

Erika Viviana Cabezas-Tapia¹E-mail: ecabezas@uotavalo.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9271-6082>Lidia Inés Díaz-Gispert¹E-mail: ldiaz@uotavalo.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3781-0483>¹ Universidad de Otavalo. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cabezas-Tapia, E. V., & Díaz-Gispert, L. I. (2026). Optimización de la rentabilidad en Tenería San Marcos mediante herramientas de trazabilidad. *Revista UGC*, 4(4), 193-202.

Fecha de presentación: 23/07/2026

Fecha de aceptación: 30/09/2026

Fecha de publicación: 01/10/2026

RESUMEN

La industria del cuero enfrenta una creciente demanda de transparencia y sostenibilidad en su cadena de suministro. La trazabilidad mediante códigos QR surge como una herramienta clave para cumplir estas expectativas y mejorar la rentabilidad. Esta investigación evalúa la viabilidad económica de implementar un sistema de trazabilidad en la Tenería San Marcos, analizando sus beneficios potenciales. Se empleó un método mixto que incluyó una entrevista al gerente, para conocer su percepción sobre la utilidad de la trazabilidad, además una encuesta a los 12 trabajadores de la tenería, para evaluar su conocimiento al respecto. Ambos instrumentos fueron validados cualitativamente por expertos con autoridad académica. Se revisaron registros financieros y de producción para obtener una visión completa del proceso. La investigación es de tipo descriptivo-explicativo, ya que examina los procesos actuales, identificando causas de problemas operativos y justificando la incorporación de herramientas de trazabilidad para mejorar la eficiencia y competitividad. El diseño fue no experimental, de corte transversal, recopilando datos en un solo momento y seleccionando participantes por conveniencia. Como parte de la interpretación de los factores que afectan la rentabilidad del sistema de trazabilidad, se construyó el diagrama de Ishikawa, el cual sintetiza las causas potenciales y facilita la identificación de áreas de oportunidad. Como resultado, se propone una arquitectura de cuatro niveles para recopilar, procesar y comunicar información, ejemplificando el proceso productivo del cuero. Además, se presenta un modelo de costo-beneficio que demuestra la factibilidad de implementación, fortaleciendo la confianza del consumidor y promoviendo productos ecológicos.

Palabras Clave:

Trazabilidad, códigos QR, sistema de información, viabilidad económica.

ABSTRACT

The leather industry faces a growing demand for transparency and sustainability throughout its supply chain. Traceability through QR codes has emerged as a key tool for meeting these expectations while improving profitability. This study evaluates the economic feasibility of implementing a traceability system at Tenería San Marcos by analyzing its potential benefits. A mixed-methods approach was employed, including an interview with the manager to explore perceptions regarding the usefulness of traceability and a survey administered to the tannery's 12 employees to assess their knowledge of the subject. Both instruments were qualitatively validated by experts with recognized academic expertise. Financial and production records were also reviewed to obtain a comprehensive understanding of the process. The research follows a descriptive-explanatory approach, as it examines current processes, identifies the causes of operational problems, and justifies the incorporation of traceability tools to improve efficiency and competitiveness. A non-experimental, cross-sectional design was used, with data collected at a single point in time and participants selected through convenience sampling. As part of the analysis of factors affecting the profitability of the traceability system, an Ishikawa diagram was developed to synthesize potential causes and facilitate the identification of areas for improvement. The results led to the proposal of a four-level architecture for collecting, processing, and communicating information throughout the leather production

process. In addition, a cost-benefit model is presented that demonstrates the feasibility of implementation, while contributing to greater consumer confidence and promoting environmentally friendly products.

Keywords:

Traceability, QR codes, information system, economic viability.

INTRODUCCIÓN

El sector manufacturero y comercial experimenta una transformación progresiva hacia modelos de gestión con mayor incorporación tecnológica, impulsada por el crecimiento de la producción, la internacionalización de los mercados y la necesidad de disponer de información confiable sobre los bienes y servicios. Este escenario ha incrementado la importancia de contar con procesos que permitan identificar, registrar y seguir los productos de manera rápida y eficiente a lo largo de las diferentes etapas de producción y comercialización (Zambrano-Izurieta et al., 2023). En este contexto, la trazabilidad de la cadena de suministro ha adquirido una relevancia creciente debido a su contribución al cumplimiento de las regulaciones, el aseguramiento de la calidad, la prevención de falsificaciones, la sostenibilidad y la respuesta a las preocupaciones de los consumidores respecto al origen y la autenticidad de los productos (Ahmed & MacCarthy, 2023).

La trazabilidad mantiene, además, una estrecha relación con los procesos de innovación empresarial. La implementación de sistemas destinados al seguimiento de procesos y productos proporciona información que facilita la identificación de áreas susceptibles de mejora y favorece la incorporación de nuevas metodologías y tecnologías (Moltoni & Moltoni, 2015). Esta capacidad de generar información confiable contribuye a sustentar decisiones estratégicas, optimizar la cadena de suministro y fortalecer los mecanismos de control relacionados con la calidad y la seguridad. Desde esta perspectiva, la trazabilidad puede constituirse en un instrumento para impulsar la innovación, la transformación organizacional y la adaptación de las empresas ante los cambios tecnológicos, productivos y regulatorios.

No obstante, la implementación de un sistema de trazabilidad implica costos y transformaciones organizacionales que deben considerarse desde las primeras etapas de planificación. Además de la inversión necesaria para su puesta en funcionamiento, pueden presentarse dificultades asociadas con la resistencia al cambio, la capacitación del personal, el registro sistemático de las actividades y la compatibilidad de los sistemas de información utilizados por los diferentes actores de la cadena. Estos factores pueden condicionar la efectividad de la implementación y requieren una adecuada gestión tecnológica y organizacional (González & Moralejo, 2007).

