

AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS LOGÍSTICOS EN EL ÁMBITO ESCOLAR

AUTOMATION OF LOGISTICS PROCESSES IN THE SCHOOL ENVIRONMENT

Wendy Joana Cruz Lozano,¹ Rafael Granillo Macías,² Francisca Santana Robles³ e Isaías Simón Marmolejo⁴

SUMARIO: 1.Introducción, 2. Revisión de la literatura, 3. Metodología, 4. Desarrollo de la propuesta, 5. Implementación, 6. Resultados, 7. Conclusiones, Fuentes de información

RESUMEN

Mediante el método de estudio de caso aplicado en una universidad autónoma estatal mexicana situada en un parque industrial con una alta concentración de actividades manufactureras, se describe una propuesta tecnológica para un sistema logístico de entradas y salidas del alumnado. El artículo adopta un enfoque de calidad combinando la aplicación práctica mediante herramientas de mejora continua con el objetivo de proponer un nuevo flujo con base en el uso de herramientas tecnológicas. La metodología incluyó el diagnóstico de vulnerabilidades con herramientas de calidad, selección de *hardware*, generación estandarizada de identificaciones y capacitación del personal de seguridad,

ABSTRACT

Using a case study method applied to a Mexican state autonomous university located in an industrial park with a high concentration of manufacturing activities, a technological proposal for a student inbound and outbound logistics system is described. The article adopts a quality approach, combining practical application with continuous improvement tools with the goal of proposing a new workflow based on the use of technological tools. The methodology included vulnerability assessment using quality tools, hardware selection, standardized ID generation, and security personnel training, ensuring compliance with management principles aimed at reducing time. This proposal

1 Alumna egresada de la licenciatura en Ingeniería Industrial por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sus intereses académicos se enfocan en la gestión de la calidad, la optimización de procesos productivos y la implementación de sistemas tecnológicos para la mejora.

2 Miembro del SNII, es doctor en Logística y Dirección de Cadena de Suministro. Ha colaborado en Coca Cola FEMSA y cuenta con certificaciones internacionales en logística, cadena de suministro y gestión de proyectos por APICS y PMI.

3 Profesora-investigadora en la UAEH, es doctora en ciencias en ingeniería industrial y miembro del SNII. Sus áreas de interés son: cadena de suministro y logística y cadena de valor agroalimentaria. Ha publicado en revistas indexadas y participado en congresos nacionales e internacionales.

4 Ingeniero industrial con doctorado en manufactura avanzada; es profesor-investigador en la UAEH. Se ha desempeñado como ingeniero de procesos y optimización de productos en Pisa agropecuaria y CEMEX. Cuenta con publicaciones nacionales e internacionales, incluido un libro sobre simulación con FlexSim.

asegurando la adaptación a los principios de administración orientados a reducir tiempos. Con esta propuesta se logró una mejora en la logística de entradas y salidas, alcanzando una efectividad del 90% sobre los usuarios que ingresan, reduciendo significativamente los tiempos de espera en los filtros de seguridad y la eliminación de inconsistencias derivadas de la intervención humana dentro de un ambiente universitario, agregando además reportes estadísticos para su posterior análisis. La principal contribución de este trabajo está en la integración de herramientas de calidad, tecnología accesible y capacitación operativa para lograr una mejora logística.

PALABRAS CLAVE: Control de acceso, código de barras, seguridad escolar, trazabilidad, automatización.

achieved an improvement in inbound and outbound logistics, achieving a 90% effectiveness rate for incoming users, significantly reducing wait times at security checkpoints, and eliminating inconsistencies resulting from human intervention within a university environment. It also included statistical reports for subsequent analysis. The main contribution of this work lies in the integration of quality tools, accessible technology, and operational training to achieve logistics improvement.

KEYWORDS: Access control, barcode, school security, traceability, automatization.

1. Introducción

A partir del desarrollo de las ciudades modernas, especialmente en contextos marcados por crecimientos poblacionales, se han desarrollado diversas estrategias para controlar el acceso a espacios e instalaciones públicas, motivadas principalmente por la percepción de riesgo en entornos urbanos. Aunque se han implementado distintas estrategias para gestionar este acceso, se ha concluido que las soluciones tecnológicas son las más eficientes. En particular, la logística asume un rol esencial en diversos ámbitos de la sociedad, impactando directamente en la eficiencia, efectividad y calidad de

los servicios prestados, así como en la seguridad y bienestar de la población. Su relevancia se extiende a sectores como el militar, el comercial, el sanitario, el educativo y el social, evidenciando sus múltiples aplicaciones y contribuciones (Milenkov et al., 2019). En el ámbito empresarial, la logística es vital para mejorar la interconectividad entre los diferentes sectores productivos y de distribución, facilitando un flujo continuo de bienes y servicios (Farias y Rosa, 2022). Los procesos logísticos abarcan la coordinación de diversas funciones como el almacenamiento, el transporte, la gestión de inventarios y la distribución han demostrado ser una herramienta poderosa

para reducir costos operativos y aumentar la eficiencia en la cadena de suministro. Las organizaciones que implementan sistemas logísticos integrados son capaces de optimizar recursos, reducir tiempos de entrega y responder con mayor agilidad a las fluctuaciones del mercado, lo que las hace más competitivas (Veličković et al., 2022).

Particularmente, la logística en el ámbito educativo engloba una serie de actividades encaminadas a optimizar la entrega de recursos y servicios a la comunidad estudiantil, esto implica la integración de diversos componentes de seguridad para potenciar la eficiencia y efectividad de las instituciones educativas.

Los aspectos clave de la logística en la educación incluyen la organización de la capacitación, la gestión de recursos y la aplicación de tecnología para agilizar los procesos (Litvinova et al., 2022). Los sistemas educativos pueden entenderse como redes logísticas que incluyen componentes interrelacionados, como flujos de recursos, información y servicios, todos fundamentales para optimizar sus operaciones y mejorar la comunicación entre los diferentes actores del proceso educativo, los cuales incluyen a los académicos, estudiantado y personal administrativo (Litvinova et al., 2022). De acuerdo con Sáez (2017), la implementación de principios logísticos en los sistemas educativos implica una organización y gestión más efectiva de los procesos, especialmente en el ámbito de la educación superior y la formación profesional.

