

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE ESCRITORIO PARA LA
VERIFICACIÓN AUTOMATIZADA DEL DESPACHO DE BULTOS DE CEMENTO, TUBERÍA
SANITARIA Y PRESIÓN MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA FERRETERÍA DURÁN,
APULO 2026

MIGUEL ANGEL GONZALEZ POSADA
SAMUEL ESTEBAN VILLALBA DURAN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2026

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE ESCRITORIO PARA LA
VERIFICACIÓN AUTOMATIZADA DEL DESPACHO DE BULTOS DE CEMENTO, TUBERÍA
SANITARIA Y PRESION MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA FERRETERÍA DURÁN,
APULO 2026

MIGUEL ANGEL GONZALEZ POSADA
SAMUEL ESTEBAN VILLALBA DURAN

miguel-gonzalez@upc.edu.co

samuel-villalba@upc.edu.co

Trabajo de grado presentada como opción de grado para optar el título de Ingeniero de
Sistemas

Docente
LUDWIG IVAN TRUJILLO HERNANDEZ
Ingeniero de Sistemas
Especialista en Gerencia en administración financiera
Magister en Educación
ludwin-Trujillo@unipiloto.edu.co

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2026

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 24 de julio de 2026

DEDICATORIA

Miguel Ángel Gonzalez Posada

Dedico este proyecto de grado a Dios, por permitirme llegar hasta aquí, por darme las fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles y por poner en mi camino a las personas indicadas para acompañarme en este proceso. A mi madre, María de Jesús Posada Junco, por su amor, su entrega y por nunca dejar de creer en mí, su apoyo ha sido mi mayor motivación para no rendirme. A mi padre, Javier González Pulido, por su respaldo constante, por enseñarme con su ejemplo que las metas se alcanzan con esfuerzo y dedicación. A mi hermana, María Alejandra González Posada, por su compañía, por estar presente en cada momento importante de esta etapa. A los tres, gracias por ser mi apoyo, mi fortaleza y mi razón para dar lo mejor de mí. Este logro es tan mío como de ustedes, porque sin su acompañamiento incondicional, nada de esto hubiera sido posible.

Samuel Esteban Villalba Duran

Dedico este logro académico, fruto de mi esfuerzo personal y laboral, a las figuras que han sostenido mi realidad durante este proceso de formación profesional.

A mi madre, Yamile Alejandra Duran Ramírez, por ser la fuente de los consejos más acertados y la visión crítica que me permitió mantener el rumbo en los momentos de mayor duda. Agradezco profundamente su fe en mis capacidades y su valioso apoyo, el cual fue el complemento fundamental para mi propio trabajo.

A mi tía, Marisol Duran Ramírez, por su compañía constante y su entendimiento incondicional. Su capacidad de escucha y su empatía fueron el refugio indispensable para equilibrar la carga de este proyecto.

Y a mi abuelo, Saul Duran, por transmitirme a través de su ejemplo cotidiano que la integridad y el valor de la palabra dada son los activos más importantes de un hombre. Su coherencia y los principios que ha defendido a lo largo de su vida son el marco bajo el cual decido proyectar mi futuro profesional.

Mi gratitud hacia ellos por haber propiciado el entorno de respeto y paciencia que hoy me permite cerrar este ciclo y comenzar mi trayectoria profesional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ludwig Ivan Trujillo Hernandez, Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia en Administración Financiera y Magíster en Educación, docente de la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena, por su acompañamiento, orientación y dedicación durante el desarrollo del presente proyecto de grado. Su disposición permanente, sus observaciones precisas y su compromiso con la formación académica fueron fundamentales para la consolidación de esta propuesta investigativa.

A la Universidad Piloto de Colombia Seccional del Alto Magdalena, por brindar el espacio académico y los recursos necesarios para el desarrollo de la formación profesional en el programa de Ingeniería de Sistemas.

A la Ferretería Durán, ubicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca, por permitir el acceso a sus instalaciones y procesos operativos, facilitando la recolección de información necesaria para el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. TITULO.....	16
1.1. TEMA	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2.1. OBSERVACIÓN DE DATOS Y HECHOS	17
2.2. HALLAZGO DEL PROBLEMA.....	18
2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
3. OBJETIVOS	21
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3.3. OBJETIVOS DEL SISTEMA.....	21
4. JUSTIFICACIÓN.....	22
4.1. JUSTIFICACIÓN GENERAL	22
4.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	23
4.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA	24
5. ALCANCES Y LIMITES	25
5.1. ALCANCE PRESENTE:	25
5.2. ALCANCE FUTURO.....	25
5.3. LIMITACIONES	26
6. MARCO REFERENCIAL	27
6.1. ANTECEDENTES	27
6.2. MARCO TEÓRICO	28
6.3. MARCO CONCEPTUAL.....	31
6.4. MARCO LEGAL.....	35
6.5. MARCO INSTITUCIONAL.....	37
6.6. MARCO GEOGRÁFICO	38
6.7. MARCO DEMOGRÁFICO.	39
7. HIPÓTESIS	40
7.1 Hipótesis de trabajo	40
7.2 Variable independiente.....	40
7.3 Variables dependientes.....	40
8 DISEÑO METODOLÓGICO	41

8.1	ÁREA DE INVESTIGACIÓN:	41
8.2	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	41
8.3	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:	41
8.3.1	Tipo de investigación.	41
8.3.2	Enfoque de la investigación.	42
8.3.3	Carácter de la investigación	42
8.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	43
8.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	43
8.6	ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
9	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE	57
9.1	FASES DE DISEÑO DE SISTEMA	57
10	ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL	67
10.1	PROCESO GENERAL DEL SISTEMA	67
10.2	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL	69
10.3	DEFINICIÓN DE CASOS DE USO	70
10.4	DEFINICIÓN DIAGRAMA CONTEXTUAL	74
10.4.1	Descripción del sistema actual.	74
10.4.2	Identificación de las entidades externas	74
10.4.3	Flujos de información de entrada	75
10.4.5	Representación gráfica del diagrama contextual	75
11	REQUERIMIENTOS	77
11.1	DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS	77
11.2	Clasificación general de los requerimientos	77
11.3	Historias de usuario (equivalentes a requerimientos funcionales)	77
11.4	Requerimientos no funcionales	79
11.5	Requerimientos técnicos	79
11.6	Requerimientos de reportes	80
11.7	Requerimientos de seguridad	81
12	DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA PROPUESTO	83
12.1	ARQUITECTURA DEL APLICATIVO	83
12.1.1	Tipo de arquitectura seleccionada	83
12.1.2	Descripción general de la arquitectura	83
12.1.3	Componentes de la arquitectura	83
12.1.4	Diagrama de arquitectura	84
12.1.5	Justificación de la arquitectura propuesta	85