Desde una perspectiva técnica, la trazabilidad comprende procedimientos que permiten caracterizar, registrar, recuperar y comunicar información relacionada con los productos y los procesos empresariales. Su finalidad consiste en mantener la posibilidad de realizar un seguimiento a través de las diferentes etapas de la cadena de suministro, contribuyendo simultáneamente al control de los procesos y a la sostenibilidad de las operaciones (León-Duarte et al., 2020). En este sentido, Costa et al. (2013) señalan que la trazabilidad comprende técnicas y tecnologías destinadas a localizar animales, mercancías o productos alimenticios y reconstruir la información histórica relacionada con su procedencia y procesamiento. Esta perspectiva permite disponer de una visión integral de la cadena de suministro y facilita la identificación de problemas, la prevención de riesgos y la capacidad de respuesta frente a reclamos o situaciones imprevistas.

En mercados caracterizados por una creciente preocupación por la calidad, procedencia y seguridad de los productos, la trazabilidad adquiere una importancia estratégica para las organizaciones. Su implementación permite recopilar información sobre el seguimiento de las unidades trazables durante las diferentes etapas de producción y comercialización (Rincón et al., 2017). La posibilidad de documentar el origen de las materias primas, las transformaciones realizadas durante la producción y las condiciones de distribución contribuye a incrementar la transparencia y proporciona información que puede fortalecer la confianza entre empresas, proveedores y consumidores.

Esta necesidad adquiere particular importancia en la industria del cuero, un sector que enfrenta crecientes exigencias relacionadas con la transparencia, la sostenibilidad y la responsabilidad en los procesos productivos. Los consumidores no valoran únicamente las características físicas y funcionales de los productos, sino que muestran un interés creciente por conocer su procedencia y las condiciones bajo las cuales fueron elaborados. Aspectos como el origen de las materias primas, las prácticas ambientales, las condiciones de producción y la transparencia de la cadena de suministro adquieren, por tanto, una importancia cada vez mayor en las decisiones empresariales y comerciales.

Diversos factores han impulsado la adopción de sistemas de trazabilidad, entre ellos el cumplimiento normativo, el control de calidad, la prevención de falsificaciones y las exigencias relacionadas con la sostenibilidad (Ahmed & MacCarthy, 2023). En consecuencia, la transparencia de la cadena de suministro puede convertirse en un elemento diferenciador para aquellas organizaciones interesadas en fortalecer su posicionamiento y demostrar su compromiso con prácticas productivas responsables.

La necesidad de introducir innovaciones adquiere especial relevancia en la industria del cuero de los países emergentes. Aunque estos países poseen una participación

importante en la producción mundial, numerosas empresas presentan bajos niveles de automatización, situación que puede afectar la eficiencia de los procesos productivos. A ello se suman limitaciones relacionadas con la cualificación del personal, la productividad, los impactos ambientales y los márgenes de rentabilidad (Carril Verastegui et al., 2023). Estas condiciones constituyen incentivos para introducir innovaciones capaces de mejorar los procesos y responder a las expectativas de los clientes en términos de calidad, durabilidad y precio.

La innovación puede generar valor agregado en los procesos productivos tradicionales mediante la incorporación de mejoras tecnológicas, organizacionales y operativas. Estas transformaciones pueden contribuir a obtener productos con mejores características, reducir costos, incrementar la productividad y fortalecer el posicionamiento competitivo de las organizaciones (Mendoza & Solís-Rodríguez, 2022). En este escenario, la trazabilidad puede formar parte de una estrategia de innovación orientada no solamente al control de los productos, sino también a la generación y utilización eficiente de información durante el proceso productivo.

Los sistemas de trazabilidad se perfilan, por tanto, como herramientas relevantes para las empresas que buscan responder a las nuevas exigencias del mercado. Al proporcionar información precisa, oportuna y consistente sobre los flujos de materiales y los procesos desarrollados a lo largo de la cadena de suministro, estos sistemas pueden favorecer una gestión más eficiente de las operaciones. Asimismo, su incorporación puede contribuir a disminuir costos asociados con fallas o defectos, mejorar el servicio al cliente y fortalecer el control de los procesos organizacionales (León-Duarte et al., 2020).

La Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, 2015) define la trazabilidad como “la capacidad para seguir el histórico, la aplicación o la localización de un objeto; al considerar un producto o un servicio, la trazabilidad puede estar relacionada con: el origen de los materiales y las partes; el histórico del proceso y la distribución y localización del producto o servicio después de la entrega”. Esta concepción evidencia que la trazabilidad no se limita a identificar un producto terminado, sino que comprende el registro y seguimiento de información desde el origen de los materiales hasta las etapas posteriores a su entrega.

La disponibilidad de información a lo largo de la cadena también puede influir en la percepción de los consumidores. La transparencia proporcionada por los sistemas de trazabilidad contribuye a disminuir las asimetrías de información y puede fortalecer la confianza en los productos y las intenciones de compra. De igual manera, el acceso a información relacionada con las características ambientales de los productos puede favorecer las preferencias hacia aquellos elaborados con materias primas renovables

y reducir la aceptación de alternativas percibidas como menos favorables para el ambiente (Gleim et al., 2013).

En industrias manufactureras como la del cuero, esta relación entre información, trazabilidad y sostenibilidad adquiere especial importancia. La incorporación de prácticas de fabricación sostenible puede responder a las demandas de los consumidores y, simultáneamente, generar beneficios empresariales asociados con la reducción de costos operativos, el mejoramiento de la calidad, el fortalecimiento de la competitividad y mejores condiciones de salud y seguridad para los trabajadores (Omologo et al., 2021). Sin embargo, en la industria ecuatoriana del cuero persisten empresas que no disponen de sistemas robustos de trazabilidad, situación que puede limitar la disponibilidad de información sobre sus procesos y dificultar su acceso a mercados con mayores exigencias de transparencia y sostenibilidad.