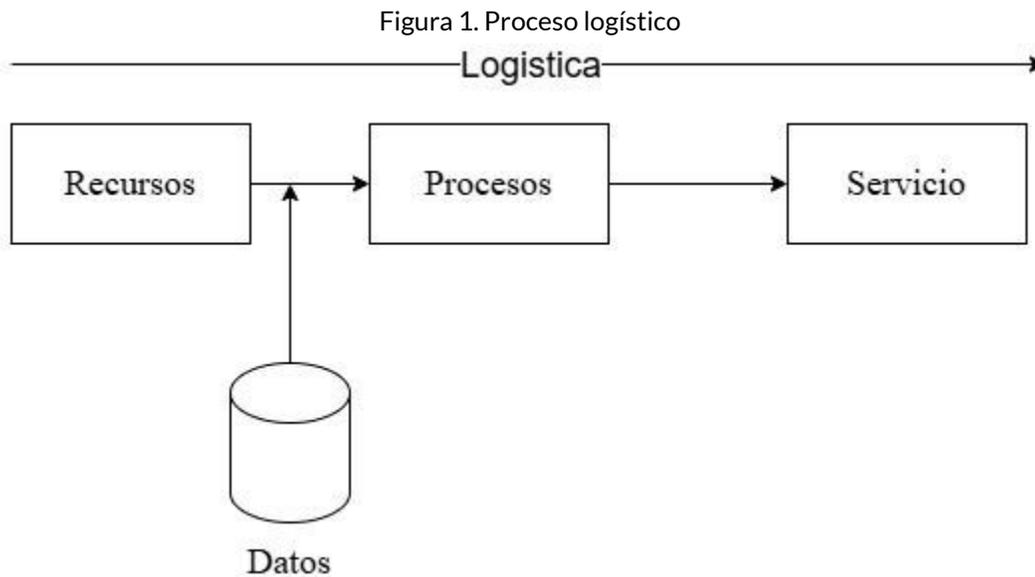
De acuerdo a Vrielink *et al.* (2018), la logística en el entorno educativo abarca

la planificación detallada y el control de múltiples actividades relacionadas con la enseñanza, la organización de los horarios y calendarios académicos. Además, en este mismo ámbito, la administración de las instalaciones y recursos físicos, la asignación y gestión del personal docente y administrativo, el seguimiento y evaluación del rendimiento académico, el desarrollo y actualización de los programas de estudio, así como la implementación y administración de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son relevantes para la administración en el entorno escolar (Álvarez-Sández et al., 2023).

Una adecuada logística en entornos como la educación contribuye a mejorar la calidad del servicio, reduciendo costos, aumentando la satisfacción de los usuarios y adaptando las instituciones a las demandas actuales, como la educación a distancia y el aprendizaje basado en competencias (Vasilev et al., 2024).

La figura 1 muestra de manera esquemática el sistema que incluye la logística desde un entorno escolar.

Específicamente, la seguridad logística en el ámbito escolar es un aspecto complejo que involucra una amplia gama de estrategias dirigidas a salvaguardar al personal educativo. Para lograr una seguridad efectiva, es fundamental implementar acciones preventivas que anticipen riesgos potenciales y reduzcan las vulnerabilidades en los entornos escolares. Esto incluye desde la planificación detallada de procedimientos de seguridad hasta el uso de herramientas tecnológicas avanzadas



Fuente: Hao et al., (2016).

para monitorear instalaciones y gestionar situaciones de riesgo. Además, se fomenta la adopción de enfoques basados en la prevención de delito situacional, que busca modificar el entorno para minimizar las oportunidades de conductas delictivas (Timm, 2021).

Según Mengelberg (2011), un control de acceso es un mecanismo o sistema diseñado para regular, supervisar o restringir acciones y accesos en un entorno específico. En el ámbito escolar, estos sistemas aseguran que solo las personas autorizadas ingresen a áreas restringidas, previniendo incidentes y protegiendo a los estudiantes de posibles amenazas. Incorporan tecnologías como cámaras de vigilancia, controles de acceso y alarmas, lo que permite una rápida respuesta ante emergencias y brinda mayor tranquilidad a la comunidad educativa. Un sistema de seguridad no solo previene situaciones peligrosas, sino que también permite la

identificación temprana de amenazas y la implementación de respuestas rápidas. Estos sistemas suelen incluir tecnologías avanzadas, como cámaras de video vigilancia, controles de acceso, alarmas y personal de seguridad capacitado, lo que fortalece el monitoreo continuo y la capacidad de reacción ante emergencias, asimismo, brindan una mayor sensación de tranquilidad a la comunidad educativa, promoviendo un ambiente propicio al aprendizaje (Brisbane, 2024).

Ayala-Hernández y Bauer-Mengelberg (2011) señalan que los controles de acceso como parte de la logística dentro de un entorno escolar permiten monitorear quién entra y sale de un edificio, lo que reduce el riesgo de intrusiones y actos de vandalismo, crean un registro de acceso que ayuda a identificar patrones y responder a incidentes de seguridad y facilita la gestión de permisos, asegurando que solo personas

autorizadas accedan a áreas sensibles, lo que es crucial en entornos como escuelas.

De acuerdo a Mar Cornelio (2019), el control de acceso en las escuelas implica diferentes aspectos entre los que se incluyen: 1) Seguridad, para prevenir el ingreso no autorizado a las instalaciones, protegiendo a estudiantes y personal de posibles amenazas, 2) Integridad de la información, para restringir el acceso a datos sensibles, garantizando que solo personal autorizado pueda consultar información y 3) Mejora del aprendizaje, al asegurar un entorno de aprendizaje más efectivo y seguro. Entre los posibles inconvenientes podría mencionarse la complejidad que existe en el diseño de este tipo de sistemas, que demandan un modelo de datos bien estructurado, lo cual puede resultar complicado de implementar. Además, existe una notable dependencia tecnológica, ya que cualquier fallo técnico podría afectar la seguridad y el control; es posible enfrentar resistencia al cambio, sobre todo de algunos padres o tutores quienes podrían tener dificultades para adaptarse a los nuevos sistemas de automatización (Ayala-Hernández & Bauer-Mengelberg, 2011).

Con base en estos antecedentes y en el marco de las políticas institucionales y lineamientos de seguridad y modernización administrativas establecidos por la universidad objeto de estudio, y alineadas con las medidas de protección y prevención de incidentes planteadas por organismos como la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (Romero, 2023) el objetivo de esta implementación

es realizar una propuesta práctica mediante un caso de estudio (método de causa raíz) donde se analiza un sistema de control de entrada y salida de alumnos utilizando un enfoque de calidad e implementado una solución tecnológica que optimice el registro y el control de acceso, garantizando la seguridad y eficiencia del proceso, minimizando tiempos de espera y errores.