12.2	DICCIONARIO DE DATOS.....	85
12.3	MODELO CONCEPTUAL (ENTIDAD–RELACIÓN)	87
12.3.1	Descripción general del modelo	87
12.3.2	Identificación de entidades	88
12.3.3	Identificación de atributos.....	89
12.3.4	Identificación de relaciones	89
12.3.5	Diagrama gráfico ER	91
12.4	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	92
12.4.1.	Descripción general del propósito.....	92
12.4.2.	Identificación de actores	92
12.4.3.	Identificación de casos de uso.....	93
12.4.4.	Relaciones entre actores y casos de uso	100
12.4.5.	Diagrama gráfico	101
12.5	DIAGRAMAS DE CLASE.....	102
12.5.1.	Descripción general del diagrama	102
12.5.2.	Identificación de clases principales.....	102
12.5.3.	Relaciones entre clases.....	103
12.5.4.	Diagrama gráfico de clases	105
12.5.5.	Explicación de relaciones y decisiones de diseño	106
12.6	DIAGRAMAS DE COLABORACIÓN	106
12.6.1.	Descripción general del propósito.....	106
12.6.2.	Selección de un caso de uso representativo	107
12.6.3.	Identificación de los objetos involucrados.....	107
12.6.4.	Mensajes intercambiados entre objetos	108
12.6.5.	Diagrama gráfico de colaboración	110
12.6.6.	Explicación de la interacción.....	110
13.	ANÁLISIS DE RIESGOS.....	112
13.1	IDENTIFICACIÓN DE FACTORES.....	113
A.	Factor Humano	113
B.	Factor Técnico/Tecnológico.....	113
C.	Factor Económico.....	113
13.2	EVALUACIÓN DE RIESGOS POR FACTORES	113
13.3	GRÁFICA DE MATRIZ DE RIESGOS	114
13.4	CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	115
14	ANÁLISIS DEL PROYECTO	117
14.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	117

14.2.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	120
14.2.2	FACTIBILIDAD LEGAL Y ÉTICA	117
14.2.3	FACTIBILIDAD ECONÓMICA (PRESUPUESTO)	118
A)	Recursos Humanos (Costos de Personal)	118
B)	Materiales (Hardware y Software)	119
C)	Recursos Institucionales y Financieros	119
	Conclusión económica:	120
14.2.4	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (DIAGRAMA DE GANTT)	121
15	PRUEBAS	123
16	RECOMENDACIONES	124
16.1	RECOMENDACIONES TÉCNICAS	124
16.2	RECOMENDACIONES OPERATIVAS	126
16.3	RECOMENDACIONES ORGANIZACIONALES.....	127
16.4	RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	129
16.5	RECOMENDACIONES DE ESCALABILIDAD.....	131
17	CONCLUSIONES	132
18	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
	ANEXOS.....	139

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Entrevista semiestructurada	44
Tabla 2. Respuestas de entrevista persona 1	47
Tabla 3. Respuestas de entrevista persona 2	48
Tabla 4. Respuestas de entrevista persona 3	49
Tabla 5. Respuestas de entrevista persona 4	50
Tabla 6. Respuestas de entrevista persona 5	51
Tabla 7. Estructura modular del sistema	59
Tabla 8. Autenticación y gestión base del sistema	61
Tabla 9. Procesamiento de facturas y carga de video	62
Tabla 10. Visión artificial, comparación y auditoría	62
Tabla 11. Historial, reportes, panel de control y despliegue	63
Tabla 12. Proceso de despliegue del release final	66
Tabla 13. Usuarios.....	86
Tabla 14. Caso de uso: Cargar factura pdf.....	93
Tabla 15. Caso de uso: Ejecutar verificación de materiales	94
Tabla 16. Caso de uso: Comparar despacho vs. factura	95
Tabla 17. Caso de uso: Consultar historia de verificaciones	96
Tabla 18. Caso de uso: Generar reportes logísticos.....	97
Tabla 19. Caso de uso: Gestionar usuarios.....	98
Tabla 20. Caso de uso: Cifrar datos sensibles	98
Tabla 21. Caso de uso: Realizar backup local.....	99
Tabla 22. Nivel de riesgos	112
Tabla 23. Evaluación de riesgos por factores	114
Tabla 24. Recursos humanos (Costos de personal).....	118
Tabla 25. Materiales (Hardware y Software)	119
Tabla 26. Recursos institucionales y financieros	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Apulo, Cundinamarca	38
Figura 2. Diagrama del diseño del sistema	60
Figura 3. Diagrama contextual del sistema actual	76
Figura 4. Estructura de Arquitectura Modular de LogiCheckb	84
Figura 5. Diagrama gráfico ER.....	91
Figura 6. Diagrama gráfico de caso de uso	101
Figura 7. Diagrama gráfico de clases	105
Figura 8. Diagrama gráfico de colaboración	110
Figura 9. Gráfica de matriz de riesgos	115

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Fichas de historias de usuario	139
Anexo B. Diccionario de datos	139
Anexo C. Cronograma de actividades (Diagrama de gantt).....	139
Anexo D. Pruebas	139

RESUMEN

La transformación digital de los procesos empresariales ha generado la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas que permitan mejorar la precisión, eficiencia y control de las operaciones logísticas. En este contexto, el presente proyecto surge a partir del análisis de los procesos de despacho de materiales en la Ferretería Durán, ubicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca, donde se evidencian limitaciones asociadas al conteo manual de productos, la verificación de los despachos y la validación de la información contenida en las facturas. Estas actividades, al depender de la intervención humana, pueden generar inconsistencias entre los materiales registrados y los realmente entregados, afectando la confiabilidad de la información, la trazabilidad de los procesos y el control operativo de la organización.

A partir de esta problemática, se plantea el desarrollo de una solución tecnológica orientada a apoyar el proceso de verificación de despachos mediante herramientas de visión artificial, delimitada a tres categorías de productos de alto volumen e impacto logístico: bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio que permita la visualización, detección y conteo automático de estos materiales durante el proceso de carga, así como la comparación de esta información con los datos provenientes de las facturas electrónicas. Esta propuesta se fundamenta en la integración de tecnologías de procesamiento de imágenes, almacenamiento de datos y automatización de procesos, con el fin de reducir los errores asociados a la supervisión manual y mejorar la eficiencia en la operación logística.