Dentro de este escenario se encuentra la ciudad de Santa Ana de Cotacachi, conocida comúnmente como Cotacachi, situada en la provincia de Imbabura, Ecuador. El territorio posee una superficie aproximada de 1809 km² y limita al norte con el cantón Urcuquí, al sur con el cantón Otavalo y la provincia de Pichincha, al este con el cantón Antonio Ante y al oeste con la provincia de Esmeraldas (Viajando X, 2025). La actividad económica local mantiene una importante relación con la producción artesanal y comercialización de artículos de cuero. Microempresas y artesanos elaboran productos como billeteras, carteras, cinturones, maletas, calzado y prendas de vestir, actividad que ha contribuido a posicionar a Cotacachi como un territorio reconocido por su tradición en la manufactura del cuero.

En este contexto se ubica la Tenería San Marcos, empresa familiar con más de veinte años de experiencia en la producción de cuero. La organización enfrenta el desafío de fortalecer el control y seguimiento de sus procesos productivos mediante herramientas que permitan disponer de información accesible y organizada. La incorporación de un sistema de trazabilidad representa una alternativa para optimizar la gestión de sus operaciones, fortalecer la transparencia de los procesos, consolidar la confianza en la marca y contribuir al mejoramiento de su rentabilidad.

Entre las tecnologías que pueden utilizarse para este propósito se encuentran los códigos QR, que permiten almacenar y proporcionar acceso a información mediante dispositivos móviles (Silva Peñafiel et al., 2022). Su aplicación puede facilitar la consulta de datos vinculados con el origen de las materias primas, las etapas del proceso productivo y las características del producto, constituyéndose en una alternativa tecnológica accesible para empresas como la Tenería San Marcos.

A partir de esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la viabilidad económica de implementar un sistema de trazabilidad mediante

herramientas tecnológicas en la Tenería San Marcos, considerando sus beneficios potenciales para la eficiencia de los procesos y la rentabilidad empresarial. Asimismo, se analizan los principales desafíos y oportunidades asociados con su implementación, con la finalidad de determinar las condiciones necesarias para incorporar un sistema que fortalezca el control de la producción, la transparencia de la información y la competitividad de la empresa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un enfoque mixto. Se aplicó una entrevista dirigida al gerente administrativo de San Marcos, para obtener información específica sobre los procesos de producción actuales, los retos operativos y las expectativas de modernización tecnológica, también una encuesta a sus doce trabajadores, para conocer su percepción sobre la eficiencia y funcionalidad de las herramientas de trazabilidad, la disposición a capacitarse en el uso de la nueva tecnología, la opinión sobre los beneficios esperados de la automatización en términos de productividad, reducción de costos y mejora de la calidad del producto. Se procesaron los datos utilizando el programa Excel. Ambos cuestionarios fueron validados por expertos, con autoridad profesional reconocida en el mundo académico y disposición a colaborar.

Es una investigación de tipo descriptiva-explicativa, ya que examina los procesos productivos actuales con el objetivo de identificar las causas de los problemas operativos y justificar la incorporación de herramientas de trazabilidad para mejorar la eficiencia y competitividad de la tenería. El diseño empleado fue no experimental, de tipo transversal, dado que los datos se recopilaron en un solo momento y los participantes no fueron seleccionados al azar, sino por conveniencia. Este enfoque resulta útil para obtener una visión rápida y preliminar del fenómeno estudiado.

Asimismo, se realizó una revisión documental de registros de producción, ventas y costos tanto antes como después de la implementación de las herramientas de trazabilidad. Además, se llevaron a cabo observaciones directas en la planta para analizar los procesos en marcha. También se examinaron registros financieros y de producción para complementar el análisis. Como parte de la interpretación de los factores que afectan la rentabilidad del sistema de trazabilidad, se construyó el diagrama de Ishikawa, el cual sintetiza las causas potenciales y facilita la identificación de áreas de oportunidad. Este diagrama (Ver Figura 1) proporciona una estructura visual para comprender las causas que influyen en la rentabilidad del sistema, apoyando la toma de decisiones estratégicas destinadas a maximizar el retorno de la inversión.

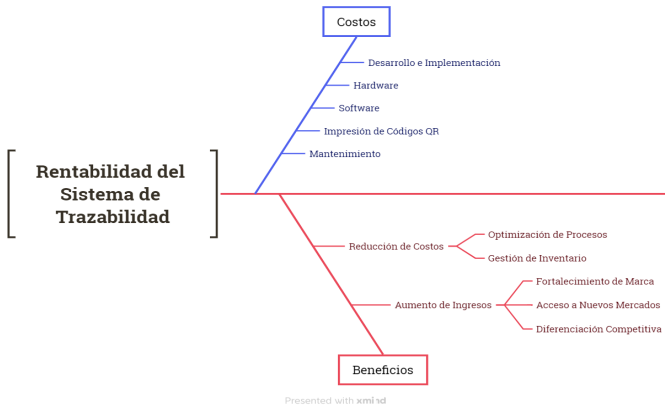


Figura 1. Causas que influyen en la rentabilidad del sistema de trazabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas aplicadas al total de trabajadores de la Tenería San Marcos revelan hallazgos relevantes en torno al conocimiento, uso y percepción de los sistemas de trazabilidad a implementar. En primer lugar, se identificó que un 68% de los trabajadores afirma tener un conocimiento general sobre los sistemas de trazabilidad, mientras que solo un 32% reconoce tener un conocimiento detallado sobre su funcionamiento y objetivos. Esta brecha sugiere la necesidad de fortalecer la capacitación interna en materia de trazabilidad.