2. Revisión de la literatura

Según Moisés (2005), un sistema de control de acceso permite gestionar quién entra y quién sale de determinados espacios mediante métodos como la identificación biométrica, códigos de barras; este fue seleccionado por su rapidez y eficiencia, superando las limitaciones de sistemas anteriores que presentaban demoras y problemas en la actualización de datos. Chew (2004) señala que es crucial supervisar y documentar el flujo de personas en los entornos escolares para reducir el riesgo de secuestro de estudiantes y reforzar la seguridad en la institución.

El sistema de control de acceso facilita la gestión de las autorizaciones de salida de los estudiantes, asegurando que solo aquellos con permiso puedan abandonar el recinto escolar. Este sistema también enfrenta desafíos en el diseño de un modelo de datos eficiente, fundamental para el registro preciso y seguro de entradas y salidas (Ayala, 2011). De igual manera, la gestión de visitas en instituciones educativas resulta esencial para asegurar un control de acceso efectivo y proteger la seguridad del entorno. A medida que crece la necesidad de una administración

más eficiente de los vigilantes, se vuelve prioritario implementar un sistema que facilite la organización y el registro de sus entradas y salidas. Este enfoque abarca la fundamentación teórica, las herramientas de desarrollo y las principales características del sistema propuesto, con el propósito de optimizar el control de acceso en la universidad, brindando una mejor experiencia tanto a los visitantes como al personal administrativo (Rodríguez, 2009).

De acuerdo a Echeverría (2018), la falta de un sistema adecuado ha dado lugar a problemas de seguridad, como el acceso de personas ajenas y la dificultad para supervisar a los estudiantes, por lo que sugiere medidas como la designación de un vigilante y la creación de un horario estructurado de entrada y salida, con el fin de promover un entorno seguro y disciplinado. Estas acciones también buscan fortalecer la relación entre estudiantes, docentes y padres de familia, subrayando la importancia de la colaboración de toda la comunidad educativa para lograr un cambio positivo en la cultura institucional. En cuanto a las tecnologías para el control de acceso, existen diferentes; una de ellas son los códigos de barras, los cuales consisten en patrones de líneas y espacios que contienen información que puede ser leída por un escáner, facilitando una identificación rápida y precisa.

Además, los códigos de barras representan una opción económica y fácilmente escalable para instituciones con grandes flujos de personas. Su implementación permite mantener registros precisos y facilitar auditorías, aumentando el control y la seguridad sin impactar significativamente

el presupuesto de la institución. El funcionamiento de los códigos de barras es determinístico e inalterable, lo que asegura que el proceso de verificación sea ágil y sin demoras en la consulta de datos. Además, los códigos de barras pueden vincularse fácilmente a otros sistemas de control, optimizando la eficacia del acceso y permitiendo un seguimiento eficiente.

Su integración con base de datos centralizada también permite almacenar historiales de acceso, lo que contribuye a la seguridad (Lucia, 2005). Otras tecnologías como la cadena en bloques (Blockchain) actúa fundamentalmente como una base de datos distribuida, cuya administración depende de los propios usuarios que la integran (Maynés Moreno, 2018). En el ámbito industrial, blockchain es ampliamente utilizada en la gestión de la cadena de suministros, ya que permite optimizar la transferencia y la trazabilidad de los productos en cada etapa del proceso (Abeyratne et al., 2016).

En ambientes empresariales, esta tecnología contribuye a fortalecer las medidas contra la falsificación de productos, garantizando la autenticidad de los componentes a través de registros seguros (Kennedy et al., 2017). Enfoques como la adopción de tecnologías de identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) en los procesos logísticos de la industria 4.0 facilitan la identificación de materiales de manera más rápida y precisa, superando los métodos convencionales como el albarán en papel y los códigos de barras. Este avance en digitalización contribuye a una trazabilidad más detallada, disminuye los costos operativos y optimiza

el desempeño de la cadena de valor. Además, la tecnología RFID permite una mayor flexibilidad en la planificación y ejecución logística, ajustándose a los principios de la industria 4.0 y facilitando la integración con otros sistemas de automatización y análisis de datos en tiempo real (Sancho, 2017).

La tabla 1 describe propuestas de sistemas y herramientas para la logística en entornos

relacionados con la administración de ambientes educativos en el que participan diferentes partes involucradas.

Entre estas propuestas, se incluyen los códigos de respuesta rápida (QR, por sus siglas en inglés), los cuales son fáciles de generar y personalizar, integrándose así con sistemas de monitoreo y análisis en tiempo real para optimizar el flujo y la

Tabla 1. Propuesta de sistemas y herramientas

| Autor | Descripción de la propuesta |
|-------------------------|---|
| Moisés (2005) | Sistema de control de acceso con métodos como biometría y códigos de barras |
| Chew (2004) | Mapeo del flujo de personas en entornos escolares para evitar riesgos y gestionar autorizaciones de salida. |
| Ayala (2011) | Diseño de un modelo de datos para registrar entradas y salidas de forma precisa y segura. |
| Rodríguez (2009) | Propone una gestión eficaz de las visitas y del personal de vigilancia mediante un sistema organizado de control de acceso en universidades. |
| Echeverría (2018) | Designación de vigilantes y horarios estructurados para mejorar la seguridad y fortalecer la cultura institucional. |
| Lucia (2005) | Aplicación de códigos de barras como tecnología económica, escalable y segura para el control de acceso, permitiendo auditorías y trazabilidad. |
| Maynés Moreno (2018) | Blockchain como una base de datos distribuida con aplicación en seguridad y trazabilidad. |
| Abeyratne et al. (2016) | Destacan el uso de blockchain para trazabilidad y optimización de procesos |
| Sancho (2017) | RFID en logística para la trazabilidad |
| González et al. (2002) | Analizan los códigos QR como método de control de acceso y asistencia |
| Buenano et al. (2009) | Implementación de sistemas biométricos para el control de accesos |
| Delgado (2011) | Evalúa la tecnología NFC como método moderno para pagos, control de asistencia y acceso en entornos universitarios. |
| Carignano (2017) | Compara RFID y NFC, destacando sus diferencias en alcance, funcionalidad y aplicaciones específicas. |
| Ordoñez (2020) | Compara Blockchain con bases de datos relacionales destacando ventajas y limitaciones en seguridad |
| Montoya et al. (2010) | Comparan RFID y código de barras, destacando la precisión del RFID y la madurez del código de barras. |

seguridad de las instalaciones (González et al., 2002). Otros métodos para prevenir riesgos en los controles de acceso incluyen los sistemas biométricos los cuales emplean tecnologías automáticas que autentican e identifican a personas mediante rasgos físicos únicos e inalterables, como huellas dactilares, patrones faciales, iris y voz, lo cual incrementa la seguridad en el control de accesos.