Desde el punto de vista teórico y práctico, el trabajo se apoya en conceptos relacionados con la visión artificial, el procesamiento de imágenes y los sistemas de información aplicados al control logístico. En particular, se incorpora el uso del modelo de detección de objetos YOLOv26 como herramienta principal para la identificación y conteo de materiales en tiempo real, permitiendo analizar el flujo de objetos durante el despacho y generar información confiable para su posterior validación. La aplicación de este tipo de tecnologías en entornos comerciales contribuye a fortalecer los mecanismos de control interno, mejorar la precisión de los registros y optimizar los procesos asociados a la gestión de inventarios y despachos.

El alcance del proyecto comprende el desarrollo de un sistema de escritorio que integra módulos para la carga y procesamiento de facturas en formato PDF, el análisis de video para la detección de materiales, el registro de auditorías de despacho y la generación de reportes que permiten evidenciar posibles discrepancias. No obstante, el estudio presenta limitaciones relacionadas con la calidad de los videos utilizados, las condiciones de iluminación del entorno, la capacidad del equipo de cómputo, la dependencia del formato de las facturas y la detección restringida a categorías específicas de materiales, aspectos que pueden influir en el desempeño del sistema en escenarios reales de operación.

En cuanto a la metodología, el desarrollo del proyecto se orienta bajo el enfoque de Extreme Programming (XP), el cual permite abordar el proceso de construcción del sistema de manera iterativa, mediante la definición de historias de usuario y la implementación progresiva de funcionalidades. Este enfoque facilita la adaptación del sistema a los requerimientos identificados, favoreciendo la validación continua del producto y el desarrollo de un prototipo funcional acorde con las necesidades del entorno logístico de la ferretería.

Palabras clave: Visión artificial, Detección de objetos, YOLOv26, Logística, Verificación de despachos.

ABSTRACT

The digital transformation of business processes has generated the need to incorporate technological solutions that improve accuracy, efficiency, and control of logistics operations. In this context, this project arises from the analysis of the material dispatch processes at Ferretería Durán, located in Apulo, Cundinamarca, where limitations related to manual product counting, dispatch verification, and validation of invoice information are identified. These activities, which depend heavily on human intervention, may lead to inconsistencies between recorded and physically delivered materials, affecting information reliability, process traceability, and operational control.

Based on this problem, a technological solution is proposed to support the dispatch verification process through the use of computer vision tools. The main objective of the project is to design and develop a desktop application that enables the visualization, detection, and automatic counting of materials during the loading process, as well as the comparison of this information with data extracted from electronic invoices. This proposal is based on the integration of image processing technologies, data storage, and process automation in order to reduce errors associated with manual supervision and improve efficiency in logistics operations.

From a theoretical and practical perspective, the project is supported by concepts related to computer vision, image processing, and information systems applied to logistics control. In particular, the YOLOv26 object detection model is incorporated as the main tool for identifying and counting materials in real time, allowing the analysis of object flow during dispatch and the generation of reliable data for validation. The application of these technologies in commercial environments contributes to strengthening internal control mechanisms, improving record accuracy, and optimizing processes related to inventory and dispatch management.

The scope of the project includes the development of a desktop system integrating modules for PDF invoice processing, video analysis for material detection, dispatch audit recording, and report generation to identify discrepancies. However, the study presents limitations related to video quality, lighting conditions, hardware capacity, invoice format dependency, and detection restricted to specific material categories, which may affect system performance in real operational scenarios.

Regarding the methodology, the project is developed under the Extreme Programming (XP) approach, which allows an iterative and flexible construction process based on user stories and incremental implementation of functionalities. This approach facilitates continuous validation and adaptation of the system to the requirements identified in the logistics environment. Therefore, the project contributes to the field of Systems Engineering by integrating theoretical and practical knowledge in the design of a technological solution aimed at improving the control and verification of material dispatch processes.

Keywords: Computer Vision, Object Detection, YOLOv26, Logistics, Dispatch Verification

INTRODUCCIÓN

La transformación digital de los procesos empresariales ha generado la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas que permitan mejorar la precisión, eficiencia y control de las operaciones logísticas. En este contexto, el presente proyecto surge a partir del análisis de los procesos de despacho de materiales en la Ferretería Durán, ubicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca, donde se evidencian limitaciones asociadas al conteo manual de productos, la verificación de los despachos y la validación de la información contenida en las facturas. Estas actividades, al depender de la intervención humana, pueden generar inconsistencias entre los materiales registrados y los realmente entregados, afectando la confiabilidad de la información, la trazabilidad de los procesos y el control operativo de la organización.

A partir de esta problemática, se plantea el desarrollo de una solución tecnológica orientada a apoyar el proceso de verificación de despachos mediante herramientas de visión artificial, delimitada a tres categorías de productos de alto volumen e impacto logístico: bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria. En este sentido, el proyecto tiene como objetivo diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio que permita la visualización, detección y conteo automático de estos materiales durante el proceso de carga, así como la comparación de esta información con los datos provenientes de las facturas electrónicas. Esta propuesta se fundamenta en la integración de tecnologías de procesamiento de imágenes, almacenamiento de datos y automatización de procesos, con el fin de reducir los errores asociados a la supervisión manual y mejorar la eficiencia en la operación logística.

Desde el punto de vista teórico y práctico, el trabajo se apoya en conceptos relacionados con la visión artificial, el procesamiento de imágenes y los sistemas de información aplicados al control logístico. En particular, se incorpora el uso del modelo de detección de objetos YOLOv26 como herramienta principal para la identificación y conteo de materiales en tiempo real, permitiendo analizar el flujo de objetos durante el despacho y generar información confiable para su posterior validación. La aplicación de este tipo de tecnologías en entornos comerciales contribuye a fortalecer los mecanismos de control interno, mejorar la precisión de los registros y optimizar los procesos asociados a la gestión de inventarios y despachos.

El alcance del proyecto comprende el desarrollo de un sistema de escritorio que integra módulos para la carga de facturas PDF, el análisis de video para la detección de las tres categorías de materiales delimitadas (cemento, tubería de presión y tubería sanitaria), el registro de auditorías de despacho y la generación de reportes de discrepancias. El desarrollo se concibió como aplicación de escritorio local para garantizar latencia cero en la ingesta de video RTSP y procesamiento de IA sin costos recurrentes de servidor en la nube. Asimismo, el sistema presenta limitaciones reconocidas, como la imposibilidad de detectar automáticamente sustituciones fraudulentas de productos no incluidos en el entrenamiento (como bultos de arroz u otros insumos no modelados), por lo que opera como una herramienta complementaria de auditoría visual para el personal supervisor, también es importante contemplar limitaciones relacionadas con la calidad de los videos utilizados, las condiciones de iluminación del entorno, la capacidad del equipo de cómputo, la dependencia del formato de las facturas y la detección restringida a categorías específicas de materiales, aspectos que pueden influir en el desempeño del sistema en escenarios reales de operación.

