

Gestión logística y estructuración de la cadena de suministros en el sector minero de arcilla en la Guajira

Logistics management and supply chain structuring in the clay mining sector in the Guajira

Tania Patricia Ledezma Rojas¹, Maryori Maria Pérez Espitia², Danny Daniel López Juvinao³

1. Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad de La Guajira, Grupo de investigación Ipaitug, Facultad de Ingeniería, Riohacha, La Guajira, Colombia.
2. Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad de La Guajira, Grupo de investigación Ipaitug, Facultad de Ingeniería, Riohacha, La Guajira, Colombia.
3. Doctor en Ciencias Gerenciales, Universidad de La Guajira, Ingeniero en minas. Profesor titular. Riohacha, La Guajira, Colombia.

Autor de correspondencia: dlopezj@uniguajira.edu.co

Cite this article as: T. Ledezma-Rojas, M. Perez Espitia, D. López Juvinao “Gestión logística y estructuración de la cadena de suministros en el sector minero de arcilla en La Guajira”, Prospectiva, Vol. 24 N° 2 2026

Recibido: 20/11/2025 / Aceptado: 29/05/2026

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo analizar la cadena de suministro en la minería de arcilla en La Guajira. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, de tipo descriptivo y diseño no experimental, orientado a describir el esquema de producción en la minería artesanal de arcilla. La cadena operativa presenta una estructura basada en recursos locales, conocimientos empíricos y bajo nivel de tecnificación. Durante la etapa de aprovisionamiento, la extracción del material se realiza en terrenos de dimensiones reducidas, sin metodologías de planificación ni estudios geotécnicos que orienten el aprovechamiento racional del recurso. Las operaciones se desarrollan mediante herramientas manuales y técnicas tradicionales, utilizando insumos como cascarilla de arroz, arena y agua sin tratamiento. Finalmente, la ausencia de control técnico genera variabilidad en la calidad del producto final y limita la eficiencia del sistema productivo.

Palabras claves: Logística, minería de arcilla, minería artesanal, cadena de suministro, proceso productivo.

ABSTRACT

This article aims to analyze the supply chain in clay mining in La Guajira. The research was developed under a mixed-method approach, with a descriptive scope and a non-experimental design, aimed at describing the production scheme in artisanal clay mining. The operational chain is based on local resources, empirical knowledge, and a low level of technification. During the procurement stage, clay extraction is carried out on small plots of land without planning methodologies or geotechnical studies to support the rational use of the resource. Operations are performed using manual tools and traditional techniques, employing inputs such as rice husk, sand, and untreated water. Finally, the absence of technical control generates variability in the quality of the final product and limits the efficiency of the production system.

Keywords: Logistics, clay mining, artisanal mining, supply chain, production process.

1. INTRODUCCIÓN

La logística integral ha evolucionado de manera constante, impulsada por el avance tecnológico y las transformaciones derivadas de la globalización [1, 2, 3]. Este fenómeno ha exigido que las empresas, especialmente las pequeñas y medianas, reconfiguren su modelo de producción para mantenerse competitivas en el mercado [4]. En este contexto, la logística se consolida como un componente estratégico capaz de generar ventajas competitivas sostenibles, al optimizar el flujo de bienes, servicios e información a lo largo de toda la cadena de suministro [4].

No obstante, muchas organizaciones aún presentan limitaciones significativas en la inversión destinada a fortalecer su logística integral, su infraestructura tecnológica y sus estrategias de innovación [5, 6]. Esta situación se refleja en la brecha existente entre las grandes empresas, que han incorporado tecnologías avanzadas para el desarrollo de productos y la gestión eficiente de sus operaciones, y las pequeñas unidades productivas, que suelen considerar estas inversiones como un costo elevado en relación con su capacidad financiera [7].

La aplicación de tecnologías en la logística ha demostrado ser determinante para la reducción de costos, el control de inventarios, la sincronización entre compras y producción, y la mejora en la distribución y atención al cliente [7]. Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han permitido una integración más fluida entre los distintos eslabones de la cadena de suministro, garantizando una mayor trazabilidad, eficiencia y capacidad de respuesta ante la demanda del mercado [8, 9].

En el ámbito nacional, la logística representa uno de los principales retos para el desarrollo económico sostenible [10]. Colombia enfrenta altos costos operativos, especialmente en el transporte, lo que limita la competitividad frente a los compromisos adquiridos en el marco de los tratados de libre comercio [10].

Esta situación demanda una planificación estratégica que articule la gestión logística con los objetivos de desarrollo empresarial y territorial [11, 12].

Particularmente, el departamento de La Guajira enfrenta desafíos importantes en materia de infraestructura logística y aprovechamiento de sus recursos naturales. A pesar de contar con un alto potencial minero y productivo, el sector económico del territorio (como la minería de arcilla) continúan realizándose de manera artesanal, con bajos niveles de tecnificación y una limitada integración de procesos [13]. La ausencia de gestión logística eficiente se traduce en deficiencias en la planificación de recursos, la administración de inventarios, el control de la producción y la distribución de los productos elaborados.

La minería de arcilla, en especial la destinada a la fabricación de ladrillos, constituye una fuente significativa de empleo y sustento para las comunidades locales. Sin embargo, la carencia de maquinaria especializada, la falta de estandarización en las funciones y la inexistencia de sistemas de gestión de riesgos laborales impiden su consolidación como una industria sostenible y competitiva. Estos factores limitan el desarrollo socioeconómico del departamento y restringen su capacidad para insertarse en mercados más amplios y exigentes.

En este sentido, el estudio de la logística aplicada a la minería artesanal de arcilla adquiere relevancia, ya que permite identificar oportunidades de mejora en la planificación, gestión y control de las operaciones dentro de la cadena de suministro [14]. La optimización del sistema logístico contribuye al aumento de la productividad y la calidad del producto final, además de fortalecer las condiciones del entorno, la sostenibilidad ambiental y la competitividad regional.

La presente investigación se orienta, por tanto, al análisis de los procesos logísticos en la minería de arcilla en La Guajira, con el propósito de proponer estrategias que favorezcan la eficiencia operativa y la integración de la cadena de suministro. A través de este enfoque, se busca aportar conocimiento técnico y científico que sirva como base para la transformación productiva del sector y el desarrollo económico sostenible del territorio.

1. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto de tipo descriptivo y diseño no experimental, orientado a analizar las características y particularidades del esquema de producción en la minería artesanal de arcilla en el departamento de La Guajira [15, 16]. Este tipo de estudio busca observar y describir los fenómenos tal como se manifiestan en su contexto natural, sin manipular deliberadamente las variables involucradas. De esta manera, la investigación permitió identificar propiedades, comportamientos y relaciones entre los factores asociados al diseño industrial, la ergonomía y la funcionalidad de los productos fabricados en las unidades mineras, con el propósito de establecer un diagnóstico técnico que aporte a la comprensión del fenómeno en su entorno real.