Estos sistemas superan las limitaciones de métodos tradicionales, como las credenciales físicas o códigos de identificación, al ser altamente confiables, escalables y adaptables a distintos niveles de seguridad, especialmente en entornos de alta protección, como edificios gubernamentales y centros educativos. Además, los avances en reconocimiento facial y *machine learning* han hecho que esta tecnología sea cada vez más eficiente, rápida y precisa, facilitando un registro detallado de los movimientos de entrada y salida, y permitiendo su integración con otros sistemas de seguridad (Buenano et al., 2009).

La comunicación de campo cercano (NFC, por sus siglas en inglés) es una tecnología inalámbrica de corto alcance, derivada de RFID, que permite el intercambio de datos entre dispositivos a una distancia de hasta 20 centímetros. Aunque inicialmente su adopción fue limitada, el anuncio de Nokia en 2011 de integrar NFC en sus teléfonos inteligentes reavivó el interés en sus múltiples aplicaciones, como pagos móviles, acceso a servicios y control de asistencia. Actualmente, se están investigando tanto su impacto social como su implementación en entornos universitarios, con un enfoque

en su capacidad para mejorar la interacción y la eficiencia en diversas aplicaciones (Delgado, 2011).

Comparando las tecnologías de NFC y RFID se observa que ambas constituyen soluciones de comunicación inalámbrica, aunque difieren significativamente en cuanto a alcance y funcionalidad, lo cual determina su idoneidad para las aplicaciones específicas. RFID se emplea principalmente para la identificación y el seguimiento de objetos a varios metros de distancia, como en el control de inventarios y la logística de mercancías, permitiendo que un lector se comunique con múltiples etiquetas sin necesidad de contacto visual directo. Por su parte, NFC opera a distancias muy cortas, generalmente de unos pocos centímetros, y permite la comunicación bidireccional entre dispositivos, lo cual abre la puerta a aplicaciones interactivas como pagos móviles, intercambio de datos personales y autenticidad de accesos (Carignano, 2017).

A diferencia de las tecnologías comparadas anteriormente, es importante resaltar que *blockchain* proporciona un almacenamiento seguro y descentralizado, asegurando la integridad de los datos y reduciendo el riesgo de filtraciones, en contraste con las bases de datos relacionales que suelen ser centralizadas. No obstante, la base de datos NoSQL, suele destacar en velocidad de inserción y consulta en comparación con *blockchain*, que tiende a ser más lento debido a los procesos de consenso y validación que garantizan su seguridad. Además, *blockchain* facilita la escalabilidad horizontal al incorporar nuevos nodos, mientras que las bases de datos tradicionales

pueden experimentar cuellos de botella en arquitecturas centralizadas, aunque ofrecen una curva de aprendizaje más accesible y son más factibles de adaptar en entornos ya establecidos (Ordóñez, 2020).

El código de barras utiliza una serie de líneas y espacios para capturar datos, mientras que la tecnología RFID emplea ondas de radio para identificar productos de forma automática. Aunque implementar RFID suele ser más costoso, esta tecnología ofrece una mayor precisión en las lecturas, con tasas de éxito entre el 80% y el 99%, superando al código de barras en confiabilidad. Además, RFID permite la actualización de datos en tiempo real y optimiza la trazabilidad de los productos, mientras que el código de barras se considera una tecnología más madura y cuenta con aplicaciones ampliamente documentadas. Tanto el código de barras como RFID son ampliamente conocidos y estandarizados en la administración de la cadena de suministro (Montoya et al., 2010).

3. Metodología

Para esta investigación se realizó un caso de estudio en una universidad pública autónoma, la cual cuenta con una matrícula de estudiantes de los niveles de bachillerato, licenciatura y posgrado. Esta universidad se ubica dentro de un parque industrial, por lo que el tema de seguridad resulta relevante, dadas las circunstancias. En este contexto la metodología consistió en garantizar la seguridad interna y el control de acceso se convirtió en una prioridad fundamental para la administración de la universidad. Utilizando un enfoque de mejora continua

como propuesta de valor, la metodología incluyó las siguientes etapas:

1. Identificación de la problemática, en esta primera etapa se realizó un diagnóstico sobre la seguridad interna. El instrumento utilizado fue un cuestionario dirigido a los responsables de este servicio utilizando los lineamientos propuestos en el Manual de Seguridad para Instituciones de Educación Superior (ANUIES, 2011), se consideró el total de las partes interesadas. Para ello, se empleó la identificación de problemas mediante la herramienta de causa-efecto, la cual permitió analizar y evaluar los puntos críticos de seguridad dentro de la institución, los cuales se clasificaron en personal, medio ambiente, recursos tecnológicos, método y sistema de acceso.
2. Una vez identificada la problemática, se determinó que era necesario realizar ajustes específicos en los sistemas de seguridad de la universidad. Se enfocó en definir las carencias en seguridad y las áreas que requerían intervención directa, como el control de acceso y la vigilancia en puntos estratégicos. Esta etapa incluyó la identificación de elementos clave que deberían mejorarse.
3. Con el procedimiento definido, se evaluaron y compararon distintas tecnologías disponibles en el mercado. El objetivo de esta etapa es identificar soluciones tecnológicas que se ajusten tanto a las necesidades de seguridad específicas de la universidad como a las limitaciones del entorno industrial. Se revisaron alternativas que influyen en

sistemas de acceso avanzado, vigilancia y detección de amenazas.