En cuanto a la metodología, el desarrollo del proyecto se orienta bajo el enfoque de Extreme Programming (XP), el cual permite abordar el proceso de construcción del sistema de manera iterativa, mediante la definición de historias de usuario y la implementación progresiva de funcionalidades. Este enfoque facilita la adaptación del sistema a los requerimientos identificados, favoreciendo la validación continua del producto y el desarrollo de un prototipo funcional acorde con las necesidades del entorno logístico de la ferretería. De esta manera, el proyecto adquiere relevancia en el campo de la Ingeniería de Sistemas al integrar conocimientos teóricos y prácticos en el diseño de una solución tecnológica orientada a mejorar el control y la verificación de los procesos de despacho de materiales.

1. TITULO

DISEÑO Y DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE ESCRITORIO PARA LA VERIFICACIÓN AUTOMATIZADA DEL DESPACHO DE BULTOS DE CEMENTO, TUBERÍA SANITARIA Y PRESION MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL EN LA FERRETERÍA DURÁN, APULO 2026

1.1. TEMA

Uso de visión artificial en una aplicación de escritorio para la verificación automática del despacho de categorías clave de materiales de construcción (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) en la Ferretería Durán.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. OBSERVACIÓN DE DATOS Y HECHOS

A nivel internacional, múltiples estudios evidencian que los procesos logísticos continúan enfrentando problemas asociados a errores humanos en tareas de conteo, registro y verificación de mercancías, especialmente en entornos donde aún predominan métodos manuales o sistemas parcialmente digitalizados. De acuerdo con (World Economic Forum, 2023), aproximadamente el 20 % de las empresas que dependen de procesos logísticos manuales reportan errores frecuentes en la gestión de inventarios y despachos, lo que afecta la confiabilidad de la información operativa. Asimismo, investigaciones de (McKinsey & Company, 2022) señalan que los errores en procesos logísticos pueden representar hasta un 30 % de ineficiencias operativas en la cadena de suministro, derivadas de discrepancias en inventarios, devoluciones y reprocesos administrativos.

En el ámbito tecnológico, la incorporación de visión artificial en entornos industriales y comerciales ha demostrado ser una herramienta eficaz para la verificación automatizada de productos, particularmente en tareas de inspección y control de calidad. Según (International Data Corporation – IDC, 2024), el uso de tecnologías de inteligencia artificial en operaciones empresariales ha crecido más del 25 % anual a nivel mundial, especialmente en aplicaciones relacionadas con análisis visual y automatización de procesos. Sin embargo, pequeñas y medianas empresas en distintos países aún presentan brechas en la adopción de estas tecnologías, lo que mantiene niveles elevados de vulnerabilidad operativa. Esta situación refleja una problemática global: la necesidad de sistemas informáticos que permitan visualizar y verificar datos logísticos con mayor precisión, reduciendo la dependencia exclusiva del control humano.

En América Latina, la problemática adquiere matices particulares debido a limitaciones estructurales en la transformación digital de las pequeñas y medianas empresas. Según (CEPAL, 2021), solo el 23 % de las pymes de la región utilizan herramientas digitales avanzadas en sus procesos productivos, lo que evidencia una brecha significativa en la incorporación de tecnologías como inteligencia artificial, automatización y analítica de datos. Esta situación impacta directamente en la eficiencia de los procesos logísticos, donde persisten prácticas manuales para el control de inventarios y despachos. Por su parte, (Banco Interamericano de Desarrollo – BID, 2023) señala que menos del 30 % de las pymes latinoamericanas utilizan soluciones digitales avanzadas para la gestión empresarial, lo cual limita la trazabilidad y confiabilidad de la información operativa dentro de las organizaciones. En organizaciones comerciales de mediana escala, es común encontrar inconsistencias entre registros contables y salidas físicas de mercancía debido a la ausencia de herramientas tecnológicas que permitan validar automáticamente la información. En consecuencia, Latinoamérica enfrenta el desafío de integrar soluciones basadas en tecnologías emergentes que fortalezcan el control interno y mejoren la gestión de datos logísticos.

En el contexto colombiano, el proceso de transformación digital empresarial ha avanzado de manera progresiva; no obstante, persisten rezagos significativos en pequeñas y medianas empresas del sector comercial. De acuerdo con (MinTIC, 2023), una proporción significativa de las mipymes del país aún se encuentra en etapas iniciales de adopción tecnológica, lo que evidencia que muchas organizaciones continúan operando con procesos manuales o herramientas digitales básicas. Asimismo, estudios del (DANE, 2023) indican que la mayoría

de los micronegocios del país pertenecen al sector comercio y funcionan con estructuras administrativas reducidas, lo que dificulta la implementación de sistemas tecnológicos avanzados para el control de inventarios y la gestión de información logística.

En el sector ferretero, caracterizado por la alta rotación de materiales y diversidad de referencias, la verificación manual de despachos incrementa el riesgo de discrepancias entre facturación y entrega efectiva. La ausencia de sistemas informáticos con capacidades de visualización y validación automatizada limita la capacidad de auditoría interna y dificulta la generación de reportes confiables para la toma de decisiones. Esta realidad pone de manifiesto la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas aplicadas que fortalezcan el control operativo y la integridad de los datos.

En el ámbito regional, particularmente en municipios intermedios como Apulo (Cundinamarca), las empresas comerciales suelen operar con recursos tecnológicos limitados y procesos administrativos tradicionales. De acuerdo con proyecciones demográficas basadas en el Censo Nacional de Población y Vivienda del DANE, el municipio de Apulo contaba con aproximadamente 9.561 habitantes en el año 2023, lo que evidencia que se trata de un territorio con una dinámica económica basada principalmente en pequeños establecimientos comerciales y microempresas que operan con estructuras organizacionales reducidas (DANE, 2023).

En este contexto, la falta de herramientas tecnológicas para el control logístico incrementa la dependencia del registro manual y la supervisión directa del personal, lo que puede generar inconsistencias en el conteo y despacho de materiales. En establecimientos ferreteros de la región, donde el volumen de ventas puede variar según la dinámica del sector construcción, la verificación manual resulta susceptible a errores involuntarios derivados de la carga operativa diaria. Esta situación afecta la confiabilidad de los datos registrados y la precisión en los inventarios, evidenciando la necesidad de soluciones tecnológicas que permitan apoyar el control del proceso de despacho de materiales en el entorno local.