La población y muestra estuvieron conformadas por un conjunto de unidades productivas dedicadas a la minería artesanal de arcilla, seleccionadas por su relevancia en la operación y su representatividad dentro del sector local. En total, se incluyeron siete empresas mineras ubicadas en La Guajira: Donde Kilkin, José Lorenzo, Comulaca, El Confuso, Sabanilla, Carretalito y Santa Cruz. Estas organizaciones cuentan con un número de trabajadores que oscila entre 2 y 15, distribuidos de la siguiente manera: Donde Kilkin (5), José

Lorenzo (10), Comulaca (15), El Confuso (2), Sabanilla (10), Carretalito (4) y Santa Cruz (10). La selección se basó en criterios de accesibilidad y pertinencia operativa, garantizando la obtención de información empírica relevante para la investigación.

Nombre	Municipio	Número de trabajadores
Donde Kilkin	Riohacha	5
José Lorenzo	Riohacha	10
Pargo rojo (Comulaca)	Riohacha	15
El algarrobo (El Confuso)	Barrancas	2
Los hornos de betel (Sabanilla)	San Juan del Cesar	10
Los pintos (Carretalito)	Barrancas	4
Santa Cruz	Manaure	10
Total		56

Tabla 1. Muestra en la minería de arcilla en La Guajira

3. RESULTADOS

3.1. Procesos logísticos

La minería artesanal de arcilla en La Guajira presenta una dinámica operativa sustentada principalmente en recursos locales, conocimientos empíricos y una infraestructura básica. En el aprovisionamiento, la extracción de arcilla se realiza en terrenos reducidos y sin planificación técnica, utilizando herramientas rudimentarias y materiales como cascarilla de arroz, arena y agua. La producción depende en gran medida de las condiciones climáticas, lo que limita la estabilidad operativa. El transporte y el almacenamiento siguen una lógica artesanal: los insumos y productos se movilizan manualmente con carretillas, los ladrillos se secan y protegen con plásticos, y los materiales permanecen a la intemperie. No existen espacios definidos ni controles logísticos, lo que genera pérdidas por deterioro y afecta la eficiencia general del sistema.

3.1.1. Aprovisionamiento

El sistema de aprovisionamiento en las zonas mineras de arcilla de Camarones, Carretalito, San Juan del Cesar y Manaure funciona bajo un modelo de gestión empírico basado en recursos locales y redes comerciales informales. Esta práctica se desarrolla en terrenos arrendados de pequeñas dimensiones, generalmente inferiores a un cuarto de hectárea. Esta situación limita la planificación y dificulta la consolidación de una estructura logística sostenible a mediano y largo plazo.

La cadena de abastecimiento depende de insumos complementarios como la cascarilla de arroz, utilizada como aditivo y base de secado, y la arena, empleada para regular la plasticidad de la arcilla. También se utiliza agua proveniente de fuentes cercanas. El suministro de leña para la cocción depende de proveedores externos conocidos como carro mulas, cuyo costo varía según la distancia. La transformación artesanal se realiza con herramientas rudimentarias como picos, palas y carretillas.

La etapa de aprovisionamiento funciona de forma continua y secuencial, ya que cada fase depende de la anterior. Bajo esta dinámica, el abastecimiento completo requiere 31 horas. La leña y la cascarilla de arroz necesitan al menos 12 horas de anticipación para incorporarse a la mezcla. Por otra parte, la arcilla, la arena y el agua deben extraerse o trasladarse hacia la zona de transformación. Estas operaciones requieren aproximadamente 3 horas para la arcilla, 2 horas para la arena y 2 horas para el transporte del agua, como se muestra en la *ilustración 1. Tiempo de la etapa de aprovisionamiento en serie*. Cuando todos los insumos están disponibles, inicia la etapa “K”, correspondiente a la mezcla de materiales.

ILUSTRACIÓN 1. TIEMPO DE LA ETAPA DE APROVISIONAMIENTO EN SERIE.



No obstante, las operaciones de aprovisionamiento pueden ejecutarse en paralelo, ya que no existe una dependencia estricta entre ellas, como se muestra en la Ilustración 2. Por ejemplo, la leña no necesita estar disponible durante las etapas de mezclado o secado. Incluso puede contar con un lead time de 34 horas antes de ser requerida, siempre que se encuentre disponible para el inicio de la operación 6, correspondiente a la cocción.

En contraste, la arena y el agua deben estar disponibles desde el inicio debido a su importancia en la consistencia de la arcilla y al corto tiempo de requerimiento. Bajo este esquema de ejecución paralela, el tiempo total de aprovisionamiento se reduce a 19 horas.

ILUSTRACIÓN 2. TIEMPO DE LA ETAPA DE APROVISIONAMIENTO EN PARALELO.



La etapa de aprovisionamiento presenta una alta dependencia de la frecuencia de entrega de los proveedores, lo que incrementa el riesgo de desabastecimiento. Por esta razón, se propone implementar un modelo de gestión de inventarios con políticas de stock de seguridad y puntos estratégicos de acopio dentro de las minas.

El objetivo es consolidar el abastecimiento de insumos críticos, especialmente leña y cascarilla de arroz, mediante compras programadas con periodicidad mensual. Esta medida permitiría reducir los costos asociados a pedidos frecuentes y disminuir la incertidumbre en la disponibilidad de materiales, convirtiendo el abastecimiento en una operación más estable y predecible.

3.1.2. Producción

a producción de ladrillos en las unidades visitadas en La Guajira se organiza mediante una distribución física del terreno dividida en tres zonas: extracción, elaboración y quema. Esta estructura facilita el desplazamiento de los materiales y mantiene una secuencia continua desde la preparación de la arcilla hasta la cocción final del producto.

La zona de extracción concentra las operaciones de picado, mezclado y brincado de la arcilla. Posteriormente, el material pasa a la zona de elaboración, donde se desarrollan el moldeado, secado y apilado en murallas. Finalmente, en la zona de quema se realizan el traslado al horno, el armado y la cocción del producto.

Esta distribución espacial permite una ejecución semi-secuencial de las operaciones, facilitando la movilidad interna del personal y el desplazamiento del material durante las distintas etapas de transformación. La *ilustración 3. Diagrama de flujo del ciclo de producción de ladrillos*. Muestra la secuencia general del ciclo productivo y la relación entre las distintas etapas de transformación de la arcilla. El flujo inicia con la obtención de los insumos y culmina con la cocción y descubierta del horno, manteniendo una continuidad operativa entre cada fase.

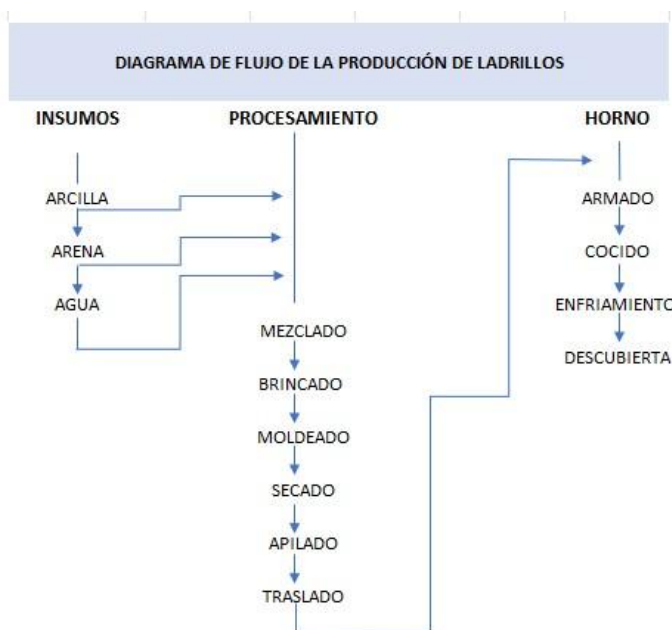


ILUSTRACIÓN 3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL CICLO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS



ILUSTRACIÓN 4. FOTOGRAFÍA DE LA ETAPA DE EXTRACCIÓN DE LA ARCILLA.

