÓN: LOS ANDES SN Y COTOPAXI
CONTACTOS: 097 939 3804 / 098 080 3035
QUITO - ECUADOR
"CONTRIBUYENTE NEGOCIO POPULAR - RÉGIMEN RIMPE".

R.U.C.: 0401620547001
NOTA DE VENTA
SERIE 002-001-00
0000838
AUT. S.R.I.: 1133341400

Fecha: 18 Abril 2026
Señor(es): Anny Portilla
Dirección: Tuicán
R.U.C./C.I.: 0401899984 Telf.: 0999310405

Cant.	DESCRIPCIÓN	V. Unit.	V. TOTAL
4	pag fundas 18x23	13.50	54.00

FORMA DE PAGO: Efectivo Tarjeta Crédito / Débito
Otros: TOTAL USD 54.00

Firma Autorizada: Benny B Recibi Conforme / Cliente

JACOME MERCEDES • R.U.C. 1706077490001 • TELF: 0995510059 • AUT. 13728 DEL 0000751 AL 0000850
Fecha de Autorización: 24/Marzo/2026 * Fecha de Caducidad: 24/Marzo/2027

COARA
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO
BENAVIDES CUASAPAZ DIANA LISBETH
DIRECCIÓN: LOS ANDES SN Y COTOPAXI
CONTACTOS: 097 939 3804 / 098 080 3035
QUITO - ECUADOR
"CONTRIBUYENTE NEGOCIO POPULAR - RÉGIMEN RIMPE".

R.U.C.: 0401620547001
NOTA DE VENTA
SERIE 002-001-00
0000825
AUT. S.R.I.: 1133341400

Fecha: 8 Abril 2026
Señor(es): Anny Portilla
Dirección: Tuicán
R.U.C./C.I.: 0401899984 Telf.: 0999310405

Cant.	DESCRIPCIÓN	V. Unit.	V. TOTAL
4	pag fundas 18x23	13.50	54.00

FORMA DE PAGO: Efectivo Tarjeta Crédito / Débito
Otros: TOTAL USD 54.00

Firma Autorizada: Benny B Recibi Conforme / Cliente

JACOME MERCEDES • R.U.C. 1706077490001 • TELF: 0995510059 • AUT. 13728 DEL 0000751 AL 0000850
Fecha de Autorización: 24/Marzo/2026 * Fecha de Caducidad: 24/Marzo/2027



S.C.C. ESTACION DE SERVICIOS CASTRO
HERMANOS

ESTACION DE SERVICIOS CASTRO HERMANOS SCC

Dirección Matriz: PANAMERICANA NORTE KM 30 JULIO ANDRADE

Contribuyente Especial Nro 00011

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

R.U.C.: 1091731203001

FACTURA

No. 001-013-000620375

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

2804202601109173120300120010130006203750000099918

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN

2026-04-28T17:18:04-05:00

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



2804202601109173120300120010130006203750000099918

Razón Social / Nombres Apellidos: PORTILLA MENESES ANNY GABRIELA

Identificación: 0401899984001

Guía Remisión:

Fecha emisión: 28/04/2026

Código	Cant	Descripción	P. Unitario	Subsidio	Precio Sin Subsidio	Descuento	Precio
0121	13.505	DIESEL PREMIUM	2.575652	1.601326	4.176978	0.0	34.783

Información Adicional

Código Cliente: 108092
Teléfono Cliente: 0
Dirección Cliente: SIN DIRECCION
Secuencial: 620375
E-MAIL: portillaanny15@gmail.com
Placa: IBG3256
Comentarios:

SUBTOTAL 15% 34.78
SUBTOTAL 0.00 % 0.00
SUBTOTAL No sujeto de IVA 0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 0.00
DESCUENTO 0.00
ICE 0.00
IVA 15% 5.22
VALOR TOTAL 40.00

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	40.0

VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO 64.87
AHORRO POR SUBSIDIO 24.87
(Incluye IVA cuando corresponda)

Anexo 6. Informe de análisis de leche cruda: Crioscopia y Físico Químico



Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi
Laboratorio de Lácteos, Suelos y Agua.
F-PG-GT-50 R02 Informe de Resultados de Ensayo – Leche Cruda