2.2. HALLAZGO DEL PROBLEMA

Tras un proceso de observación directa en la Ferretería Durán, se ha identificado una brecha crítica entre la demanda operativa y la capacidad técnica de control logístico. Actualmente, la verificación de los despachos de materiales pesados y voluminosos de alta rotación (específicamente bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) se realiza mediante una comunicación verbal y visual empírica entre el auxiliar de bodega y el conductor, careciendo de un soporte tecnológico que valide la exactitud de lo cargado. Esta investigación viene en consecuencia a identificar que dicho método empírico es el origen principal de las inconsistencias detectadas en los cierres de inventario mensuales. Según plantea (Coyle, 2021) en su análisis sobre la administración de suministros, la falta de precisión en el registro de inventarios físicos compromete la planificación financiera de la organización. La ausencia de un sistema de visión artificial que registre objetivamente cada unidad que sale de la bodega impide la trazabilidad real del producto, lo que se traduce en fugas de capital no detectadas y en una rotación de inventario que no coincide con los reportes de facturación electrónica.

Siendo coherente con la seguridad industrial y la eficiencia del transporte, otro hallazgo relevante es la asignación inadecuada de vehículos según el peso y volumen de la carga. En la práctica actual, se ha observado el uso de motocarros para el transporte de materiales que superan su capacidad técnica nominal, lo cual incrementa el desgaste mecánico y el riesgo de fallas operativas críticas. Bajo el enfoque de optimización logística, la carencia de un módulo que calcule automáticamente el flete y sugiera el vehículo ideal basado en la detección visual de los materiales es una deficiencia operativa mayor que compromete la rentabilidad organizacional. Este hallazgo sugiere que el problema no se limita únicamente al conteo de los materiales, sino también a la forma en que se decide qué vehículo utilizar para transportarlos, ya que la empresa no posee datos estructurados que le permitan gestionar su capacidad de carga de manera técnica. Teniendo en cuenta que la sobrecarga mecánica reduce la vida útil de los activos, la falta de supervisión en este proceso genera costos ocultos de mantenimiento y riesgos latentes para la integridad de los operarios.

Asimismo, se ha evidenciado una falta de comunicación en la información entre la zona de despacho y el área administrativa, lo que propicia que los errores de conteo manual solo sean detectados días después de la entrega. Siguiendo esta línea, la ausencia de una interfaz de visualización específica para el administrador limita la capacidad de auditoría preventiva, permitiendo que las mermas por errores humanos se acumulen silenciosamente. De acuerdo con (Ivanov, 2021) la visibilidad en tiempo real es el pilar de la resiliencia en las cadenas de suministro modernas, permitiendo la detección de anomalías antes de que afecten el flujo financiero. En consecuencia, el hallazgo principal reside en la obsolescencia del control manual frente a la complejidad de la operación ferretera moderna en Apulo.

2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.3.1 Pregunta de Investigación

¿Cómo puede el diseño de un sistema basado en visión artificial apoyar el proceso de verificación del despacho de materiales de construcción clave (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) y disminuir los errores en el conteo y entrega de productos en la Ferretería Durán en Apulo?

2.3.2 Elementos del problema

A continuación, se discriminan los factores que estructuran la problemática identificada:

- **Errores en el conteo de materiales:** Diferencias en el conteo manual de bultos de cemento y tuberías (de presión y sanitaria) durante el proceso de despacho.
- **Asignación inadecuada de vehículos:** Falta de un cálculo claro del peso y volumen de los materiales para determinar el vehículo adecuado para su transporte (motocarro o camión).
- **Riesgos de seguridad:** Posibilidad de accidentes debido a la sobrecarga de vehículos pequeños y a la falta de supervisión en el uso de equipos de protección personal.
- **Falta de verificación entre despacho y facturación:** No existe una validación automática entre los materiales que se cargan en bodega y los que aparecen registrados en la factura electrónica.

- **Pérdidas económicas:** Costos adicionales por errores en el cálculo de fletes y por diferencias en el registro de salida de los materiales.

2.3.3 Preguntas generadoras

Como apoyo a la investigación, se plantean los siguientes interrogantes:

- ¿De qué manera la visión artificial puede apoyar el conteo automatizado de bultos de cemento y tuberías para reducir los errores asociados al conteo manual?
- ¿Cómo podría un sistema automatizado mejorar la asignación de vehículos y el cálculo de fletes en el transporte de materiales?
- ¿Cómo puede un sistema digital mejorar la verificación entre los materiales despachados y los registrados en la factura electrónica?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio para la visualización y verificación automatizada del proceso de despacho mediante visión artificial, orientada al control y validación de la entrega de materiales de construcción clave (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) en la Ferretería Durán, Apulo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso actual de despacho y registro de materiales pesados y voluminosos de alta rotación (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) en la Ferretería Durán, identificando las principales inconsistencias asociadas a la verificación manual y gestión de datos logísticos.
- Diseñar la arquitectura funcional y técnica de la aplicación de escritorio, definiendo los módulos de captura, procesamiento con visión artificial, almacenamiento y visualización de datos.

Desarrollar y probar un prototipo funcional de la aplicación que permita detectar, registrar y visualizar los materiales despachados en las tres categorías delimitadas (cemento, tubería de presión y tubería sanitaria), evaluando su precisión y consistencia en un entorno controlado.

- Desplegar la aplicación de escritorio en el entorno operativo de la Ferretería Durán para su utilización en el proceso de verificación del despacho de materiales.

3.3. OBJETIVOS DEL SISTEMA

- Realizar el conteo automático de los materiales despachados pertenecientes a las categorías delimitadas (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria), mediante el uso de un modelo de visión artificial (YOLOv26), que permita identificar y cuantificar los productos cargados en los vehículos.
- Determinar la precisión de los despachos de materiales, comparando las cantidades detectadas automáticamente con las registradas en las facturas de venta.
- Registrar y controlar la información de los despachos de pedidos, incluyendo responsables, materiales y vehículos involucrados.
- Diseñar mecanismos de control y seguridad en el área de despacho, que permitan detectar inconsistencias o movimientos no autorizados durante la carga de materiales.

- Consolidar la información de los despachos realizados, mediante la integración de indicadores clave de desempeño (KPIs) en un panel visual que apoye la toma de decisiones.

4. JUSTIFICACIÓN

4.1. JUSTIFICACIÓN GENERAL

La incorporación de tecnologías digitales en los procesos empresariales constituye un elemento clave para fortalecer la calidad y confiabilidad de la información operativa. Según la (OCDE, 2025), la digitalización puede favorecer la automatización de procesos y mejorar el monitoreo de las actividades empresariales, reduciendo la dependencia de procedimientos manuales en tareas repetitivas y fortaleciendo la gestión basada en datos. En el ámbito logístico, la disponibilidad de herramientas tecnológicas que faciliten la visualización estructurada de datos contribuye a una supervisión más precisa y transparente de los procesos de salida de productos.