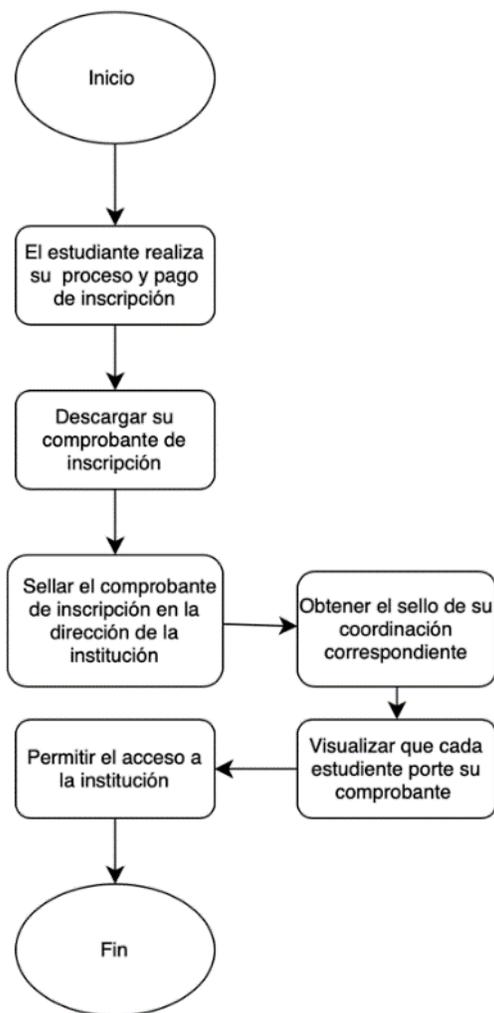
4. Se realiza una propuesta que reúne las soluciones tecnológicas evaluadas, los procedimientos de control y la capacitación del personal. Esta propuesta busca fortalecer la seguridad de la universidad al mejorar el control de acceso, reducir los riesgos potenciales y asegurar un ambiente seguro y adecuado para la comunidad universitaria.
5. Finalmente la implementación de la capacitación del personal después de la elección de la tecnología. Esta etapa fue diseñada para asegurar que el personal de seguridad tuviera el conocimiento necesario para operar de manera eficaz la nueva tecnología a implementar, además de reforzar sus habilidades en la detección y respuesta ante posibles riesgos.

4. Desarrollo

Se inició por implementar un diagrama de flujo con el propósito de aclarar el recorrido de las actividades, destacando las diferentes etapas, los responsables y las interacciones entre ellas. Se emplea frecuentemente para facilitar la comprensión y optimizar la eficiencia de los procedimientos tanto administrativos como operativos (Manene, 2011). El proceso actual de acceso a la institución comienza con un pago de inscripción, generando un comprobante de inscripción que debe contar con los sellos oficiales de la dirección y la coordinación correspondiente (figura 2).

El proceso inicia cuando el personal de seguridad realiza una verificación visual

Figura 2. Proceso actual de credencialización estudiantil



de dicho comprobante y/o credencial institucional del estudiante. Si el estudiante la porta, se le permite el ingreso; de lo contrario, enfrenta la posibilidad de ser retenido para impedir su entrada o, en ocasiones, ser admitido sin una verificación adecuada. Esta revisión manual depende totalmente de la intervención humana. Utilizando un diagrama de causa-efecto se realizó un análisis detallado de este proceso que evidenció ineficiencias (figura 3), como

la variabilidad en el tiempo de verificación y la ausencia de un control riguroso, aspectos críticos desde el punto de vista de la seguridad.

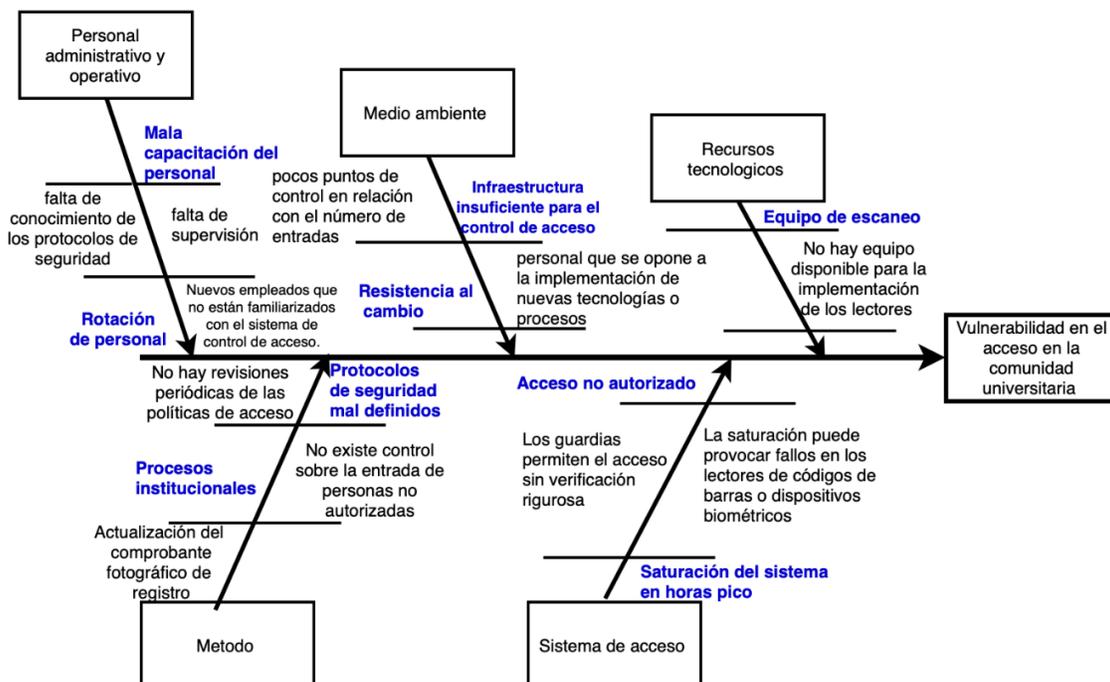
De acuerdo a Lin (2023), un diagrama de causa-efecto, también llamado diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual que se utiliza para identificar y analizar de manera estructurada las posibles causas de un problema particular. Este enfoque resulta especialmente útil en la gestión de calidad y en la resolución de problemas, ya que permite a los equipos clasificar y priorizar las causas para facilitar una toma de decisiones más efectiva.

Entre los principales puntos críticos, se identificaron diversos factores como el personal, los recursos tecnológicos, el sistema de acceso y el método (figura 3). Uno

de los principales elementos identificados fue la alta rotación y deficiente capacitación de personal de seguridad, lo cual limita su capacidad para ejecutar de manera efectiva los procedimientos de acceso. La insuficiente supervisión del desempeño del personal también agrava esta situación, ya que impide detectar y corregir faltas operativas a tiempo.

Además, la resistencia al cambio en la implementación de tecnologías modernas representa otro obstáculo, dificultando la adopción de soluciones que podrían mejorar la eficiencia y precisión del control de acceso. Por último, la ausencia de revisiones periódicas de las políticas de acceso limita la adaptabilidad del sistema ante nuevas necesidades y riesgos. En conjunto, estos factores comprometen la seguridad institucional y ponen de relieve la necesidad

Figura 3. Diagrama de vulnerabilidad en el acceso a la comunidad universitaria



de un enfoque integral que aborde tanto la gestión de personal como la actualización de las herramientas y normativas de control de acceso.