DATOS GENERALES

Centro de Acopio/Planta Procesadora:		N° Informe:	GADPC-LISA-0045-26
Lugar/Sector:	El Carmelo	Fecha del Informe:	23-02-2026
Propietario:	Sra. Adriana Portilla	Número de muestras receptoras:	3
Teléfono:	0962017878	Fecha de recepción de las muestras:	23-02-2026
Correo Electrónico:	adry.portilla@live.com	Fecha del Ensayo:	23-02-2026
Análisis solicitado:	Leche Cruda: Crioscopia y Físico Químico		

DATOS DEL CLIENTE				PARAMETROS EN RELACION A LA NTE INEN 9:2012														OBSERVACIONES
Código	Detalle	Ruta/Sector	Volumen Litros	Acidez	Estabilidad Proteica	Reductasa	Densidad a 20°C	Temperatura	Crioscopia °C		%Grasa	% Proteina	pH	Sólidos No Grasos	Sólidos Totales	Células Somáticas UFC	Cenizas	
				Min. 17° Máx. 17°D	Negativo/ Positivo – Alkalol 75%CL	Min. 3horas	Min. 1,0280 Máx. 1,0320 g/ml	°C	Min. - 0,536 Máx. - 0,512	% agua	Min. 3,00% Máx. 3,9%	Min. 6,8 Máx. 6,8	Min. 8,2 Máx. 8,2	Min. 11,2% Máx. 12,4%	Máx. 700.000 e ³ /cm ³	500-3000 mg/l	5-25 mg/l H2O2	
1	Asociación						1,0294	18	-0.518	0.0	3,83	3,22		8,85	12,68			
2	Carapaz						1,0284	18	-0.519	0.0	3,68	3,18		8,72	12,40			
3	Humberto						1,0294	18	-0.515	0.0	3,65	3,20		8,78	12,43			

Descargo de responsabilidad: La información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigido al destinatario del mismo o a los técnicos institucionales que brindarán asistencia técnica en campo. Las opciones de interpretación, que se indican en este documento constituyen una guía para el cliente. El resultado obtenido y detallado en el presente informe, se refiere exclusivamente a la muestra recibida o tomada por el personal técnico del laboratorio. En caso de determinarse indicios de adulteración, por parte del cliente, la responsabilidad recaerá directamente sobre el o ella y se eximirá de cualquier responsabilidad al Laboratorio de lácteos agua y suelos del GADPC Carchi

Muestreado por:	Analizado por:	Revisado/Aprobado por:
Propietaria		
Sra. Adriana Portilla PROPIETARIA	Ing. Ana Chicaiza TÉCNICO DE LABORATORIO DE LÁCTEOS GADPC	Ing. Tom Orbe ADMINISTRADOR DEL LABORATORIO (E)

Anexo 7. Perfil altimétrico y nivel porcentual de pendientes de las rutas de los transportistas de leche





Anexo 8. Factor impacto sobre las rutas de recolección

Tabla 17. Cálculo del factor impacto de inclinación sobre las rutas de recolección

Categoría de inclinación	Rango de inclinación	Ruta 1 4 de febrero	ruta 2 Stalin Carapaz	Ruta 3 Humberto Portilla	Promedio consolidado %		Factor	Factor Impacto
Descenso extremo	<-15% a <-20%	12	15	10	12%	0.123	0.90	0.11
Descenso moderado	<-6 % a <-10%	18	22	15	18%	0.183	0.95	0.17
Llano fácil	-6% a + 2%	25	23	20	23%	0.227	1.00	0.23
Ascenso moderado	>2% a >20%	27	22	25	25%	0.247	1.10	0.27
Ascenso exigente	>8% a >20%	18	18	30	22%	0.22	1.20	0.26
Total		100	100	100	100	1	0	1.05