En cuanto a su uso, el 75% de los encuestados indicó que ha utilizado directamente herramientas o registros asociados a la trazabilidad en sus funciones diarias, principalmente en etapas relacionadas con el control de calidad, procesamiento químico y almacenamiento. No obstante, se detectaron inconsistencias en los procedimientos de registro y seguimiento, especialmente en áreas con menor supervisión tecnológica. Respecto a la percepción, el 81% de los trabajadores considera que la trazabilidad contribuye significativamente a mejorar la organización interna y la seguridad del producto final. Asimismo, un 66% percibe que este sistema aporta valor agregado al cuero producido, al facilitar su aceptación en mercados más exigentes en términos de normativas y sostenibilidad. Sin embargo, un 23% señaló que el sistema actual presenta deficiencias, como falta de retroalimentación, duplicación de registros o limitaciones en la accesibilidad digital. Finalmente, los resultados también evidencian que existe una actitud mayoritariamente favorable hacia el fortalecimiento de los sistemas de trazabilidad, siempre que vayan acompañados de capacitación continua, integración tecnológica y una mayor difusión de sus beneficios a nivel organizacional.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que, si bien existe un nivel aceptable de conocimiento general sobre la trazabilidad en la Tenería San Marcos, todavía persisten brechas significativas en el conocimiento técnico y en la

correcta aplicación del sistema. Esto puede estar relacionado con una limitada formación interna y con la falta de un programa sistemático de capacitación, lo que repercute directamente en la eficacia del sistema implementado. La amplia participación de los trabajadores en el uso de herramientas de trazabilidad indica que el sistema ha sido integrado operativamente en los procesos productivos. Sin embargo, la identificación de inconsistencias y deficiencias en el registro y seguimiento sugiere que el sistema, aunque funcional, no está siendo aprovechado en su totalidad. Esta situación podría limitar su potencial como herramienta estratégica para mejorar la eficiencia operativa, garantizar la trazabilidad completa del producto y cumplir con estándares internacionales.

Por otro lado, la percepción mayoritariamente positiva que tienen los trabajadores sobre la trazabilidad refleja una buena base organizacional para avanzar hacia una gestión más transparente y eficiente. La valorización del sistema como generador de confianza y diferenciación en el mercado, resulta especialmente importante en una industria como la del cuero, donde los consumidores y compradores intermedios demandan cada vez más productos trazables, responsables y sostenibles. Sin embargo, las críticas señaladas, principalmente en relación con la duplicación de registros, deficiencias tecnológicas y poca retroalimentación, apuntan a la necesidad de revisar el sistema actual desde una perspectiva integral, que

contemple tanto los aspectos técnicos como los humanos del proceso de trazabilidad

Descripción de la cadena de suministro de artículos de cuero

La cadena de suministro de artículos de cuero abarca un complejo entramado de procesos que transforman la piel animal en productos finales con valor agregado. En este caso, Tenería San Marcos, además de procesar cuero, fabrica sus propios artículos de cuero. La Figura 2 describe la cadena de suministro de Tenería San Marcos, que abarca desde la obtención de pieles hasta la producción y venta de artículos terminados. Asimismo, la Tabla 1 detalla las principales etapas de esta cadena, con sus procesos asociados, entradas y salidas.

El proceso se inicia con la adquisición de pieles crudas provenientes de mataderos, en la tenería, se realiza el proceso de curtido, transformando las pieles en cuero. Posteriormente, el cuero se procesa en la curtiembre, obteniendo diferentes tipos de cuero según su uso final. La propia Tenería San Marcos utiliza parte de este cuero procesado para la confección de sus propios artículos, como chaquetas, bolsos y cinturones. Estos productos se comercializan a través de canales de venta propios, como tiendas físicas y eventualmente mediante exportaciones (Figura 2, Tabla 1).

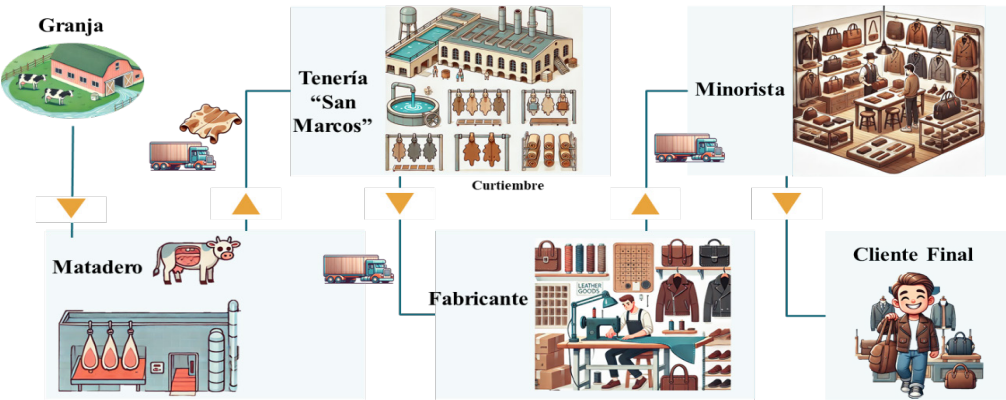


Figura 2. Cadena de suministro de Tenería San Marcos.

Tabla 1. Etapas de la cadena de suministro de Tenería San Marcos.