Asimismo, de acuerdo con la (UNCTAD, 2021) destaca que la adopción de soluciones basadas en tecnologías emergentes mejora la gestión de datos y fortalece la toma de decisiones en entornos comerciales. En este contexto, el desarrollo de una aplicación de escritorio con capacidades de visión artificial orientada a la visualización y verificación de datos logísticos responde a la necesidad de apoyar el control operativo mediante herramientas tecnológicas accesibles. Para efectos del presente proyecto, el sistema de visión artificial se enfoca en la detección y verificación de aquellos materiales que representan mayor valor y rotación dentro del proceso de despacho de la ferretería, tales como tubos de presión, sanitarios y bultos de cemento, permitiendo validar la correspondencia entre los productos registrados en la factura y los materiales efectivamente despachados. La propuesta se enfoca en proporcionar un sistema que permitirá validar información de despacho con mayor objetividad, contribuyendo a la reducción de inconsistencias y a la generación de datos más confiables para la gestión empresarial.

En entornos como el de la Ferretería Durán, donde el control de despachos depende en gran medida de verificaciones manuales, la implementación de una herramienta tecnológica que permita visualizar y verificar datos logísticos se convierte en una alternativa pertinente y viable. Por tanto, el proyecto se justifica como una iniciativa que aporta al fortalecimiento del control interno empresarial mediante el desarrollo de una solución informática adaptada al contexto local y alineada con las políticas nacionales de transformación digital.

En cuanto al tema de sostenibilidad, el proyecto se apoya principalmente con la meta 9.4 del ODS 9, orientada a modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles mediante la adopción de tecnologías limpias e innovadoras, de acuerdo con (Naciones Unidas, 2024). De manera complementaria, contribuye a la meta 12.2 del ODS 12, al promover el uso eficiente de recursos materiales y la reducción de desperdicios derivados de errores logísticos. En este sentido, LogiCheck no solo responde a una necesidad empresarial específica, sino que se articula con objetivos globales de sostenibilidad e innovación productiva.

Por ende, la investigación posee relevancia académica, tecnológica, económica y social, al integrar fundamentos teóricos de la gestión logística con herramientas de automatización, generando un impacto tangible en la operatividad y en la modernización del sector ferretero.

4.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Desde el punto de vista técnico, el proyecto se justifica por la necesidad de contar con una herramienta informática que permita apoyar de manera más precisa el proceso de verificación de materiales durante el despacho en la Ferretería Durán. Actualmente, dicho proceso depende en gran medida de la observación manual y de la revisión visual realizada por el personal, lo que puede dificultar la validación objetiva de la información asociada a los pedidos. En este sentido, el desarrollo de una aplicación de escritorio representa una alternativa pertinente, ya que permite centralizar la visualización de datos del despacho y apoyar el control operativo mediante una solución ajustada al entorno de trabajo de la empresa.

A nivel funcional, la propuesta se sustenta en el uso de técnicas de visión artificial, debido a que este tipo de tecnología permite interpretar información visual y convertirla en datos útiles para procesos de supervisión, identificación y verificación. En el ámbito logístico y de almacenamiento, la visión artificial ha venido consolidándose como una herramienta capaz de mejorar la eficiencia, la exactitud y el control de las operaciones, especialmente en actividades que tradicionalmente han dependido de revisiones manuales. OpenCV.ai (2024) señala que la visión artificial aplicada al almacenamiento y la logística contribuye al mejoramiento de la eficiencia operativa, la precisión y el control de procesos, al automatizar tareas visuales que antes eran propensas a errores humanos.

De igual manera, la elección de una solución informática de este tipo también se justifica por la importancia de transformar los datos operativos en información útil para la toma de decisiones y el seguimiento de procesos. En ese sentido, el análisis de datos dentro de la cadena de suministro permitió extraer valor de la información relacionada con la distribución de bienes, mejorar la visibilidad de las operaciones y fortalecer la eficiencia del proceso logístico. TechTarget (2024) indica que la analítica de la cadena de suministro permite obtener conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos asociados al aprovisionamiento, procesamiento y distribución de productos, favoreciendo una mayor visibilidad y una mejor capacidad de respuesta en los procesos operativos.

Adicionalmente, la propuesta técnica resulta viable porque la evolución reciente de la inteligencia artificial, el edge computing y el procesamiento local de datos ha fortalecido el desarrollo de aplicaciones capaces de responder en tiempo real dentro de entornos operativos. Ficili et al. (2025) explican que el procesamiento local reduce la latencia, mejora la eficiencia y favorece la toma de decisiones en tiempo real, lo cual resulta especialmente útil en escenarios donde se requiere una respuesta rápida a partir de datos capturados en el mismo lugar donde ocurre la operación. En el caso del presente proyecto, esta lógica respalda técnicamente la construcción de una aplicación de escritorio orientada a procesar y visualizar información del despacho de materiales de forma ágil dentro del contexto de la empresa.

Asimismo, la propuesta técnica es coherente con la necesidad de fortalecer la digitalización de pequeñas y medianas empresas mediante herramientas que mejoren su desempeño,

productividad y capacidad de innovación. La OCDE señala que la digitalización ofrece oportunidades para mejorar el rendimiento, impulsar la innovación y aumentar la productividad de las pymes, aunque muchas de ellas aún presentan rezagos en su transformación digital. En este contexto, el desarrollo de una aplicación de escritorio con apoyo de visión artificial constituye una solución técnicamente pertinente para una empresa como la Ferretería Durán, al responder a una necesidad específica del proceso de despacho mediante el uso de tecnologías actualmente consolidadas.

Por tanto, la justificación técnica del proyecto radica en que integra herramientas de desarrollo de software, procesamiento visual y organización de datos para atender una necesidad concreta del proceso logístico. De esta manera, la solución propuesta no solo es técnicamente viable, sino también coherente con las tendencias actuales de automatización, análisis de información operativa y fortalecimiento tecnológico de las pequeñas empresas.

4.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

El desarrollo del presente proyecto de grado se fundamenta en los conocimientos adquiridos durante la formación académica en el programa de Ingeniería de Sistemas, especialmente en asignaturas relacionadas con algoritmia, estructura de datos, desarrollo de aplicaciones, arquitectura de software y bases de datos. Estas áreas proporcionan las bases necesarias para analizar problemas, estructurar soluciones lógicas y desarrollar sistemas informáticos orientados a necesidades reales dentro de un entorno organizacional.