Anexo 9. Rango de inclinación de pendientes como factor impacto en emisiones CO₂

Tabla 18. Rango de inclinación vial como determinantes de las emisiones de CO₂

Proveedor	Asociación 4 de febrero	Stalin Carapaz	Humberto Portilla	Total
Estado de la Vía	Segundo orden (100% Asfalto)	Mixto (9.6km Asf / 24.7km Lastre)	Mixto (25.4km Asf / 12.4km Lastre)	Red Mixta de Recolección
Rango de Inclinación (G)		<-20 a >+20		<-20 a >+20
Factor de Impacto		1.05		1.05
Factor IPCC KG CO ₂ /L		2.68		2.68
días totales		1400		1400
kilómetros totales		139020		139020
Km por proveedor	38080	48020	52920	139020
Km Ruta Recorridos diarios	27.2	34.3	37.8	99.3
% predominio	27%	35%	38%	100%
Consumo L diésel total del periodo 2022-2026	60.146	36.518	120.735	217.399
Total, Periodo L/año	880.169,78	1.828.044,92	609.348,31	3.317,563
% participación	27%	55%	18%	100%
Eficiencia L /Km	23,1137	38,0684	11,5145	7269.66
Emisión (t CO ₂)	161	98	324	583
% CO ₂	28%	17%	56%	100%
Observación	Eficiencia media, huella intermedia	Mayor eficiencia, menor huella	Menor eficiencia, mayor huella	Requiere Optimización

Anexo 10. Historial de consumo hídrico C00334 JAAPS El Carmelo

Tabla 19. Historial de consumo hídrico C00334 JAAPS El Carmelo

Año	Mes	Lectura Anterior	Lectura Actual	Consumo m³	Excedente m³	Total	Abono
2026	Enero	8069	8278	209	194	102	\$ 102.00
	Febrero	8278	8401	123	108	59	\$ 59.00
	Marzo	8401	8577	176	161	85.5	\$ 85.50
	Abril	8577	8667	90	75	42.5	\$ -
2025	Enero	6613	6702	89	74	42	\$ 42.00
	Febrero	6702	6757	55	40	25	\$ 25.00
	Marzo	6757	6827	70	55	32	\$ 32.00
	Abril	6827	6893	66	51	30.5	\$ 30.50
	Mayo	6893	6980	87	72	41	\$ 41.00
	Junio	6980	7079	99	84	47	\$ 47.00
	Julio	7079	7204	125	110	60	\$ 60.00
	Agosto	7204	7332	128	113	61.5	\$ 61.50
	Septiembre	7332	7469	137	122	66	\$ 66.00
	Octubre	7469	7605	136	121	65.5	\$ 65.50
	Noviembre	7605	7837	232	217	113	\$ 113.00
	Diciembre	7837	8069	209	194	102	\$ 102.00
2024	Enero	5497	5593	96	81	45.5	\$ 45.50
	Febrero	5593	5709	116	101	55.5	\$ 55.50
	Marzo	5709	5847	138	123	66.5	\$ 66.50
	Abril	5847	5986	139	124	67	\$ 67.00
	Mayo	5986	6067	81	66	38	\$ 38.00
	Junio	6067	6155	88	73	41.5	\$ 41.50
	Julio	6155	6235	80	65	37.5	\$ 37.50
	Agosto	6235	6299	64	49	29.5	\$ 29.50
	Septiembre	6299	6391	92	77	43.5	\$ 43.50
	Octubre	6391	6462	71	56	33	\$ 33.00
	Noviembre	6462	6543	81	66	38	\$ 38.00
	Diciembre	6543	6613	70	55	32	\$ 32.00
2023	Enero	4169	4252	83	68	39	\$ 39.00
	Febrero	4252	4330	78	63	39	\$ 39.00
	Marzo	4330	4408	78	63	34	\$ 34.00
	Abril	4408	4532	124	109	59.5	\$ 59.50
	Mayo	4532	4645	113	98	54	\$ 54.00
	Junio	4645	4741	96	81	45.5	\$ 45.50
	Julio	4741	4866	125	110	60	\$ 60.00
	Agosto	4966	4975	109	94	52	\$ 52.00
	Septiembre	4975	5086	111	96	53	\$ 53.00
	Octubre	5086	5223	137	122	66	\$ 66.00
	Noviembre	5223	5348	125	110	60	\$ 60.00
	Diciembre	5348	5497	149	134	72	\$ 72.00
2022	Diciembre	4048	4169	121	106	58	\$ 58.00
Total	—	—	—	4619	4004	2186.25	\$ 2,143.75