En cuanto a la organización humana, la operación se desarrolla mediante unidades compuestas por un número reducido de integrantes, quienes distribuyen las funciones basándose en sus competencias técnicas, habilidades específicas y capacidad física. Bajo este esquema operativo, el sistema es capaz de alcanzar una productividad individual de aproximadamente 3.000 ladrillos por semana. Esta estructura, aunque se organiza de forma empírica, define una cadena de valor donde cada zona cumple un propósito técnico específico, permitiendo que el personal se mantenga enfocado en acciones concretas que garantizan la continuidad del flujo productivo.

La *Ilustración 4. Fotografía de la etapa de extracción de la arcilla.*, evidencia las condiciones artesanales bajo las cuales se desarrolla la extracción de la arcilla. Se observa el uso de herramientas manuales y espacios con bajo nivel de tecnificación, características representativas de las unidades mineras evaluadas.

Con el propósito de identificar la duración de cada etapa del ciclo productivo, se elaboró una secuencia temporal de las operaciones involucradas en la transformación de la arcilla. El tiempo total requerido como se organiza en la *tabla 1. Secuenciación de tareas*. Este flujo incluye las siguientes dinámicas destacadas: la mezcla (K), que requiere 2 horas; el brincado (J), 2 horas; el moldeado (I), 4 horas; el secado (H), 12 horas; el apilado (G), 2 horas; el traslado al horno (F), 2 horas; el armado del horno (E), 3 horas; la cocción (D), 60 horas; el enfriamiento (C), 12 horas; y finalmente, la descubierta del horno (B), que toma 3 horas.

TABLA 1. SECUENCIACIÓN DE TAREAS.

Secuencia	Codificación	Pj	INCIO	FINALIZACIÓN
ARCILLA	X1	3	0	3
ARENA	X2	2	3	5
AGUA	X3	2	5	7
CASCARILLA	X4	12	7	19
LEÑA	X5	12	19	31
MEZCLA	K	2	31	33
BRINCADO	J	2	33	35
MOLDEADO	I	4	35	39
SECADO	H	12	39	51
APILADO	G	2	51	53
TRASLADO	F	2	53	55
ARMADO	E	3	55	58
COCCION	D	60	58	118
ENFRIAMIENTO	C	12	118	130
DESCUBIERTO	B	3	130	133
PRODUCTO	A	144	11	
Lead Time				

La Tabla 1 muestra el orden cronológico de las operaciones y evidencia que la cocción representa la etapa de mayor duración dentro del sistema. Asimismo, se observa que las etapas de secado y enfriamiento también concentran una parte importante del tiempo total del ciclo, mientras que las operaciones manuales presentan tiempos considerablemente menores.

Con base en la secuencia anterior, se desarrolló una programación temporal mediante el método de Scheduling, donde P_j representa el tiempo que tarda el trabajador en culminar cada procedimiento y d_j la hora en que debe finalizarse para liberar la siguiente. En la *tabla 1. Secuenciación de tareas* se ilustran cero holguras entre operaciones, ya que los tiempos representan el margen máximo de tardanza para cumplir cada objetivo, aunque el trabajador podría liberar el flujo antes dependiendo de su experticia. Asimismo, S_j supone que la primera acción arranca en el tiempo cero, representando la disponibilidad para comenzar, y C_j es el horizonte de tiempo máximo con el que cuenta el trabajador, tomando el valor extremo de procesamiento para cumplir con una carga de trabajo real.

TABLA 2. PROGRAMACIÓN DE TAREAS CONSIDERANDO LOS TIEMPOS DE PROCESAMIENTO Y ORDEN LÓGICO DEL PROCESO.

Seq	p_j	d_j	s_j	c_j
X1	3	3	0	3
X2	2	5	3	5
X3	2	7	5	7
X4	12	19	7	19
X5	12	31	19	31
K	2	33	31	33
J	2	35	33	35
I	4	39	35	39
H	12	51	39	51
G	2	53	51	53
F	2	55	53	55
E	3	58	55	58
D	60	118	58	118
C	12	130	118	130
B	3	133	130	133

La Tabla 2. Programación de tareas considerando los tiempos de procesamiento y orden lógico del proceso., evidencia que las operaciones se ejecutan sin holguras entre etapas, por lo que cualquier retraso puede afectar la continuidad del flujo productivo. Bajo esta dinámica, el sistema requiere 133 horas para completar el ciclo total de transformación. Al comparar este valor con el horizonte técnico disponible de 144 horas, se obtiene una utilización del sistema del 92.36 %, dejando un margen operativo de 11 horas para absorber contingencias sin comprometer la entrega final del producto.



ILUSTRACIÓN 5. DIAGRAMA DE GANTT DE LA SECUENCIA LÓGICA DEL CICLO DE TRANSFORMACIÓN DE LA ARCILLA.

La Ilustración 5. *Diagrama de Gantt de la secuencia lógica del ciclo de transformación de la arcilla*, representa gráficamente la distribución temporal de las operaciones y permite visualizar la dependencia existente entre cada etapa del sistema.

Dentro de la estructura de tiempos, la cocción (D) se erige como la restricción crítica del sistema, demandando 60 horas de procesamiento. Esta etapa representa, por sí sola, el 41.67% del tiempo total del ciclo de manufactura, consolidándose como el principal cuello de botella operativo. Le siguen en magnitud las fases de secado (H) y enfriamiento (C), con 12 horas cada una (8.33% del total respectivamente), las cuales junto a la cocción conforman el bloque de transformación pasiva que domina la cronología del proyecto.

Tasa de utilización de los recursos

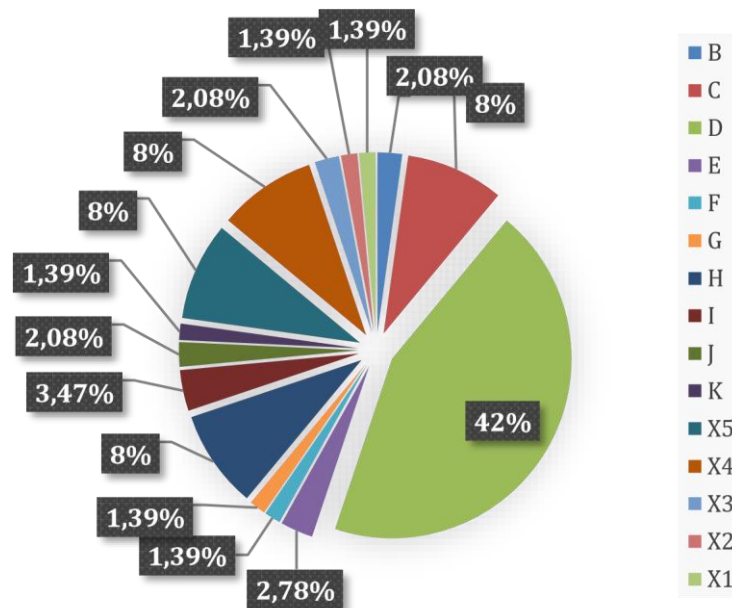


ILUSTRACIÓN 6. PORCENTAJE DE ACAPARAMIENTO DE LAS TAREAS DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO.