Etapa de la cadena	Procesos	Entradas	Salidas
Matadero	Sacrificio y obtención de pieles	Ganado	Carne, pieles
Tenería "San Marcos"	Curtido y transformación de pieles en cuero	Pieles, productos químicos, agua, energía	Cuero curtido
Curtiembre	Procesamiento del cuero según su uso final	Cuero curtido, productos químicos, tintes, acabados	Cuero procesado (diferentes tipos)
Fabricación (Tenería "San Marcos")	Confección de artículos de cuero	Cuero procesado, materiales de costura, herrajes, accesorios	Artículos de cuero (calzado, bolsos, cinturones)
Minorista (Tenería "San Marcos")	Distribución y venta de productos terminados	Artículos de cuero	
Consumidor Final	Compra y uso de los artículos de cuero		

Diseño del Sistema de Trazabilidad Basado en Códigos QR

La trazabilidad de los productos es una práctica fundamental que garantiza la calidad de los productos y fomenta la confianza en el consumidor final. Inicialmente, se consideró una arquitectura de sistema de cuatro niveles para la trazabilidad en Tenería San Marcos, similar a la propuesta por Håkli et al. (2013) para la industria maderera. Sin embargo, tras un análisis de las necesidades y recursos de la empresa, se optó por un modelo más simple y efectivo, de acuerdo a la realidad de tenería, es por ello que, para garantizar una trazabilidad efectiva y eficiente, se propone una arquitectura de sistema de tres niveles, centrada en el uso de códigos QR. Esta arquitectura modular permite una implementación escalable y flexible, adaptándose a las necesidades específicas de la empresa y la cadena de suministro del cuero. Este modelo simplificado, al enfocarse en una sola tecnología, facilita la implementación, reduce costos y se adapta mejor a las capacidades de la empresa (Tabla 2).

A continuación, se detalla la arquitectura de tres niveles:

Nivel de Datos:

- **Captura de Datos:** Se utilizarán códigos QR impresos en las etiquetas de los productos finales para codificar

Tabla 2. Arquitectura del Sistema de Trazabilidad de Tenería San Marcos.

Nivel	Descripción	Preguntas Clave
Nivel de Datos	Captura y almacenamiento de la información de trazabilidad a través de códigos QR y una base de datos centralizada.	¿Qué datos se deben capturar? ¿Cómo se capturarán los datos? ¿Cómo se almacenarán los datos?
Nivel de Aplicación	Proporciona las herramientas para que los usuarios internos y externos accedan e interactúen con la información de trazabilidad.	¿Qué funcionalidades debe ofrecer la aplicación web? ¿Qué tipo de análisis se realizarán con los datos?
Nivel de Presentación	Presenta la información de trazabilidad al usuario final de manera clara y concisa.	¿Cómo se presentará la información al usuario? ¿Qué tipo de interfaz se utilizará?

Información Codificada en los Códigos QR

La información codificada en los códigos QR no solo ofrece transparencia al consumidor, sino que también optimiza la gestión interna de Tenería San Marcos, particularmente en el control de inventario y la resolución de reclamos.

Cada código QR impreso en las etiquetas de los productos de Tenería San Marcos contendrá la siguiente información:

- **ID único del producto:** Este identificador permitirá rastrear individualmente cada pieza de cuero, desde su ingreso a la tenería hasta la venta final. Esta información es fundamental para una gestión eficiente de inventario y para responder de forma rápida y precisa ante un reclamo.
- **Origen de la piel:** Tipo de animal, la región de origen, la fecha de sacrificio y el ID del matadero.
- **Procesos de Curtido:** Información general, describir el tipo de curtido (vegetal, cromo, etc.) y sus características generales, sin revelar detalles específicos de la fórmula o técnica utilizada.
- **Lote de Producción:** Número de lote al que pertenece la pieza de cuero.
- **Normas INEN:** Código de la norma INEN que cumple el cuero.

Para gestionar su inventario, Tenería San Marcos puede utilizar LibreOffice Calc, una alternativa gratuita a Microsoft Excel, este software, de fácil acceso y aprendizaje, permite crear bases de datos, registrar la información de cada producto (incluyendo su ID único), realizar búsquedas y generar reportes.

la información de trazabilidad. Los empleados de Tenería San Marcos escanearán los códigos QR en cada etapa del proceso para registrar el movimiento de las pieles y productos.

- **Almacenamiento de Datos:** La información capturada se almacenará en una base de datos centralizada, accesible a través de una aplicación web.

Nivel de Aplicación:

- **Aplicación Web:** Se desarrollará una aplicación web que permitirá a los consumidores escanear los códigos QR de los productos y acceder a información detallada sobre el origen, los procesos de producción y las certificaciones del cuero.
- **Módulo de Análisis:** Se implementará un módulo de análisis dentro del sistema de gestión de Tenería San Marcos para facilitar la interpretación de los datos de trazabilidad y la toma de decisiones estratégicas.

Nivel de Presentación:

- **Interfaz de Usuario:** La aplicación web contará con una interfaz amigable que permitirá a los consumidores acceder fácilmente a la información de trazabilidad. La información se presentará de forma visual e intuitiva, **utilizando gráficos, imágenes y mapas.**

La Figura 3 ilustra el proceso de acceso a la información mediante el escaneo del código QR. Al escanear el código, el consumidor accede a una página web que muestra la información del producto, extraída de la base de datos interna de la tenería. Este sistema, al asociar cada producto con un ID único, permite un control preciso del inventario y un acceso rápido a la información.