Anexo 11. Historial de consumo energético 200032003598 Emel Norte

Tabla 20. Historial de consumo energético 200032003598 EmelNorte

Historial de Consumo Energético — El Carmelo S.C.A. (2022 - 2026)						
Año	Mes	Nro. Factura	Lectura Actual	Lectura Anterior	kWh Consumo	Costo Eléctrico
2026	Enero	001-999-026887044	46576	45442	1134	\$ 195.34
	Febrero	001-999-027184490	47337	46576	761	\$ 111.57
	Marzo	001-999-027472881	48127	47337	790	\$ 124.91
	Abril	001-999-027793739	48845	48127	718	\$ 102.10
2025	Enero	001-999-023290936	38343	37876	467	\$ 48.68
	Febrero	001-999-023600843	38818	38343	475	\$ 50.60
	Marzo	001-999-023892971	39239	38818	421	\$ 41.41
	Abril	001-999-024192383	39661	39239	422	\$ 57.44
	Mayo	001-999-024490851	40227	39661	566	\$ 76.56
	Junio	001-999-024783878	40721	40227	494	\$ 65.32
	Julio	001-999-025090965	41310	40721	589	\$ 81.84
	Agosto	001-999-025392259	41965	41310	655	\$ 91.93
	Septiembre	001-999-025703506	42633	41965	668	\$ 95.84
	Octubre	001-999-025988639	43574	42633	941	\$ 145.90
	Noviembre	001-999-026304597	44427	43574	853	\$ 141.79
	Diciembre	001-999-026583475	45442	44427	1015	\$ 158.78
	Enero	001-999-019821383	30565	29667	898	\$ 135.89
	Febrero	001-999-020141375	31411	30565	846	\$ 126.54
	Marzo	001-999-020389489	32339	31411	928	\$ 141.63
2024	Abril	001-999-020717841	33143	32339	804	\$ 118.70
	Mayo	001-999-020981078	33742	33143	599	\$ 83.30
	Junio	001-999-021260214	34479	33742	737	\$ 70.66
	Julio	001-999-021567853	35180	34479	701	\$ 99.90
	Agosto	001-999-021855173	35779	35180	599	\$ 83.92
	Septiembre	001-999-022172684	36394	35779	615	\$ 87.41
	Octubre	001-999-022489252	36884	36394	697	\$ 102.83
	Noviembre	001-999-022729056	37390	36394	106	\$ 36.49
	Diciembre	001-999-023002886	37876	37390	486	\$ 51.76
	Enero	001-999-016424003	19403	18499	904	\$ 136.71
	Febrero	001-999-016700522	20293	19403	890	\$ 134.40
	Marzo	001-999-016975286	21106	20293	813	\$ 120.08
2023	Abril	001-999-017253965	22177	21106	1071	\$ 170.53
	Mayo	001-999-017543801	23096	22177	919	\$ 141.24
	Junio	001-999-017809011	24044	23096	948	\$ 144.90
	Julio	001-999-018099913	24955	24044	911	\$ 138.42
	Agosto	001-999-018664969	25863	24955	908	\$ 138.02
	Septiembre	001-999-018664969	26785	25863	922	\$ 145.53
	Octubre	001-999-018948186	27755	26785	970	\$ 149.25

Historial de Consumo Energético — El Carmelo S.C.A. (2022 - 2026)						
Año	Mes	Nro. Factura	Lectura Actual	Lectura Anterior	kWh Consumo	Costo Eléctrico
2022	Noviembre	001-999-019228623	28658	27755	903	\$ 136.50
	Diciembre	001-999-019536305	29667	28658	1009	\$ 157.05
	Julio	001-999-014806082	13832	12945	887	\$ 127.98
	Agosto	001-999-015042423	14745	13832	913	\$ 132.72
	Septiembre	001-999-015318909	15801	14745	1056	\$ 167.08
	Octubre	001-999-015593538	16574	15801	733	\$ 118.61
	Noviembre	001-999-015885862	17626	16574	1052	\$ 166.53
	Diciembre	001-999-016146339	18499	17626	873	\$ 130.00
Total	—	—	—	—	35667	\$ 5,284.59

Anexo 12. Historial de generación de lactosuero "El Carmelo S.C.A."