En la Ilustración 6. porcentaje de acaparamiento de las tareas dentro del proceso productivo., se evidencia que las operaciones manuales poseen una participación reducida en términos temporales, aunque requieren una alta intensidad física.

El moldeado (I) requiere 4 horas (2.78%), mientras que fases fundamentales como la mezcla (K), el brincado (J) y el traslado (F) se ejecutan en lapsos de 2 horas cada una (1.39% del ciclo por etapa). Esta diferencia entre el tiempo de espera técnica y el tiempo de intervención manual indica que el desempeño del trabajador es elevado; sin embargo, el rendimiento global del sistema continúa limitado por la capacidad térmica del horno y los tiempos de fraguado de los materiales.

En este sentido, se recomienda la implementación de un programa de producción desfasado (o overlapping), que permita anticipar la preparación del siguiente lote de materia prima mientras el lote actual se encuentra en la fase de enfriamiento. Esta sincronización permitiría eliminar tiempos muertos y absorber las contingencias operativas con mayor fluidez. Asimismo, la estandarización de los procedimientos de intervención directa, mediante la adopción de hojas de ruta claras para las etapas de mezcla, brincado y moldeado, garantizará que el flujo de materiales hacia el horno sea constante y predecible. Finalmente, si bien la eficiencia actual del personal es alta, el rendimiento global del sistema está limitado a la capacidad térmica del horno; por tanto, cualquier mejora incremental en la eficiencia de este equipo o en la composición de la mezcla de arcilla se traducirá de manera exponencial en un incremento de la productividad semanal. Al adoptar estas medidas, la unidad productiva podrá abandonar su postura reactiva y consolidar un flujo continuo, optimizando el uso de sus recursos y garantizando una mayor estabilidad operativa ante las fluctuaciones propias de la minería artesanal.

3.1.3. Distribución

En la minería artesanal de arcilla en La Guajira, los canales de distribución se caracterizan por una marcada informalidad y una escasa estructuración comercial. Actualmente, las transacciones se gestionan mayoritariamente mediante una red de comunicación "voz a voz", en la cual los clientes principalmente constructores y particulares acuden a las unidades productivas por recomendaciones de terceros o debido al reconocimiento regional de ciertas minas. Esta dinámica evidencia la ausencia de plataformas digitales, intermediarios formales o estrategias de difusión sistemáticas, lo que limita significativamente el alcance comercial de los productores a su entorno geográfico inmediato.

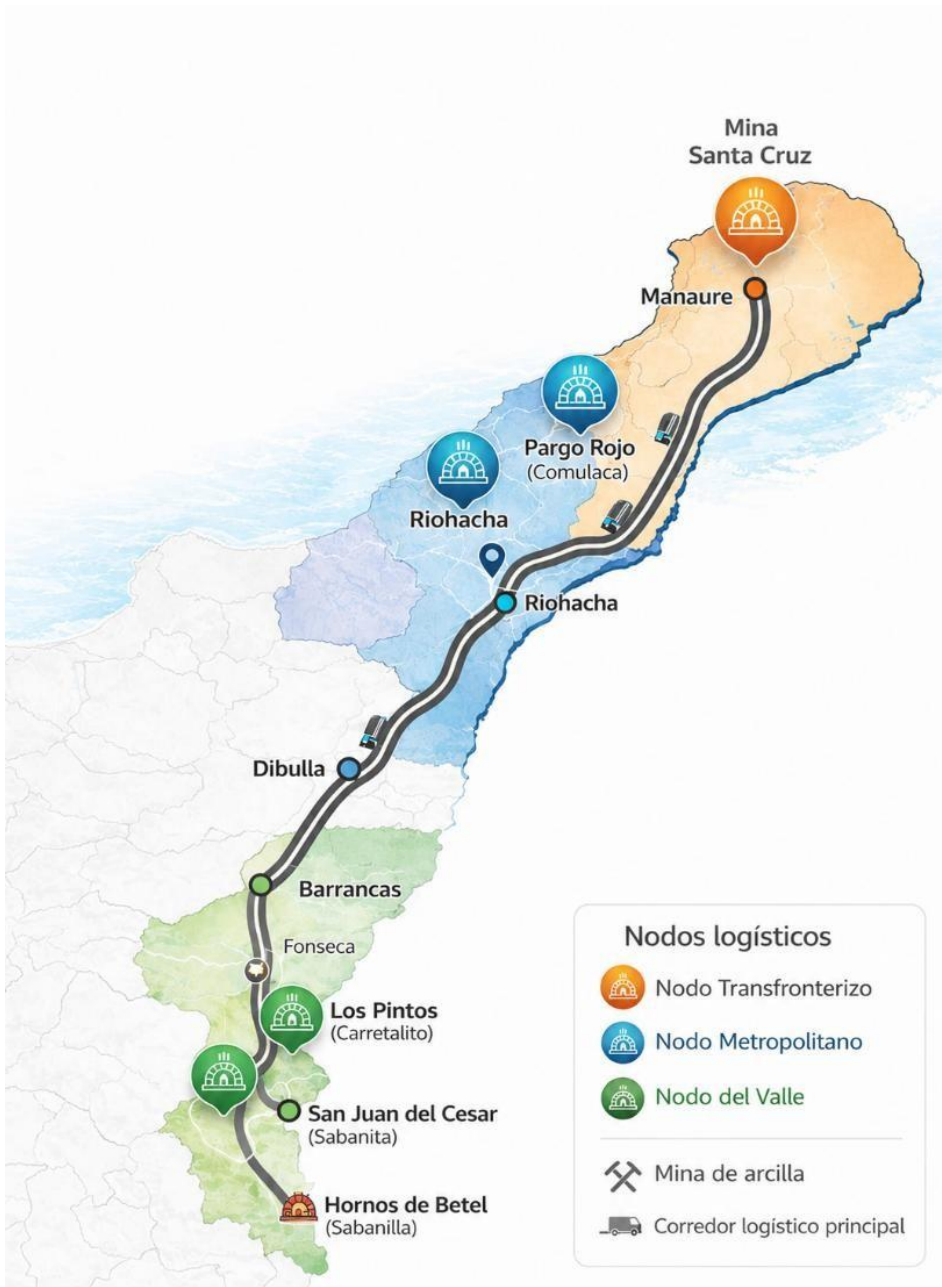
Asimismo, el control sobre el producto final es precario. Una vez que los ladrillos salen de la zona de quema, el seguimiento logístico queda fuera del control de los productores, salvo en los casos en que estos son contratados directamente para realizar el cargue y descargue. La inexistencia de procesos de trazabilidad o monitoreo posterior a la entrega impide establecer

mecanismos efectivos de control de calidad, gestión de devoluciones y retroalimentación del cliente. Esta desconexión entre la finalización de la etapa productiva y la gestión logística hacia el consumidor final acentúa el desfase en la cadena de suministro.