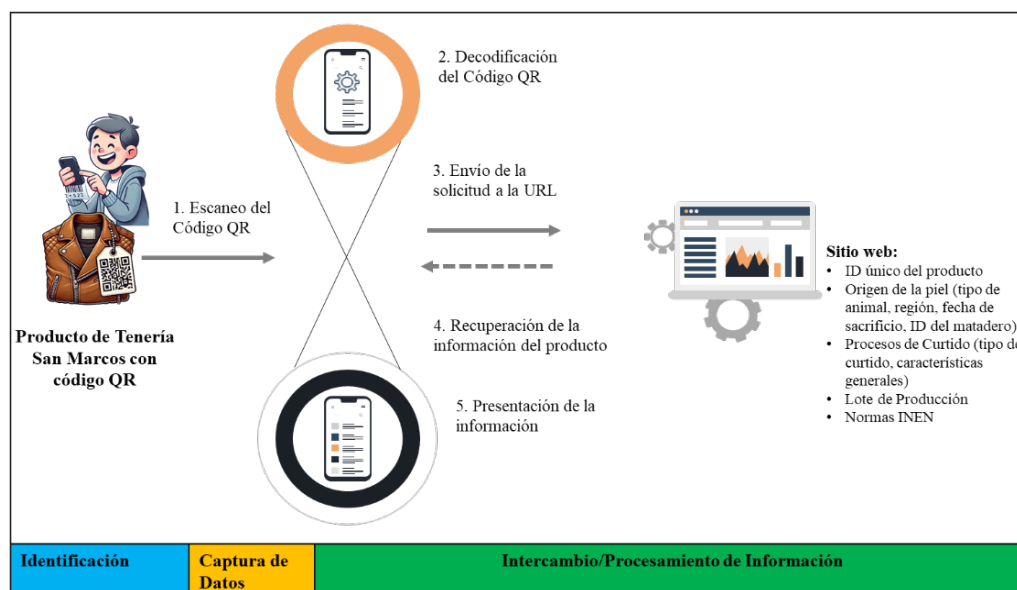


Figura 3. Proceso de acceso a la información mediante código QR.

Al acceder a esta información mediante el escaneo del código QR, Tenería San Marcos podrá:

- **Resolver reclamos de manera rápida y eficiente:** Identificando el lote de producción y los procesos aplicados al cuero, la empresa podrá determinar la causa del problema y tomar medidas correctivas.
- **Mejorar la gestión de inventario:** El ID único del producto permitirá un control preciso del stock de cuero, optimizando la planificación de la producción y minimizando las pérdidas.
- **Fortalecer la confianza del consumidor:** La transparencia sobre el origen y los procesos de producción del cuero genera confianza en los clientes, mejorando la imagen de la marca.
- **Acceder a nuevos mercados:** La trazabilidad facilita la obtención de certificaciones y el acceso a mercados internacionales que exigen altos estándares de calidad y sostenibilidad.

La implementación de un sistema de trazabilidad, aún con la simplicidad de los códigos QR, conlleva inversiones y costos operativos que deben ser evaluados en relación a los beneficios potenciales. El objetivo de este modelo de costo-beneficio es determinar la viabilidad económica de la trazabilidad en Tenería San Marcos, proporcionando un marco analítico para la toma de decisiones.

Los costos asociados a la implementación y operación del sistema de trazabilidad se categorizan en:

- **Costos de desarrollo e implementación:** Incluyen la creación de la aplicación web, la integración con la

base de datos (LibreOffice Calc), la configuración del sistema y la capacitación del personal, estos costos se incurren una sola vez al inicio del proyecto.

- **Costos de Hardware:** Si bien se pueden utilizar smartphones existentes para la captura de datos, la adquisición de lectores de códigos QR dedicados para áreas de producción podría optimizar la eficiencia del proceso, pero generaría un costo adicional.
- **Costos de Software:** Comprenden las licencias, actualizaciones y soporte del software de gestión de la base de datos (LibreOffice Calc) y del servidor web. Estos costos pueden ser recurrentes en función del modelo de licenciamiento.
- **Costos de Impresión:** Involucran la impresión de etiquetas con códigos QR para cada producto, este costo es variable y depende del volumen de producción.
- **Costos de Mantenimiento:** Incluyen el mantenimiento del servidor web, la base de datos y la aplicación web, así como las actualizaciones de software y el soporte técnico, estos costos suelen ser recurrentes.

La trazabilidad ofrece beneficios tangibles e intangibles que impactan en la rentabilidad de Tenería San Marcos:

Reducción de Costos:

- **Optimización de Procesos:** La trazabilidad permite identificar y eliminar ineficiencias en los procesos de producción, optimizando el uso de recursos y reduciendo desperdicios.
- **Gestión Eficiente de Inventario:** La información en tiempo real sobre la ubicación y el estado de cada

producto facilita una gestión de stock precisa, minimizando las pérdidas por deterioro, obsolescencia o extravío.

Aumento de Ingresos:

- **Fortalecimiento de la Marca:** La transparencia en la cadena de suministro genera confianza en el consumidor, fortaleciendo la imagen de marca y aumentando su valor, lo que puede traducirse en un incremento en las ventas.
- **Acceso a Nuevos Mercados:** La trazabilidad facilita el cumplimiento de estándares internacionales de calidad y sostenibilidad, abriendo nuevas oportunidades de negocio.
- **Diferenciación Competitiva:** La trazabilidad se convierte en un valor agregado que diferencia a Tenería San Marcos de la competencia, permitiéndole acceder a nichos de mercado con mayor disposición a pagar por productos con trazabilidad certificada.

El Diagrama de Ishikawa (Figura 3) proporciona una representación visual de las causas que influyen en la rentabilidad del sistema de trazabilidad, facilitando la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones estratégicas para maximizar el retorno de la inversión.

Para cuantificar el impacto del sistema de trazabilidad en la rentabilidad de Tenería San Marcos, se ha realizado una recopilación de datos históricos de la empresa, abarcando los últimos tres años (2022-2024). Esta información,

que se detalla en las Tablas 3, 4, 5 y 6, incluye la tasa de reclamos, los costos de producción unitarios, los precios de venta promedio y el volumen de ventas para cada tipo de prenda. Estos datos servirán como base para la proyección de la rentabilidad y el análisis de la viabilidad económica del sistema de trazabilidad.

Tabla 3. Tasa de Reclamos Histórica (2022-2024).

Año	Total Reclamos	Tipo de Defecto (Frecuencia)	Costo Promedio por Reclamo (\$)
2022	60	Costuras (25)	35
		Cierres defectuosos (15)	45
		Daños en el cuero (10)	50
		Otros (10)	25
2023	70	Costuras (30)	38
		Cierres defectuosos (20)	48
		Daños en el cuero (15)	55
		Otros (5)	28
2024	85	Costuras (35)	40
		Cierres defectuosos (25)	50
		Daños en el cuero (20)	60
		Otros (5)	30

Tabla 4. Costos de Producción Unitarios (Promedio 2022-2024).