Se analizaron las tecnologías disponibles entre estas QR y código de barras, las cuales fueron opciones para la implementación de este sistema de control de acceso en esta universidad debido a su interfaz y facilidad de implementación con el entorno actual (tabla 2).

Los criterios para la elección de la tecnología de código de barras se realizaron con base en tres dimensiones principales:

Viabilidad económica:

- Se priorizó una tecnología de bajo costo, accesible para instituciones educativas públicas con limitaciones presupuestarias.
- Se valoró el costo de adquisición de equipos, su mantenimiento y la posibilidad de impresión masiva de credenciales sin impactar de manera significativa el presupuesto institucional.

Viabilidad técnica:

- Se evaluó la compatibilidad con la infraestructura existente de la universidad y la facilidad de integración

Tabla 2. Comparación de tecnologías

| Tecnología | Ventajas | Desventajas |
|------------------|--|---|
| Código QR | Capacidad para almacenar más datos que los códigos tradicionales | Requiere un lector o cámara con software compatible |
| | Puede incluir datos como URLs, información en texto, contactos, etc. | Menos seguro en comparación con otras tecnologías |
| | Lectura rápida y desde cualquier orientación | Su diseño puede ser alterado visualmente, afectando la funcionalidad |
| | Económico y fácil de implementar | Vulnerable a falsificaciones si no se combina con mecanismos de seguridad |
| Código de barras | Tecnología ampliamente adoptada y compatible con sistemas existentes | Requiere línea de visión directa para la lectura |
| | Lectores de códigos de barras son accesibles y de bajo costo | Capacidad de almacenamiento limitada |
| | Bajo nivel de complejidad en la implementación | |
| | Muy económico y fácil de imprimir | |

con los sistemas administrativos y operativos.

- Se consideró la durabilidad y resistencia de los dispositivos de lectura; así como la sencillez en su uso y mantenimiento.

Viabilidad operativa y organizacional:

- Se contempló la capacitación del personal de seguridad, asegurando que la curva de aprendizaje fuese corta y de fácil adopción.
- Se valoró la aceptación de la comunidad estudiantil, garantizando un uso amigable y sin barreras tecnológicas.
- Se analizó la escalabilidad de la propuesta, de forma que en el futuro puedan incorporarse tecnologías más avanzadas (QR, RFID o biometría).

Cabe resaltar que el código de barras se caracteriza también por su facilidad de implementación, ya que no requiere conocimientos especializados para su uso ni infraestructura tecnológica compleja (Romero, 2015). Su integración con sistemas existentes de gestión del alumnado es sencilla, permitiendo una rápida adopción sin interrupciones significativas en las operaciones cotidianas de la institución. Asimismo, este sistema garantiza una alta fiabilidad operativa al ofrecer lecturas precisas y rápidas, reduciendo significativamente los tiempos de registro y minimizando los errores en el control de acceso (Sree et al., 2023).

Otro aspecto clave para la elección del código de barras fue su bajo nivel de mantenimiento; los equipos asociados a esta tecnología son resistentes al desgaste y presentan una alta durabilidad, lo que

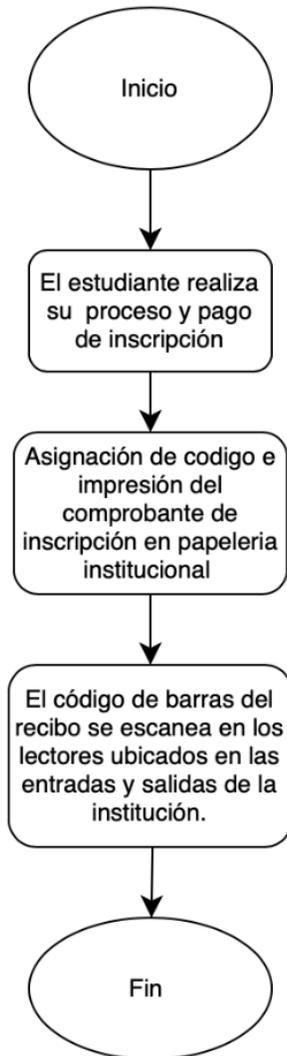
asegura un funcionamiento continuo con costos operativos reducidos. En términos de seguridad, aunque el código de barras no ofrece los niveles avanzados de protección que tecnologías más complejas como *blockchain* proporciona un desempeño suficiente para las necesidades básicas de control de acceso; además, su funcionalidad puede complementarse con protocolos adicionales, como verificaciones visuales, para reforzar su eficacia en la protección del ingreso a la institución.

Por último, su facilidad de uso y aceptación general lo hacen adecuado para un contexto educativo. Tanto los estudiantes como el personal encargado del sistema pueden familiarizarse rápidamente con su funcionamiento, lo que facilita su adopción y asegura una experiencia fluida. En un entorno estudiantil, esta tecnología resulta ideal por su capacidad para manejar grandes volúmenes de usuarios de manera ineficiente y sin generar barreras tecnológicas. Por estas razones, el código de barras se posiciona como la opción más adecuada para satisfacer las necesidades de un control de entradas y salidas en este contexto, pues equilibra de manera efectiva costo, funcionalidad y fiabilidad.

En el proceso propuesto, se introduce la tecnología de escaneo de códigos de barras para automatizar el acceso (figura 4).

El flujo inicia con el estudiante portando un comprobante de inscripción que incluye un código de barras, el cual se escanea al llegar al punto de control. La información es procesada automáticamente, verificando la autenticidad del estudiante y registrando su entrada y salida en su sistema digital.

Figura 4. Proceso propuesto de credencialización estudiantil



Este proceso, basado en la automatización, reduce drásticamente el tiempo de espera y elimina errores humanos, alineados con principios clave de la ingeniería industrial como lo es la optimización de tiempos ciclo, la reducción de desperdicios (esperas y verificaciones manuales) y el control de calidad en los procedimientos operativos.

5. Implementación

La implementación del sistema de control de entradas y salidas mediante la tecnología de código de barras se llevó a cabo en varias etapas que garantizaron su funcionalidad, eficiencia y adecuación a las necesidades de la institución. El proceso inició con la preparación de la infraestructura necesaria para la instalación de los equipos y software especializados, la generación de credenciales personalizadas, y la capacitación del personal encargado de operar el sistema (ilustración 1).