En relación con los requerimientos del mercado, se observa que los compradores tienden a adaptarse a las medidas estándar ofrecidas, sin presentar mayores exigencias técnicas o solicitudes de diseños personalizados. No obstante, ante pedidos de especificaciones o volúmenes especiales, los productores aplican una política de anticipo del 50% del valor total como garantía. Si bien esta medida responde a una estrategia de mitigación de riesgos ante la incertidumbre del mercado y la falta de reservas financieras formales, también refleja un modelo comercial predominantemente reactivo.

Ante este panorama, se recomienda a las minas transitar hacia un modelo de cooperación estratégica mediante la conformación de un corredor logístico interconectado. Esta integración permitiría a las unidades productivas funcionar como nodos colaborativos, fortaleciendo sus fuentes económicas, redistribuyendo el nivel de exigencia y profesionalizando la cadena de suministro frente a las demandas del entorno regional.

La configuración del corredor se basa en la especialización territorial de los recursos, permitiendo una cobertura estratégica del departamento de La Guajira:



LOGÍSTICO ENTRE LAS MINAS
LADRILLERAS DE LA GUAJIRA

1. **Nodo Transfronterizo:** Liderado por la mina Santa Cruz (22 trabajadores), este nodo será el punto crítico para la atención del extremo norte del departamento. Su ubicación es estratégica para el suministro directo hacia Uribia, Maicao y las localidades dispersas de la Alta Guajira.

2. **Nodo Metropolitano:** Este núcleo articula a las unidades de Riohacha: Donde Kilkin (5 trabajadores), José Lorenzo (10 trabajadores) y Comulaca (15 trabajadores). Su posición geográfica les permite concentrar la oferta para atender la demanda urbana de la capital, así como la expansión residencial y turística hacia el oeste en Dibulla y Palomino.

Eje Norte: Este tramo de 60 kilómetros vincula al Nodo Metropolitano con el Nodo Transfronterizo, facilitando la integración de la cadena logística

ILUSTRACIÓN 7. PROPUESTA DEL CORREDOR hacia el norte.

3. **Nodo del Valle:** Agrupa a las minas del sur del departamento: El Confuso (2 trabajadores) y Carretalito (4 trabajadores) en Barrancas, junto con Sabanilla (10 trabajadores) en San Juan del Cesar. Este nodo centraliza el suministro para los municipios de Barrancas, Fonseca, Distracción, Villanueva y San Juan del Cesar, integrando la oferta de arcilla en la región con mayor dinámica comercial del valle.

Eje Sur-Norte: Con una extensión de 110 kilómetros, este eje conecta el Nodo del Valle con el Nodo Metropolitano. Es la ruta de intercambio vital para compensar las fluctuaciones de demanda entre el sur y el norte del departamento.

El establecimiento del corredor logístico requiere de relaciones comerciales pautadas por las minas para hacer frente a un mercado demandante, así como también depende de la continua comunicación entre unidades productivas.

3.2. Cadena de suministro

3.2.1. Seguridad Industrial

La minería artesanal de arcilla en La Guajira opera bajo condiciones altamente vulnerables en materia de seguridad industrial. Durante el trabajo de campo se evidenció la ausencia de mecanismos formales para la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados a las operaciones mineras, exponiendo a los trabajadores a peligros físicos, térmicos y ergonómicos en gran parte del sistema productivo.

Asimismo, no se identificó la implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Las operaciones se desarrollan sin protocolos escritos, programas de capacitación ni funciones definidas en torno a la prevención de accidentes. Los trabajadores tampoco cuentan con Equipos de Protección Personal (EPP) ni con condiciones adecuadas para reducir la exposición a factores de riesgo. Durante las jornadas se observó manipulación de herramientas pesadas, exposición prolongada a radiación solar, inhalación de humo, contacto constante con barro y transporte manual de cargas.

Tipo de Accidente	Causa Principal	Condición Observada
Quemaduras	Exposición directa a hornos sin aislantes	Exposición directa a hornos sin aislantes
Lesiones musculoesqueléticas	Esfuerzo físico sin ergonomía ni pausas activas	Acarreo manual, malas posturas, jornadas extensas
Cortes y heridas	Manipulación de herramientas sin protección	Uso de moldes, carretillas y herramientas manuales sin guantes ni control
Infecciones y enfermedades dérmicas	Contacto prolongado con agua y arcillas	Falta de botas de seguridad, contacto directo sin protección
Accidentes por intrusión o caída	Espacios sin señalización ni delimitación	Áreas abiertas, herramientas expuestas, ausencia de delimitación.

Tabla 3. Exposición de accidentes en la minería de arcilla en La Guajira

La Tabla 3 evidencia que las principales afectaciones corresponden a quemaduras, lesiones musculoesqueléticas, cortes, enfermedades dérmicas y accidentes por caídas o intrusión en áreas sin delimitación. Estas condiciones se

relacionan directamente con la ausencia de controles preventivos, el uso de herramientas manuales sin protección y la falta de adecuaciones básicas en los espacios de trabajo.

Las lesiones musculoesqueléticas representan una de las problemáticas más frecuentes debido al esfuerzo físico continuo, las malas posturas y las jornadas extensas. De igual manera, la exposición directa a hornos sin aislantes incrementa el riesgo de quemaduras, mientras que el contacto permanente con agua y arcilla favorece la aparición de enfermedades dérmicas.

Agravando esta situación, no se identificaron indicadores para evaluar las condiciones de salud de los trabajadores ni el estado del entorno de trabajo. El bienestar físico suele interpretarse desde una lógica de subsistencia, donde evitar la enfermedad depende principalmente de la necesidad de conservar el ingreso diario. Esta dinámica dificulta el reconocimiento temprano de enfermedades ocupacionales y limita la implementación de pausas o medidas preventivas.

En cuanto a la prevención de accidentes y daños materiales, tampoco se evidenciaron planes de acción estructurados. La única medida observada consiste en cubrir los productos con plástico durante la lluvia para evitar su deterioro. Sin embargo, no existen estrategias orientadas a proteger la integridad física de los trabajadores ni a mejorar las condiciones del entorno operativo.

Frente a este panorama, se propone diseñar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo adaptado al contexto de la minería artesanal. Como primera medida, se recomienda implementar una matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos (IPEVR) que permita priorizar las intervenciones según el nivel de exposición.

Asimismo, se sugiere desarrollar un programa de sensibilización enfocado en el uso progresivo de Equipos de Protección Personal, incorporando la seguridad como parte de los costos operativos de la actividad minera. De manera complementaria, resulta necesario establecer protocolos básicos de seguridad preventiva, incluyendo pausas activas, delimitación de áreas de riesgo y una bitácora de incidentes que facilite el seguimiento de accidentes y condiciones inseguras.