En este caso, dichos conocimientos permiten sustentar el diseño y desarrollo de una aplicación de escritorio orientada a la visualización y verificación de materiales durante el proceso de despacho en la Ferretería Durán. La formación recibida durante la carrera aporta elementos importantes para la organización de la información, el diseño de la lógica del sistema, la construcción de interfaces y la integración de componentes que permitan dar respuesta a los requerimientos del proyecto.

Adicionalmente, aunque en la carrera no se abordó de manera específica una asignatura centrada en visión artificial, ello no limita la pertinencia académica del proyecto. Por el contrario, demuestra la capacidad de aplicar los fundamentos de la Ingeniería de Sistemas en el uso de tecnologías emergentes. En este sentido, la visión artificial se incorpora como un componente del software propuesto, con el fin de apoyar la verificación de materiales mediante el procesamiento de información visual dentro del proceso de despacho.

Por tanto, la justificación académica del proyecto radica en que articula los conocimientos adquiridos en la formación profesional con el desarrollo de una solución informática innovadora, permitiendo ampliar su aplicación hacia un campo tecnológico actual y pertinente. De esta manera, el proyecto no solo responde a una necesidad del contexto empresarial estudiado, sino que también fortalece el ejercicio académico al integrar desarrollo de software y visión artificial en una misma propuesta.

5. ALCANCES Y LIMITES

5.1. ALCANCE PRESENTE:

El proyecto comprende el diseño, desarrollo y despliegue de una aplicación de escritorio para la verificación automatizada de despachos logísticos mediante visión artificial, la cual se instalará de forma local en la Ferretería Durán (Apulo, Cundinamarca). El alcance técnico actual del modelo de visión artificial se encuentra delimitado a tres categorías específicas de productos: bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria. Esta delimitación a tres líneas de producto responde a criterios de factibilidad técnica y operativa: la alta carga de trabajo requerida para la recolección, etiquetado poligonal manual y anotación de datasets masivos de entrenamiento para modelos de aprendizaje profundo (YOLO); los tiempos de optimización del modelo; y la disponibilidad de hardware para inferencia local. Asimismo, la selección de la arquitectura como Aplicación de Escritorio (desarrollada en Python/PyQt6 con motor YOLO local y base de datos SQLite) en lugar de una Aplicación Web accesible vía Internet responde a requerimientos críticos de baja latencia en la captura e ingesta de flujos de video RTSP de alta definición desde las cámaras IP de la bodega, la ejecución de inferencia de IA en tiempo real utilizando la GPU local sin incurrir en costos recurrentes de infraestructura GPU en la nube, y la garantía de continuidad operacional fuera de línea (offline) en entornos de bodega donde la conectividad a Internet puede ser inestable.

El sistema se concibe bajo una arquitectura híbrida; si bien el núcleo de procesamiento de inteligencia artificial (basado en YOLO), la lógica de auditoría y la persistencia de datos operan de forma autónoma en el equipo local para garantizar la baja latencia, el software integra capacidades de comunicación con servicios externos. Esto incluye la sincronización con fuentes de datos del ERP Siigo Nube, la ingesta de flujos de video mediante el protocolo de red RTSP y la propagación de alertas críticas a través de APIs de mensajería externa (Telegram/WhatsApp).

El alcance contempla la implementación de módulos para la extracción automatizada de datos desde facturas PDF, el análisis de video en tiempo real para la detección y conteo de los materiales delimitados (cemento y tuberías), la gestión de una base de datos local y un panel de visualización para la toma de decisiones gerenciales. Finalmente, se incluye el despliegue del prototipo en el entorno operativo designado y la ejecución de pruebas controladas para asegurar la precisión del sistema en la mitigación de errores de despacho dentro de las tres categorías soportadas.

5.2. ALCANCE FUTURO

- Integración de la aplicación con sistemas contables o ERP para sincronizar automáticamente los datos de facturación y despacho.

- Migración de la aplicación de escritorio a una versión web o híbrida que permita acceso remoto y monitoreo en tiempo real.
- Incorporación de almacenamiento en la nube para respaldo automático de la información y análisis histórico de datos logísticos.
- Integración con dispositivos IoT o cámaras industriales para mejorar la calidad de captura y precisión en la detección.
- Escalamiento del sistema para su aplicación en otras ferreterías o empresas del sector comercial con procesos logísticos similares.

5.3. LIMITACIONES

- **Resistencia al cambio por parte del personal:** Posible baja aceptación inicial debido a la transición de procesos manuales a un sistema automatizado.
- **Calidad y capacidad del equipo de cómputo disponible:** El desempeño del sistema dependerá de las especificaciones técnicas del único equipo donde será desplegado.
- **Condiciones de iluminación y entorno físico:** La precisión del modelo de visión artificial puede verse afectada por factores ambientales durante el despacho.
- **Disponibilidad limitada de datos para entrenamiento y pruebas:** La efectividad del modelo de visión artificial puede verse condicionada por la cantidad y variedad de imágenes disponibles para su validación.
- **Dependencia de un único equipo local:** Cualquier falla técnica en el equipo podría afectar temporalmente el funcionamiento de la aplicación.
- **Dependencia del formato de factura del proveedor:** El módulo de extracción de datos está diseñado para interpretar una estructura específica de factura en formato PDF; cualquier cambio en el diseño o disposición del documento por parte del proveedor podría requerir ajustes en el procesamiento.
- **Detección restringida a 3 categorías específicas de productos y limitaciones en el reconocimiento antifraude:** El modelo clasifica exclusivamente bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria. Basándose únicamente en patrones visuales (forma y empaque), el sistema no detecta sustituciones ni fraudes con productos no entrenados de empaque idéntico (ej. cambiar un bulto de cemento por uno de arroz). Por ello, funciona como herramienta complementaria de apoyo que requiere supervisión humana.
- **Oclusión y apilamiento de materiales:** La precisión del conteo automatizado puede verse reducida cuando los productos se encuentran parcialmente ocultos, superpuestos o apilados durante el registro en video.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. ANTECEDENTES

En el ámbito de la detección automática de objetos para control y verificación visual, uno de los desarrollos más relevantes es la evolución del modelo YOLO hacia versiones optimizadas para aplicaciones prácticas. (Glenn Jocher et al, 2023) presentan la arquitectura YOLOv26 como una mejora en precisión y velocidad para tareas de detección en tiempo real, destacando su aplicabilidad en entornos industriales y comerciales donde se requiere conteo automático de objetos. Este trabajo demuestra que los modelos de visión artificial pueden integrarse en sistemas funcionales para identificar y registrar elementos visuales con alta confiabilidad. La investigación evidencia que el uso de redes neuronales convolucionales permite automatizar procesos tradicionalmente manuales, reduciendo errores en tareas repetitivas. Su relevancia para el presente proyecto radica en la posibilidad de aplicar estos modelos en una aplicación de escritorio destinada a la verificación de materiales en procesos logísticos locales.