Tipo de Prenda	Materia Prima (\$)	Mano de Obra Directa (\$)	Costos Indirectos (\$)	Costo Total (\$)
Carteras	15	10	5	30
Cinturones	8	5	3	16
Chaquetas	20	12	8	40

Tabla 5. Precios de Venta Promedio (2022-2024).

Tipo de Prenda	2022 (\$)	2023 (\$)	2024 (\$)
Carteras	35	40	45
Cinturones	20	23	25
Chaquetas	90	100	110

Tabla 6. Volumen de Ventas (2022-2024).

Tipo de Prenda	2022 (unidades)	2023 (unidades)	2024 (unidades)
Carteras	1800	2000	2200
Cinturones	1200	1300	1500
Chaquetas	1000	1200	1300
TOTAL	4000	4500	5000

Desde la llegada de la globalización, las sucesivas y severas crisis financieras, junto con el incremento constante de la competencia a nivel mundial, han llevado a las empresas a perfeccionar sus procesos internos, maximizar

el uso de sus recursos y perfeccionar la calidad de sus productos y servicios. Todo ello con el objetivo de volverse más competitivas y garantizar su supervivencia en los mercados en los que operan (Niebles-Núñez et al., 2022).

Las tecnologías que apoyan las cadenas de suministro han sido una de las herramientas clave en el proceso de toma de decisiones de las compañías. La trazabilidad se considera una herramienta para la identificación y registro de información que facilita la mejora de procesos de control, sobre todo para aquellas empresas que buscan resultados confiables con errores mínimos dentro de sus procesos productivos (León-Duarte et al., 2020).

Particularmente, la trazabilidad incorpora funciones y procedimientos técnicos que permite la caracterización y registro de información, además, aporta a las empresas mayor sostenibilidad en los procesos (Zambrano-Izurieta et al., 2023) Adicionalmente, entre las funciones de la trazabilidad se encuentra el establecimiento de un tipo de comunicación con los consumidores finales de los

productos, lo cual ayudará a mantener la confianza mientras se encuentran esperando el arribo de sus pedidos. De esta manera, se espera generar una mejor experiencia de compra a través de los medios digitales (Muñiz-López et al., 2021).

Entre las tecnologías de trazabilidad y automatización de mayor uso se encuentran: los códigos de barra, que tienen como propósito controlar y realizar un seguimiento en los productos que fluyen al interior de una organización a través de la estandarización de la información. Con la codificación binaria que contiene una serie de información define el producto y lo caracteriza (Herrera & Orjuela, 2014).

La trazabilidad no es la información del producto y el proceso en sí, sino una herramienta que permite encontrar esta información nuevamente en un momento posterior. La evolución del concepto de trazabilidad ha generado el desarrollo de técnicas que han adoptado modelos conceptuales y modelos matemáticos para la toma de decisiones, entre los que se destacan modelos abordados a través de la metodología de dinámica de sistemas, ya que desarrollan composiciones entre las variables de forma sistémica para la toma de decisiones integrales a nivel. En efecto, el concepto de trazabilidad ha permeado los sistemas logísticos de las compañías que se involucran en procesos de mejora continua y control de calidad en los productos. La concepción del término trazabilidad para la cadena de suministro se ha enfocado en un carácter de integralidad y seguridad en los productos elaborados generando un impacto en las normatividades que se elaboran en este sentido. La falta de trazabilidad en los procesos de la cadena de suministro genera pérdidas en calidad y producción (Maya et al., 2020).

Igualmente, términos asociados con la integración han permeado los modelos de optimización elaborados, lo que ha conllevado la aplicación de programación lineal multiobjetivo para analizar los problemas de trazabilidad difusa en la mezcla de materias primas en los productos procesados de frutas.

CONCLUSIONES

La implementación de tecnologías de trazabilidad necesita de una planificación adecuada, para ello es necesario abordar la complejidad del sistema. La implementación de tecnologías de trazabilidad necesita de una planificación adecuada, para ello es necesario abordar la complejidad del sistema.

La tendencia encontrada en la revisión bibliográfica muestra la relevancia del tema de trazabilidad, en la integración y seguridad alimentaria de la cadena de suministros de alimentos. La importancia de los modelos conceptuales de trazabilidad y su evolución, abordada a través de los modelos de optimización y con dinámica de sistemas, evidencian la trascendencia que las compañías

le están otorgando al tema, como un elemento de competitividad ante los diferentes retos mundiales de economías globalizadas. La falta de trazabilidad en los procesos de la cadena de suministro genera pérdidas en calidad y producción.

En consecuencia, se hace necesaria la planeación de tecnología con un enfoque sistémico, que proporciona estrategias adecuadas en la toma de decisiones, a la hora de realizar un proceso de sustitución tecnológica en las operaciones de trazabilidad interna de la cadena de suministro frutícola. Por tanto, el análisis causal de la capacidad de inversión de tecnología como bucle dominante del sistema de implementación de tecnología es un aspecto importante que regula el comportamiento de la inclusión de tecnología de trazabilidad y por ende el mejoramiento de las características de rastreo y seguimiento, marcados en la calidad del producto de la cadena de suministro de alimentos.

Por su parte, en el diagrama causal propuesto se incluyen elementos no contemplados por estudios anteriores, la inclusión de tres niveles y cinco enfoques, en el problema de la trazabilidad en la cadena de frutas, lo cual permite identificar la dinámica del comportamiento de la cadena. De la misma manera, la inclusión de los tres ciclos loop en el problema de implementación de tecnología para trazabilidad es una propuesta novedosa.