La incorporación de estas medidas contribuiría no solo a proteger la integridad física de los trabajadores, sino también a reducir interrupciones operativas, disminuir tiempos muertos por accidentes y fortalecer la estabilidad del sistema productivo artesanal.

3.2.2. Gestión del Transporte

La gestión del transporte en la minería artesanal de arcilla en La Guajira presenta un panorama marcado por la informalidad, la fragmentación operativa y la ausencia de planificación estratégica. Las redes de transporte utilizadas varían según la naturaleza del material y la etapa del proceso: para el acarreo de insumos como leña y cascarilla de arroz, se contratan carro mulas que operan por viaje, sin una frecuencia fija ni rutas definidas. Este esquema, aunque funcional, depende de la disponibilidad de estos actores logísticos y de las condiciones climáticas que puedan obstaculizar el acceso a las zonas productivas.

A nivel interno, la movilización de la carga tanto de materias primas como de ladrillos en etapas de secado o terminados se realiza mediante carretillas manuales tal como se observa en la figura 5. Estas herramientas, aunque modestas, cumplen una función logística esencial al reducir tiempos de desplazamiento dentro del área

de operaciones. Sin embargo, al utilizarse sobre terrenos irregulares y sin mantenimiento, las carretillas sufren deterioro constante, lo que genera pérdida de material por caídas, fatiga física y cuellos de botella operativos, especialmente en épocas de lluvia.



Figura 5. Carretillas empleadas en la minería de arcilla en La Guajira.

En lo que respecta al transporte externo de la mercancía, no existe un método estandarizado. El traslado de los productos terminados es responsabilidad directa del cliente, quien debe contratar o disponer de vehículos particulares, carros o camiones, dependiendo del volumen solicitado. Esta modalidad reduce los costos de distribución para el productor, pero limita su control sobre la calidad del despacho y el seguimiento de la entrega.

En cuanto a la existencia de planes estratégicos o tácticos para el transporte, no se evidencian estructuras organizativas, rutas planificadas ni cronogramas de movilización. Las decisiones logísticas son reactivas y adaptadas al momento, lo que dificulta la optimización de recursos y genera tiempos de espera, sobrecostos o duplicidad de esfuerzos.

Frente a este diagnóstico, se recomienda avanzar en la consolidación de una logística cooperativa entre productores vecinos, que permita compartir rutas de suministro y reducir costos mediante alianzas informales. Sería útil implementar mapas rústicos de flujo interno que orienten la circulación de materiales dentro del área productiva y mejorar la ergonomía de las carretillas con refuerzos estructurales. Asimismo, promover el registro básico de viajes, insumos transportados y tiempos de recorrido, facilitaría el diseño de estrategias futuras más sostenibles y adaptadas a la realidad artesanal del territorio.

3.2.3. Resiliencia Industrial

La resiliencia industrial en la minería artesanal de arcilla en La Guajira se manifiesta principalmente en la capacidad adaptativa de los productores para enfrentar cambios súbitos y adversidades. Sin embargo, esta capacidad de adaptación se ejerce en condiciones estructuralmente precarias y sin herramientas de planificación formal, lo cual limita su efectividad y sostenibilidad en el tiempo.

Los trabajadores y responsables de las unidades productivas logran reorganizar sus asignaciones rápidamente ante eventos no previstos, como bloqueos de vías, lluvias intensas, fenómenos naturales o paros sociales, factores que interrumpen frecuentemente las operaciones. En contextos de lluvia, por ejemplo, los terrenos se inundan, imposibilitando la extracción, el secado y la quema de los ladrillos, lo que paraliza completamente la producción por varios días o incluso semanas. En estos escenarios, la reacción más común es la suspensión de funciones y, en algunos casos, la búsqueda de otras fuentes de ingreso temporal mientras las condiciones permiten retomar la operación. Esta flexibilidad laboral refleja una resiliencia basada en la experiencia individual y la necesidad económica, pero no sustentada en planes estructurados ni redes de apoyo comunitario o institucional.

No se identifican mecanismos para la medición de la gestión del riesgo ni de la vulnerabilidad operativa. No hay mapas de riesgos, planes de contingencia, protocolos de reacción ni acciones preventivas sistematizadas. Tampoco se cuenta con seguros, financiamiento de emergencia o infraestructura resistente a perturbaciones externas. Ante la ausencia de estrategias formales, se vuelve prioritario fomentar la incorporación progresiva de elementos de resiliencia, comenzando por prácticas accesibles como registros de eventos críticos, identificación comunitaria de amenazas recurrentes (clima, transporte, mercado) y creación de acuerdos entre productores para prestar apoyo mutuo durante interrupciones.

4. DISCUSIÓN

La configuración actual de la minería de arcilla en La Guajira revela una organización empírica que, aunque funcional para un modelo de subsistencia, presenta ineficiencias críticas en toda su cadena de suministro. La segmentación física en zonas de extracción, elaboración y quema, lo cual facilita una movilidad básica, aunque requiere de una planificación formal en el aprovisionamiento de insumos, como la leña y la cascarilla de arroz, para disminuir la dependencia de la oferta inmediata. Esta variabilidad, sumada a la carencia de puntos de acopio estratégicos, ralentiza el flujo productivo e incrementa la incertidumbre, obligando a las unidades mineras a operar bajo una reactividad constante que limita la posibilidad de escalar su economía.

Esta naturaleza reactiva y la desarticulación en el flujo de materiales encuentran un respaldo directo en los diagnósticos sectoriales de López Juvinao & Guerrero Matute (2025), quienes, al evaluar las etapas de gestión tecnológica en las unidades arcilleras del departamento, identificaron que el eslabón de operaciones padece de una desconexión crítica entre la disponibilidad técnica y la estandarización de los procesos, puesto que la ausencia de mecanismos formales para programar la producción y la dependencia de técnicas artesanales no controladas perpetúan un rezago operativo que valida metodológicamente el hecho de que la segmentación física observada en el trabajo de campo actual no responde a un diseño logístico óptimo, sino a una

fragmentación empírica que obstaculiza la transferencia eficiente de calor, energía y materiales entre las fases de elaboración y quema.

Asimismo, la vulnerabilidad detectada en el aprovisionamiento de insumos clave como la leña y la cascarilla, junto a la consecuente restricción para escalar la economía, se alinean rigurosamente con las tesis de López Juvinao et al. (2022) en su análisis industrial de la actividad en La Guajira, donde se demuestra que las dinámicas de inventarios en estas microempresas operan bajo una lógica de subsistencia inmediata debido a la baja absorción tecnológica y a la carencia de almacenes o centros de acopio estratégicos, de modo que al contrastar nuestros hallazgos con su modelo se corrobora que la incertidumbre en el flujo de entrada de materias primas y energéticos actúa como una barrera estructural que obliga a los productores a mantener un ritmo de trabajo intermitente, impidiendo la consolidación de economías de escala y confinándolos a un ciclo de baja productividad y alta exposición a las fluctuaciones de la oferta local.