Como primer paso, se diseñaron y generaron las credenciales de los estudiantes, para posteriormente generar los comprobantes de inscripción en los cuales incluían un código de barras único asociado a cada alumno. Este código almacenaba información esencial, como el nombre, matrícula y el programa educativo. La creación de estas credenciales se realizó utilizando un programa proporcionado por el proveedor, asegurando la estandarización y funcionalidad del diseño.

En paralelo, se procedió con la instalación de los dispositivos de lectura de códigos de barras en los puntos estratégicos de acceso a la institución (ilustración 2). Las características del equipo utilizado se describen en la tabla 3. Estos equipos fueron conectados a un sistema centralizado de gestión de datos, diseñado para registrar en tiempo real el ingreso y egreso de los estudiantes.

Este sistema fue configurado para integrarse con la plataforma administrativa existente, facilitando la sincronización de la

Ilustración 1. Comprobantes de inscripción de los estudiantes



Tabla 3. Ficha técnica del equipo

| Especificaciones | Detalles |
|-----------------------------------|---|
| Montaje y conectividad | USB fijo, USB 2.0, UART |
| Tipo de lectura | Código de barras 1D/2D |
| Tecnología de escaneo | CMOS o láser |
| Interfaz de datos | USB HID / serial |
| Marca | YHDAA |
| Modelo | YHD-M300D |
| Características del equipo | Tecnología CMOS de escaneo Velocidad de escaneo: 300 escaneos/segundo Fuente de luz: 620 nm LED Material: ABS + PC |
| Capacidad de lectura (códigos 1D) | UPC-A, UPC-E, EAN-8, EAN-13, Code 128, Code 39, Code 93, Code 11 y más |
| Capacidad de lectura (códigos 2D) | QR, datamatrix |
| Modos de trabajo | Continuo, manual (<i>trigger</i>), autodetección |

base de datos y asegurando la consistencia de la información almacenada. permitieron identificar áreas de mejora, como la optimización en la velocidad de

Ilustración 2. Lectores de códigos de barras



La capacitación del personal de vigilancia fue un componente crucial en esta etapa. Se organizaron sesiones prácticas para garantizar que los encargados comprendieran el funcionamiento de los lectores y los procedimientos de registro en caso de eventualidades, como fallas técnicas o situaciones extraordinarias.

Antes de la puesta en marcha definitiva, se realizaron pruebas piloto con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema bajo condiciones reales. Estas pruebas

lectura de los códigos. Posteriormente, se implementaron revisiones técnicas periódicas del software, para prevenir posibles fallos y garantizar la estabilidad del sistema a largo plazo.

Finalmente, se implementó una estrategia de comunicación para informar a estudiantes y personal sobre el funcionamiento del sistema, promoviendo el uso correcto de las credenciales y destacando su importancia para mejorar la seguridad y control. En conjunto, el

sistema de control de entradas y salidas basado en código de barras demostró ser una solución eficiente, económica y funcional, optimizando los procesos de registro y adaptándose a las necesidades de la institución.

6. Resultados

La implementación del sistema de control de acceso permite registrar de manera automatizada la entrada de los estudiantes a la institución. Durante el periodo de prueba con una duración de un mes, se recolectaron datos del sistema de registro que reflejan el número de accesos por programa educativo, lo cual permite la adopción del sistema por parte del alumnado.

La cantidad de estudiantes que utilizaron el sistema para registrar su entrada fue de 1,060 accesos sobre una matrícula de

1,135 estudiantes (registros promedios diarios durante un mes), lo que representa un 93.39% de cobertura. Los resultados y las mejoras obtenidas se muestran en la tabla 4.

Los resultados reflejan una implementación exitosa del sistema, con una participación superior al 90% de toda la población de estudiantes, reduciendo en un 75% los tiempos de espera y en un 80% los errores humanos. Lo anterior evidencia no solo la funcionalidad técnica del sistema, sino también una buena aceptación por parte de la comunidad estudiantil.

7. Conclusiones

En la actualidad, la seguridad y el control dentro de las instituciones educativas son aspectos fundamentales para garantizar un entorno académico adecuado y protegido. La implementación de un sistema de

Tabla 4. Resultados e indicadores

| Indicador | Antes (control manual) | Después (sistema con código de barras) | Mejora obtenida |
|----------------------------------|--|---|--|
| Cobertura de accesos registrados | ~80% (verificación visual no siempre aplicada) | 93,39% (1.060 de 1.135 estudiantes) | +13,39% |
| Tiempo promedio por registro | 8-10 segundos por estudiante | 2 segundos por estudiante | -75% en tiempos de espera |
| Tasa de error en validación | ~5% (1 de cada 20 accesos con inconsistencias) | <1% (principalmente por credencialización tardía) | -80% en errores humanos |
| Consistencia de datos | No había trazabilidad confiable | Registro digital en tiempo real centralizado | Mejora total en control y trazabilidad |

control de acceso basado en código de barras permitirá gestionar de manera más efectiva la entrada y salida de los alumnos. Esto contribuirá a aumentar la seguridad de la institución al restringir el acceso, permitiendo solo la entrada de estudiantes y personal autorizado, minimizando la posibilidad de intrusiones y potenciales situaciones de riesgos.

Este nuevo sistema facilitará la gestión de flujos de personas, evitando cuellos de botella y mejorando la experiencia de entrada y salidas para los estudiantes. Al contar con un procesos automatizado y ágil, se reducirán los tiempos de espera; lo que mejorará la eficiencia operativa de la institución, esto ayudará a identificar patrones de comportamiento (entradas y salidas del alumnado), ajustar la vigilancia y optimizar recursos; lo que a su vez fortalecerá la seguridad. En un entorno cada vez más digitalizado, la adopción de tecnologías avanzadas es crucial para la gestión eficiente de las instituciones educativas. Este proyecto cumple también con las estrategias de atención señaladas en el *Manual de seguridad ANUIES*, mejorando la percepción ante los estudiantes, padres y la comunidad en general. Entre estas se incluyen: sistema de credencialización, bitácora de visitantes y el sistema de control de acceso y salidas.

Al aumentar la seguridad y optimizar el control de acceso, no solo se beneficia a los estudiantes y al personal, sino que también promueve un ambiente más seguro y adecuado para el aprendizaje, contribuyendo de manera significativa al desarrollo integral en la seguridad de los alumnos. En esencia, la justificación del

proyecto se fundamenta en la necesidad de mejorar la seguridad, optimizar procesos a través de la aplicación de tecnología; lo que asegura un entorno educativo más eficiente y confiable.