Tabla 21. Historial de generación de lactosuero "El Carmelo S.C.A."

Año	Mes	Litros de leche	Litros para yogurt	Total, litros de leche para Quesos	litros para Queso fresco	Litros para (Mozzarella, queso)	Lactosuero Queso Fresco	Lactosuero de (Mozzarella, Amasado,	Total, Lactosuero	Promedio Anual
2022	Julio	68555	2400	66155	7938.6	58216.4	7144.74	49483.94	56628.68	58223
	Agosto	68910	2400	66510	7981.2	58528.8	7183.08	49749.48	56932.56	
	Septiembre	72317	2400	69917	8390.04	61526.96	7551.036	52297.916	59848.952	
	Octubre	69219	2400	66819	8018.28	58800.72	7216.452	49980.612	57197.064	
	Noviembre	74961	2400	72561	8707.32	63853.68	7836.588	54275.628	62112.216	
	Diciembre	68545	2400	66145	7937.4	58207.6	7143.66	49476.46	56620.12	
2023	Enero	73347	2400	70947	8513.64	62433.36	7662.276	53068.356	60730.632	59659
	Febrero	74506	2400	72106	8652.72	63453.28	7787.448	53935.288	61722.736	
	Marzo	74093	2400	71693	8603.16	63089.84	7742.844	53626.364	61369.208	
	Abril	71738	2400	69338	8320.56	61017.44	7488.504	51864.824	59353.328	
	Mayo	69216	2400	66816	8017.92	58798.08	7216.128	49978.368	57194.496	
	Junio	72243	2400	69843	8381.16	61461.84	7543.044	52242.564	59785.608	
	Julio	71047	2400	68647	8237.64	60409.36	7413.876	51347.956	58761.832	
	Agosto	70451	2400	68051	8166.12	59884.88	7349.508	50902.148	58251.656	
	Septiembre	71456	2400	69056	8286.72	60769.28	7458.048	51653.888	59111.936	
	Octubre	73783	2400	71383	8565.96	62817.04	7709.364	53394.484	61103.848	
	Noviembre	72283	2400	69883	8385.96	61497.04	7547.364	52272.484	59819.848	
	Diciembre	70980	2400	68580	8229.6	60350.4	7406.64	51297.84	58704.48	
2024	Enero	70297	2400	67897	8147.64	59749.36	7332.876	50786.956	58119.832	58104
	Febrero	69259	2400	66859	8023.08	58835.92	7220.772	50010.532	57231.304	
	Marzo	70048	2400	67648	8117.76	59530.24	7305.984	50600.704	57906.688	
	Abril	73024	2400	70624	8474.88	62149.12	7627.392	52826.752	60454.144	
	Mayo	69668	2400	67268	8072.16	59195.84	7264.944	50316.464	57581.408	
	Junio	70092	2400	67692	8123.04	59568.96	7310.736	50633.616	57944.352	
	Julio	68768	2400	66368	7964.16	58403.84	7167.744	49643.264	56811.008	
	Agosto	68187	2400	65787	7894.44	57892.56	7104.996	49208.676	56313.672	
	Septiembre	73424	2400	71024	8522.88	62501.12	7670.592	53125.952	60796.544	