Desde una perspectiva cuantitativa, el sistema opera con una tasa de utilización del 92.36%, lo cual sitúa la capacidad instalada al límite de sus posibilidades técnicas y deja un margen de maniobra de apenas 11 horas para absorber contingencias. La etapa de cocción (D) se erige como la restricción predominante, acaparando el 41.67% del tiempo total de ciclo. Esta realidad subraya que la mejora de la productividad no depende de incrementar el esfuerzo físico, sino de la sincronización de las fases; la implementación de un programa de producción desfasado permitiría aprovechar las holguras y garantizar un flujo continuo hacia el horno, que es el verdadero cuello de botella del sistema.

En cuanto a la distribución, se identificó una estructura logística individualizada donde esta desconexión logística impide que el productor capture mayor valor agregado, por lo que se recomienda la integración del sector minero de arcilla para la creación de un corredor logístico conformado por tres nodos principales como son el Metropolitano, el Transfronterizo y el del Valle a través de los ejes principales que conecten el sur de La Guajira con el Norte. Esta propuesta de zonificación y articulación en nodos halla un soporte fundamental en los modelos de asociatividad e infraestructura minera desarrollados por López Juvinao et al. (2022), quien sostiene que la dispersión geográfica de las unidades artesanales en La Guajira exige la configuración de corredores de transporte estratégicos que consoliden la producción local, de modo que al enlazar los flujos del sur y el norte del departamento se contrarresta la atomización de los pequeños productores, permitiendo que la concentración física del material en nodos de acopio específicos actúe como un mecanismo de apalancamiento logístico que reduce los costos de intermediación y maximiza el valor capturado por el sector.

Finalmente, la precariedad estructural alcanza su punto más crítico en el capital humano. La inexistencia de indicadores de salud ocupacional y la interpretación del bienestar desde la mera subsistencia económica crean un entorno de alto riesgo. Los trabajadores, impulsados por la necesidad del ingreso diario, ignoran síntomas de enfermedades ocupacionales y carecen de protocolos básicos de seguridad, limitando sus acciones preventivas a la protección del material ante el clima. Esta relación entre precariedad y productividad es una vulnerabilidad operativa severa; la estabilidad de la cadena de suministro depende de la salud de sus integrantes, y la falta de un sistema de gestión de seguridad mínimo pone en riesgo la continuidad de todo el flujo productivo ante cualquier eventualidad médica del personal.

Esta interdependencia crítica entre las condiciones ergonómicas del trabajador y la resiliencia de la cadena de suministro valida las perspectivas contemporáneas sobre salud pública y entornos laborales en sectores informales, dado que autores como Rodríguez (2024) sostienen que concebir el bienestar exclusivamente desde

una dimensión económica de subsistencia invisibiliza los riesgos biomecánicos y ambientales a los que se expone el capital humano, postergando la adopción de acciones preventivas estructurales. En contextos de minería artesanal, este comportamiento reactivo donde prima la protección del inventario sobre la integridad física transforma al factor humano en el eslabón más vulnerable de la operación, por lo que al contrastar estos hallazgos con la teoría de gestión de operaciones se evidencia que la falta de un sistema de seguridad y salud en el trabajo (SST) no es solo un dilema ético o normativo, sino un riesgo logístico latente donde la ausencia de redundancia en la mano de obra calificada implica que cualquier morbilidad ocupacional se traduce de forma directa en la interrupción del Lead Time global, comprometiendo drásticamente la continuidad de la capacidad instalada y la estabilidad del flujo productivo ante las demandas del mercado regional.

5. CONCLUSIÓN

El análisis de la logística integral en la minería artesanal de arcilla en La Guajira revela un sistema operativo que, si bien demuestra resiliencia y funcionalidad a partir del conocimiento empírico y la tradición colectiva, se encuentra dependiente a una condición de vulnerabilidad estructural crítica debido a la fragmentación de las operaciones, los altos niveles de informalidad y la ausencia de una planificación técnica estandarizada, lo cual en términos generales corrobora que el esquema actual restringe la eficiencia de los flujos de materiales e información e imposibilita la articulación del sector en cadenas de valor de mayor escala y competitividad regional.

Para mitigar estas deficiencias y transitar hacia un modelo competitivo se requiere la reconfiguración estratégica de los eslabones logísticos, por lo que en el aprovisionamiento es imperativo transitar hacia una gestión de inventarios centralizada mediante la creación de centros de acopio que estabilicen el suministro de insumos clave y reduzcan la reactividad operativa, mientras que en el componente de producción la optimización de los tiempos de ciclo fundamentada en el balanceo de líneas y la programación de la producción se erige como la ruta idónea para maximizar la utilización del horno, mitigando las estrechas holguras temporales del sistema actual y abriendo paso en el eslabón de distribución a la formalización de acuerdos de transporte junto a la estructuración del corredor logístico basado en los nodos Metropolitano, Transfronterizo y del Valle como las palancas clave para ampliar la penetración en mercados estratégicos y capturar un mayor valor agregado.

Es por ello, que la sostenibilidad estructural de esta cadena de suministro depende de la formalización e intervención integral del capital humano a través de la implementación de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo que, junto con la adopción sistemática de equipos de protección personal, debe ser concebida como una inversión de retorno operativo y social orientada a blindar el activo más valioso de las unidades de producción, de modo que mediante la integración de un cuadro de mando que articule indicadores operativos, logísticos y preventivos, el sector minero de arcilla en La Guajira podrá evolucionar desde un modelo de subsistencia disperso hacia un ecosistema productivo tecnificado, sostenible y capaz de generar valor económico y bienestar social de manera estructurada y eficiente.

Por último, es fundamental reconocer que el alcance de esta investigación traza una hoja de ruta para futuros estudios y desarrollos gubernamentales en la región, ya que si bien este diagnóstico de logística integral provee una base sólida, las investigaciones venideras deberían orientarse hacia la modelación matemática de rutas óptimas para el corredor Sur-Norte y la simulación de los procesos de transferencia térmica en los hornos,

sugiriendo formalmente que los entes territoriales de La Guajira utilicen estos hallazgos como insumo técnico para el diseño de políticas públicas de reconversión socio-productiva y formalización minera para que la articulación entre la academia y el sector público no solo permita validar los nodos de acopio propuestos, sino también mitigar el impacto ambiental derivado del uso de biomasa tradicional, consolidando una transición tecnológica que asegure la viabilidad del sector a largo plazo.