Fuentes de información

- Abeyratne, S. A., & Monfared, R. P. (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(9), 1-10. <https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0509001>
- Alba Ordóñez, R. (2020). *Comparación de rendimiento entre bases de datos relacionales, NoSQL y Blockchain. Comparación de rendimiento entre MySQL, Cassandra y Ethereum* [Tesis de licenciatura]. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/19415>
- Álvarez-Sández, D., Velázquez-Victorica, K., Mungaray-Moctezuma, A., & López-Guerrero, A. (2023). Administrative processes efficiency measurement in higher education institutions: A scoping review. *Education Sciences*, 13(9), 855. <https://doi.org/10.3390/educsci13090855>
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (2011). *Manual de seguridad para instituciones de educación superior: Estrategias para la prevención y atención* (Garnica Sosa, A.). <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/manual-de-seguridad-anuies>
- Ayala-Hernández, C. C., & Bauer-Mengelberg, J. R. (2011). Un sistema de control de salidas de alumnos de escuelas (TACS). *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 12(1), 63-71.
- Buenano, G., Clavijo, S., Flores, H., & Galio, G. (2009). *Desarrollo de un sistema biométrico de control de acceso de entrada y salida vehicular*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/8379>
- Carignano, M. F. (2017). *NFC (Near Field Communication)* [Tesis]. <https://rdu.iaa.edu.ar/handle/123456789/462>
- Chang-Yun, L. (2023). Cause-and-effect diagram-based supersaturated designs. *Quality Engineering*. <https://doi.org/10.1080/08982112.2023.2269437>
- Delgado, M. V. B., Mariño, P. P., & García, A. D. G. (2011). *La tecnología NFC y sus aplicaciones en un entorno universitario*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/2494>
- Echeverría, V. R. G. (2018). *Eficiencia en el control de entradas y salidas de los y las estudiantes para un mejor orden disciplinario del Instituto de Educación Básica* [Tesis]. https://glifos.upana.edu.gt/library/images/5/57/TESIS_DE_VICTOR_RODOLFO_GUZMAN.pdf
- Eli, C. L. R., Lucia, J. O., & Moisés, R. P. (2005). *Control de acceso y seguridad por código de barras*.
- Espinal, A. C., López, C. E. A., & Montoya, R. A. G. (2010). Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0123592310701261>
- González, I. J. Z., Ramos, A. R., Méndez, L. Z., & otros. (2022). *Sistema de control de acceso mediante código QR*. <https://renia.cujae.edu.cu/index.php/renia/article/view/41>

- Johnson, S. (2024). Enhancing school security system using RFID: A comprehensive approach. *International Scientific Journal of Engineering and Management*, 3(3), 1–9. <https://doi.org/10.55041/isjem01380>
- Kennedy, Z. C., Stephenson, D. E., Christ, J. F., Pope, T. R., Arey, B. W., Barrett, C. A., & Warner, M. G. (2017). Enhanced anti-counterfeiting measures for additive manufacturing: Coupling lanthanide nanomaterial chemical signatures with blockchain technology. *Journal of Materials Chemistry C*, 5(37), 9570–9578.
- Manene, L. M. (2011). Los diagramas de flujo: Su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones. Recopilado el 22, 09–18.
- Mar Cornelio, O. (2019). *Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de Ingeniería de Control II en un sistema de laboratorios remoto* [Tesis].
- Marjan, A., Milenkov, V., Sokolović, V., Milovanović, M. D., & Milić. (2019). *Logistics: Its role, significance and approaches*. *Vojnotehnički Glasnik*. <https://doi.org/10.5937/VOJTEHG68-24805>
- Maryna, L., Oleg, D., & Shtanko, O. D. (2022). *Application of logistic concept for the organization of small academic groups training in higher education institutions*. *Naukovij Visnik Nacional'nogo Gırničogo Unıversitetu*. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-2/174>
- Mastica, D. K. M. (2004). *Un método y sistema para monitorear el movimiento de personas*. <https://www.freepatentsonline.com/y2006/0055512.html>
- Maynés Moreno, G. (2018). *Blockchain: Pasado, presente y futuro* [Tesis de licenciatura]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Paul, T. (2021). *School security: How to build and strengthen a school safety program*.
- Quintero, J. E. P., & Suárez, J. D. L. (2023). *Implementación de un sistema de control de entrada y salida de estudiantes basado en el reconocimiento de datos biométricos en las escuelas públicas*. <https://bonga.unisimon.edu.co/items/dc1cca2d-e740-4535-a889-300587badbbf>
- Rodríguez, E. G. (2009). *Módulo de visitas para el sistema de control de acceso*. https://repositorio.uci.cu/bitstream/ident/TD_1915_09/1/TD_1915_09.pdf
- Roa, C. E. G., & Mojica, S. M. *Control de acceso con verificación de identidad por medio de código de barras*.
- Romero, I. T. (2015). *Códigos de barras*. <https://core.ac.uk/download/pdf/48395601.pdf>
- Romero, X. G. R. (2023). Corredor de seguridad: Una alternativa de prevención en entornos escolares de educación superior en México. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, 14(42), 132–150.
- Rudy, A., Oude, V., Nijhuis-Boer, C., van Horne, E. W., Hans, J., & van Hillegersberg, H. (2018). *A framework for planning and control of the education organization* (pp. 234–245). https://doi.org/10.1007/978-3-319-92363-5_22
- Sancho, J. S. (2017). *Industria 4.0: Aplicación de tecnologías RFID para*

la mejora de procesos logísticos.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/13400>

- Sree, H. S., Muthamizhvalavan, K., Gummaraju, N., & S., P. (2023). *Sistema de asistencia basado en códigos de barras* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1109/GCITC60406.2023.10426394>
- Vasilev, Y., Vasileva, P., Batova, O., & Tsvetkova, A. (2024). Assessment of factors influencing educational effectiveness in higher educational institutions. *Sustainability*, 16(12), 4886.
- Veličković, M. S., Stojanović, Đ. M., & Nikoličić, S. S. (2022). Freight forwarding as a scientific discipline at higher education institutions of the Republic of Serbia. *Tehnika*, 77(4), 469–475.
- Vinicius, P. F., Adriano, C. M., & Rosa, M. (2022). Logística: La importancia de integración entre sectores y la valorización del profesional. *Brazilian Journal of Development*. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-411>