La relación de los actores de la cadena de suministro frutícola se enmarca en diferentes dinámicas que regulan su comportamiento. Por consiguiente, la decisión de cambios e implementación de tecnologías de trazabilidad en la cadena de suministro alimentario requiere de modelos orientados al análisis integral de las relaciones y flujos entre los actores de la cadena. En este sentido, la dinámica del mercado de tecnologías para la trazabilidad en la cadena de suministro presenta un crecimiento que genera impactos en la mejora de los flujos de material, información, capital, recurso humano y dinero.

REFERENCIAS

- Ahmed, W. A. H., & MacCarthy, B. L. (2023). Blockchain-enabled supply chain traceability: How wide? How deep? *International Journal of Production Economics*, 263, 108963. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108963>
- Carril Verastegui, B. D., Castro Vargas, D. J., Machaca-Mamani, J., Lujan Minaya, J. C., Yenque Guerrero, K. E., & Mendoza Castillo, A. L. L. F. (2023). Rediseño industrial en los procesos de curtido de pieles. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(118), 109–119. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i118.692>
- Costa, C., Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarriá, D., & Menesatti, P. (2013). A review on agri-food supply chain traceability by means of RFID technology. *Food and Bioprocess Technology*, 6(2), 353–366. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0958-7>

- Gleim, M. R., Smith, J. S., Andrews, D., & Cronin, J. J. (2013). Against the green: A multi-method examination of the barriers to green consumption. *Journal of Retailing*, 89(1), 44–61. <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2012.10.001>
- González, A., & Moralejo, S. (2007). Protocolo de actuación en el diseño de un sistema de trazabilidad para la industria alimentaria. *Agroalimentaria*, 12(25), 63–84. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542007000200005
- Häkli, J., Sirkka, A., Jaakkola, K., Puntanen, V., & Nummila, H. K. (2013). Challenges and possibilities of RFID in the forest industry. In *Radio frequency identification from system to applications*. IntechOpen.
- Herrera Ramírez, M. M., & Orjuela Castro, J. A. (2014). Perspectiva de trazabilidad en la cadena de suministros de frutas: Un enfoque desde la dinámica de sistemas. *Ingeniería*, 19(2), 63–84. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2014000200004
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9000:2015 quality management systems—Fundamentals and vocabulary* (4th ed.). <https://i2.saiglobal.com/mpc2v/preview/98702152935.pdf?sku>
- León-Duarte, J. A., De La Re-Iñiguez, B. M., & Romero-Dessens, L. F. (2020). Ventajas del uso de sistemas de trazabilidad electrónica en procesos de manufactura. *Información Tecnológica*, 31(1), 237–244. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000100237>
- Maya, T., Orjuela Castro, J., & Herrera, M. (2020). Retos en el modelado de la trazabilidad en las cadenas de suministro de alimentos. *Ingeniería*, 26(2), 143–172. <https://doi.org/10.14483/23448393.15975>
- Mendoza-Arviso, U., & Solís-Rodríguez, F. T. (2022). Calidad, conocimiento e innovación de procesos de manufactura en Ciudad Juárez, México. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 12(23), 83–94. <https://doi.org/10.17163/ret.n23.2022.05>
- Moltoni, L., & Moltoni, A. (2015). Trazabilidad: El rol de la información en el marco del nuevo paradigma de la calidad. *Agroalimentaria*, 21(40), 79–96. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199241170005>
- Muñiz-López, H. S., Uresti-Marín, R. M., & Castañón-Rodríguez, J. F. (2021). Uso de las tecnologías de la información y la comunicación como estrategia para reducir el desperdicio de frutas y verduras. *CienciaUAT*, 16(1), 178–195. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1528>
- Niebles-Nuñez, W., Rojas-Martínez, C., Pacheco-Ruiz, C., & Hernández-Palma, H. G. (2022). Descripción del manejo de tecnologías información y comunicación en las cadenas de suministros en medianas empresas. *Información Tecnológica*, 33(5), 165–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000500165>
- Omoloso, O., Mortimer, K., Wise, W. R., & Jraisat, L. (2021). Sustainability research in the leather industry: A critical review of progress and opportunities for future research. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125441. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125441>
- Rincón Ballesteros, D. L., Fonseca Ramírez, J. E., & Orjuela-Castro, J. A. (2017). Hacia un marco conceptual común sobre trazabilidad en la cadena de suministro de alimentos. *Ingeniería*, 22(2), 161–189. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2017.2.a01>
- Silva Peñafiel, G. E., Caicedo Villamarín, S. D., Flores Lescano, Á. A., & Cusco Vinuesa, V. A. (2022). Diagnóstico de lectura de códigos QR para llevar información de la trazabilidad. *Polo del Conocimiento*, 7(8), 2500–2513. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4525>
- Viajando X. (2025). *Historia de Cotacachi*. <https://ec.viajando.com/cotacachi/historia-de-cotacachi-PVC207>
- Zambrano-Izurieta, J. P., Mendoza-Barberán, M. G., & Farez-Arias, M. (2023). Funcionalidades de la trazabilidad en el desarrollo del modelo de comercio electrónico B2C. *Revista Economía y Negocios*, 14(1), 135–148. <https://revistas.ute.edu.ec/index.php/economia-y-negocios/article/view/1057/915>

Conflictos de interés:

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores:

Erika Viviana Cabezas-Tapia, Lidia Inés Díaz-Gispert: Concepción y diseño del estudio, adquisición de datos, análisis e interpretación, redacción del manuscrito, revisión crítica del contenido, análisis estadístico, supervisión general del estudio.

Declaración ética:

El estudio se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica. La participación de los sujetos fue voluntaria y se obtuvo el consentimiento informado de los participantes. Se garantizó la confidencialidad, el anonimato y el respeto a los derechos de poblaciones consideradas vulnerables.