REFERENCIAS

- [1]. Erhan Zalluhoğlu, G. Nazan, B. Aracıoğlu, and H. Yalçın, “Sustainable logistics: innovative orientations and global trends in scientific research,” *Foresight*, vol. 27, no. 5, pp. 1011–1027, Jul. 2025, doi: 10.1108/fs-01-2025-0021.
- [2]. H. Mutebi, W. Aryatujwika, S. Ssekajja Mayanja, D. S. Kyomuhangi, and A. Akashabaruhanga, “Humanitarian supply chain resilience: the role of localized logistics preparedness capacity and inter-organizational coordination capabilities,” *Continuity & Resilience Review*, vol. 7, no. 2, pp. 146–165, Apr. 2025, doi: 10.1108/crr-05-2024-0014.
- [3]. E. Santos and M. F. Oliveira, “Decision-Making in organisational logistics,” in *Elsevier eBooks*, 2024, pp. 779–781. doi: 10.1016/b978-0-443-13701-3.00017-7.
- [4]. D. Daskevic and A. Burinskiene, “Distribution logistics technologies applied in the management of logistics operation to increase business competitiveness,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 59, no. 10, pp. 7–12, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.ifacol.2025.09.003.
- [5]. C. Huang, X. Wen, and S.-H. Chung, “Evaluating the efficacy of emerging third-party logistics role: An examination of potential limitations,” *International Journal of Production Economics*, vol. 289, p. 109805, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.ijpe.2025.109805.
- [6]. F. K. Tetteh, K. O. Kwateng, T. Tukue, J. Mensah, and D. D. Atiase, “Effect of logistics performance on transport environmental quality: Comparative insight from Sub-Saharan Africa and OECD markets,” *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Nov. 2025, doi: 10.1016/j.ajsl.2025.10.001.
- [7]. M. D. Tadesse, G. Gebresenbet, D. Ljungberg, and L. Tavasszy, “The technology acceptance model for digitalised logistics in low-income countries: The case of Ethiopia,” *Research in Transportation Business & Management*, vol. 63, p. 101507, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.rtbm.2025.101507.
- [8]. Á. D. Guerrero Matute and D. D. López Juvinao, “Etapas de la gestión tecnológica orientada a la resolución de problemas industriales en la minería de arcilla en La Guajira, Colombia,” *Tecnura*, vol. 29, no. 83, pp. 120–143, 2025.

- [9]. D. D. López-Juvinao, L. M. Torres-Ustate, and E. R. Toncel-Manotas, Responsabilidad ambiental empresarial en el sector minero: Explotación de agregados pétreos en La Guajira, Colombia. Riohacha, Colombia: Universidad de La Guajira, 2022.
- [10]. F. Russo and A. Comi, “Emerging Information and Communication Technologies: the challenges for the delivery loads using public logistics terminals,” *Transportation Research Procedia*, vol. 79, pp. 257–264, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.trpro.2024.03.035.
- [11]. S. Bag, M. S. Rahman, S. Routray, and R. Khurana, “Regenerative supply chain orientation and coopetition in supply chain networks for ESG initiatives: A parallel mediation study,” *Journal of Business Research*, vol. 201, p. 115685, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.jbusres.2025.115685.
- [12]. Multivende, “Logística en Colombia 2025 -2026: retos y tendencias del eCommerce - Multivende,” *Multivende*, Sep. 23, 2025.
<https://multivende.com/blog/logistica-en-colombia-2025-2026/>
- [13]. A. De, T. Kundu, J.-B. Sheu, T.-M. Choi, and M. Goswami, “Proactive logistics redistribution strategic planning in response to facility disruptions under contingencies,” *European Journal of Operational Research*, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.ejor.2025.09.032.
- [14]. F. Kitsios, M. Kamariotou, M. A. Madas, K. Fouskas, and V. Manthou, “Information systems strategy in SMEs: critical factors of strategic planning in logistics,” *Kybernetes*, vol. 49, no. 4, pp. 1197–1212, May 2019, doi: 10.1108/k-10-2018-0546.
- [15]. H. J. Fuentes López, C. Ferrucho Parra, and W. Martínez González, “La minería y su impacto en el desarrollo económico en Colombia,” *APUNTES DEL CENES*, vol. 40, no. 71, pp. 189–216, Mar. 2021, doi: 10.19053/01203053.v40.n71.2021.12225.
- [16]. F. Jia, J. Guo, A. Nazrul, L. Chen, and N. Islam, “Platformization in operations and supply chain management: A bibliometric-systematic literature review with content analyses,” *Technovation*, vol. 149, p. 103375, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.technovation.2025.103375.
- [17]. G. P. Guevara Alban, A. E. Verdesoto Arguello, and N. E. Castro Molina, “Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción),” *RECIMUNDO*, vol. 4, no. 3, pp. 163–173, Jul. 2020, doi: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173.

- [18]. M. Ato, J. J. López-García, and A. Benavente, “Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología,” *Anales De Psicología*, vol. 29, no. 3, Sep. 2013, doi: 10.6018/analesps.29.3.178511.
- [19]. J. W. Moon, S. Y. Xun, J. Chung, and S. D. Textoris, “Assessment of critical minerals supply chain for the United States in perspective of trade restriction by foreign countries,” *Resources Policy*, vol. 110, p. 105726, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.resourpol.2025.105726.
- [20]. N. R. Rivera, R. Gangam, R. Arvary, T. Behre, Z. Chen, E. D. Guetschow, N. Kuhl, M. Lin, N. Marzijarani, E. McCarthy, J. Qi, B. Turnbull, T. Wang, W. Liu “Quality Control for Incoming Raw Materials Beyond Identity and Purity: Case Studies from Recent Merck API Manufacturing Processes,” *Organic Process Research & Development*, vol. 29, no. 2, pp. 401–410, Jan. 2025, doi: 10.1021/acs.oprd.4c00423.
- [21]. B Ramos-Martínez, J. M. Alonso-Herreros, and M. De Rosales-Cabrera Ana María, “La importancia del control de calidad de las materias primas empleadas en formulación magistral,” *Farmacia Hospitalaria*, vol. 44, no. 1, pp. 32–33, 2020, doi: 10.7399/fh.11347.
- [22]. F. Hernández-Benito, M. González-Sóbal, M. Gómez-Márquez, and M. Á. SolísJiménez, “Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables,” *Revista De Ingeniería Industrial*, pp. 19–31, Dec. 2020, doi: 10.35429/jie.2020.13.4.19.31.
- [23]. Y. Rodríguez, “Ergonomía y salud pública: creando entornos de trabajo saludables y seguros,” *Revista Facultad Nacional De Salud Pública*, vol. 42, Art. no. e358206, Dec. 2024, doi: 10.17533/udea.rfnsp.e358206.
- [24]. E. Vargas, C. Narváez, J. Erazo, and M. Torres, “Evaluación de eficiencia operativa en empresas a través de indicadores clave de rendimiento (KPI),” *RUS*, vol. 17, no. 5, Art. no. e5358, Jan. 2025, [Online]. Available: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/5358>
- [25]. H. H. Palma, R. P. Redondo, and N. S. Martínez, “NUEVAS TENDENCIAS PARA UNA LOGÍSTICA SOSTENIBLE CON EL MEDIO AMBIENTE,” *INGENIARE*, no. 28, pp. 63–72, May 2020, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.28.6270.

- [26]. M. A. Manrique Nugent, J. Teves Quispe, A. M. Taco Llave, and J. A. Flores Morales, “Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica,” *Revista Venezolana De Gerencia*, vol. 24, no. 88, pp. 1136–1146, 2019, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/html/>
- [27]. A.I. Máñez-Guaderrama, J. Cavazos-Arroyo, and G. J. Urrutia-Nava, “Capacidad de Respuesta de Empresas Manufactureras de Exportación,” *Investigación Administrativa*, vol. 53, no. 133, pp. 1–20, Jan. 2024, doi: 10.35426/iav53n133.04.