Año	Mes	Litros de leche	Litros para yogurt	Total, litros de leche para Quesos	litros para Queso fresco	Litros para (Mozzarella, queso)	Lactosero Queso Fresco	Lactosero de (Mozzarella, Amasado,	Total, Lactosero	Promedio Anual
2025	Octubre	71974	2400	69574	8348.88	61225.12	7513.992	52041.352	59555.344	61723
	Noviembre	69973	2400	67573	8108.76	59464.24	7297.884	50544.604	57842.488	
	Diciembre	68624	2400	66224	7946.88	58277.12	7152.192	49535.552	56687.744	
	Enero	74163	2400	71763	8611.56	63151.44	7750.404	53678.724	61429.128	
	Febrero	74922	2400	72522	8702.64	63819.36	7832.376	54246.456	62078.832	
	Marzo	73878	2400	71478	8577.36	62900.64	7719.624	53465.544	61185.168	
	Abril	74961	2400	72561	8707.32	63853.68	7836.588	54275.628	62112.216	
	Mayo	74905	2400	72505	8700.6	63804.4	7830.54	54233.74	62064.28	
	Junio	74274	2400	71874	8624.88	63249.12	7762.392	53761.752	61524.144	
	Julio	74482	2400	72082	8649.84	63432.16	7784.856	53917.336	61702.192	
	Agosto	74961	2400	72561	8707.32	63853.68	7836.588	54275.628	62112.216	
	Septiembre	74901	2400	72501	8700.12	63800.88	7830.108	54230.748	62060.856	
	Octubre	74378	2400	71978	8637.36	63340.64	7773.624	53839.544	61613.168	
	Noviembre	74062	2400	71662	8599.44	63062.56	7739.496	53603.176	61342.672	
	Diciembre	74188	2400	71788	8614.56	63173.44	7753.104	53697.424	61450.528	
2026	Enero	75,000	2400	72600	8712	63888	7840.8	54304.8	62145.6	60541
	Febrero	69,000	2400	66600	7992	58608	7192.8	49816.8	57009.6	
	Marzo	75,000	2400	72600	8712	63888	7840.8	54304.8	62145.6	
	Abril	73,500	2400	71100	8532	62568	7678.8	53182.8	60861.6	
	Total	3317563	-	3207163	384859.56	2822303.44	346373.604	2398957.92	2745331.528	

Anexo 13. Instrumentos validados

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente gestión de abastecimiento.

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Gestión de abastecimiento	La gestión de abastecimiento se define como la actividad logística que trata sobre los aspectos relacionados con la compra de productos e insumos, integrando proveedores y el riesgo que tienen los procesos asociados a la compra, con una organización desde la perspectiva económica, social y medioambiental (Satolo et al., 2020).	Eficiencia operativa	Tiempo promedio de reposición de insumos	Revisión documental	Registros de inventario
			Nivel de rotación de inventario	Entrevista	Cuestionario estructurado
		Calidad de los insumos	Índice de rechazo de materia prima	Observación	Ficha de observación
			Cumplimiento de estándares	Entrevista	Cuestionario estructurado
		Costos de abastecimiento	Costo promedio por litro de leche adquirido	Revisión documental	Reporte de facturas
			Variación en gastos logísticos	Revisión documental	Reporte de facturas
		Relación con proveedores	Frecuencia de comunicación con proveedores	Entrevista	Cuestionario estructurado
			Índice de confianza comercial	Entrevista	Cuestionario estructurada

Tutor: MSc Daniel Beltrán

Docente Validador

Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente gestión de abastecimiento.

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Gestión de abastecimiento	La gestión de abastecimiento se define como la actividad logística que trata sobre los aspectos relacionados con la compra de productos e insumos, integrando proveedores y el riesgo que tienen los procesos asociados a la compra, con una organización desde la perspectiva económica, social y medioambiental (Satolo et al., 2020).	Eficiencia operativa	Tiempo promedio de reposición de insumos	Revisión documental	Registros de inventario
			Nivel de rotación de inventario	Entrevista	Cuestionario estructurado
		Calidad de los insumos	Índice de rechazo de materia prima	Observación	Ficha de observación
			Cumplimiento de estándares	Entrevista	Cuestionario estructurado
		Costos de abastecimiento	Costo promedio por litro de leche adquirido	Revisión documental	Reporte de facturas
			Variación en gastos logísticos	Revisión documental	Reporte de facturas
		Relación con proveedores	Frecuencia de comunicación con proveedores	Entrevista	Cuestionario estructurado
			Índice de confianza comercial	Entrevista	Cuestionario estructurada

Tutor: Msc. Daniel Beltrán

Docente: Msc. Liliana Montenegro