En el campo de la gestión inteligente de inventarios, (Zhang et al, 2020) desarrollaron un sistema basado en visión por computador y aprendizaje profundo para el monitoreo automatizado de productos en almacenes, logrando mejoras significativas en precisión de conteo y trazabilidad. El estudio demuestra que la detección visual automatizada puede apoyar la validación de existencias y minimizar discrepancias entre registros digitales y realidad física. La investigación resalta que los sistemas de visión artificial permiten estructurar datos operativos en tiempo real, facilitando procesos de auditoría interna. Este antecedente es pertinente porque valida el uso de modelos de detección para fortalecer la confiabilidad de información logística sin depender exclusivamente de supervisión humana directa.

Asimismo, un estudio publicado en IEEE Access por Liu et al (2021) propuso un sistema de conteo inteligente de objetos mediante redes neuronales profundas aplicado a entornos comerciales. Los autores demostraron que la integración de algoritmos de detección con interfaces gráficas de usuario mejora la capacidad de monitoreo y visualización de datos en aplicaciones prácticas. El trabajo resalta la importancia de integrar procesamiento visual con módulos de visualización estructurada para facilitar la toma de decisiones basada en datos confiables. Este enfoque guarda relación directa con el proyecto actual, ya que se busca desarrollar una aplicación de escritorio que combine detección automatizada con visualización clara de la información registrada.

En el contexto latinoamericano, Pérez y Rodríguez (2022) desarrollaron un prototipo de sistema de verificación de productos mediante visión artificial aplicado a pequeñas empresas comerciales, evidenciando que el uso de herramientas basadas en aprendizaje profundo mejora la consistencia en el registro de mercancías. La investigación subraya que las pymes pueden adoptar soluciones tecnológicas accesibles sin requerir infraestructuras complejas, siempre que el diseño del sistema esté adaptado a sus capacidades operativas. Este antecedente es relevante porque demuestra la viabilidad técnica y económica de implementar soluciones de visión artificial en entornos comerciales similares al de la ferretería objeto de estudio.

Finalmente, un estudio reciente de Chen et al (2023) sobre aplicaciones de visión artificial en control logístico destaca que la detección automatizada de objetos permite fortalecer procesos de auditoría y validación en cadenas de suministro de pequeña escala. Los autores concluyen

que la incorporación de modelos de detección en sistemas locales reduce inconsistencias y mejora la confiabilidad de los datos operativos. La investigación reafirma que la integración de inteligencia artificial con aplicaciones de escritorio constituye una alternativa viable para organizaciones que buscan mejorar el control de información sin recurrir a infraestructuras complejas. Este antecedente respalda la pertinencia técnica del presente proyecto, al evidenciar la aplicabilidad real de la visión artificial en procesos de verificación logística.

6.2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico del presente proyecto se estructura a partir de los principales elementos que conforman la problemática identificada en la Ferretería Durán. En primer lugar, se aborda la exactitud del conteo de materiales en las operaciones de despacho, debido a que las diferencias entre el inventario físico y el registrado afectan la confiabilidad del proceso. En segundo lugar, se analiza la capacidad de carga y la selección del vehículo de transporte, considerando que una asignación inadecuada puede comprometer la eficiencia y la seguridad de la operación. En tercer lugar, se estudia la seguridad operativa en la manipulación y transporte de materiales, dado que la carga, movilización y distribución física implican riesgos laborales que deben controlarse. En cuarto lugar, se examina la consistencia entre el despacho físico y la facturación electrónica, por tratarse de un aspecto clave para la trazabilidad y el control interno de la información. Finalmente, se incorpora la visión artificial como fundamento tecnológico de la propuesta, en la medida en que ofrece herramientas para apoyar la verificación de materiales dentro de entornos logísticos.

6.2.1. Exactitud del conteo de materiales en operaciones de despacho

La exactitud del conteo de materiales constituye un aspecto crítico dentro de los procesos logísticos, ya que las diferencias entre el inventario físico y el registrado pueden afectar la continuidad operativa, la confiabilidad de la información y la toma de decisiones. En esa línea, Akkerman, Rosič y Topan (2025) señalan que la inexactitud en los registros de inventario representa un problema significativo en la gestión de almacenes, originado por discrepancias entre el stock real y el stock registrado. Esta afirmación permite comprender que los errores de conteo manual durante el despacho no son fallas aisladas, sino una manifestación concreta de un problema ampliamente reconocido en la gestión logística.

Además de afectar el inventario, este tipo de inexactitud repercute en el desempeño general del proceso logístico, puesto que altera la confiabilidad de la información disponible para coordinar entregas, validar pedidos y controlar existencias. En este sentido, Božić, Živičnjak, Stanković e Ignjatić (2024) sostienen que la calidad de los datos maestros de producto tiene un impacto significativo sobre el rendimiento de los procesos logísticos, ya que cuando los datos son inexactos se obstaculiza la optimización operativa y se generan dificultades de control. Desde esta perspectiva, la exactitud del conteo no debe entenderse solo como una tarea manual de revisión, sino como una condición básica para sostener la calidad de la información que circula en el proceso de despacho.

De manera complementaria, Villegas-Ch, Maldonado Navarro y Sanchez-Viteri (2024) muestran que la integración de visión artificial y aprendizaje automático en entornos de bodega puede mejorar la exactitud del inventario y la eficiencia operativa, precisamente porque supera limitaciones asociadas a los métodos tradicionales de verificación manual. En el contexto de

la Ferretería Durán, esto refuerza la idea de que el conteo manual de bultos de cemento, tubos, o materiales similares puede generar inconsistencias en el despacho y que una herramienta tecnológica de apoyo resulta pertinente para reducir dichos errores.

6.2.2. Capacidad de carga y selección del vehículo de transporte

La asignación adecuada del vehículo de transporte depende de la relación entre las características de la carga y la capacidad real del medio utilizado para movilizarla. No se trata únicamente de disponer de un vehículo, sino de verificar si este puede transportar el peso, el volumen y el tipo de material en condiciones seguras. En este sentido, la Driver and Vehicle Standards Agency (2023) establece que la carga debe permanecer segura durante todo el trayecto y que, antes del transporte, deben considerarse aspectos como la distribución, la estabilidad, el tipo de carga y el sistema de aseguramiento más adecuado para evitar desplazamientos o riesgos durante la movilización.

Este planteamiento permite entender que la selección del vehículo no debe basarse únicamente en la costumbre o en una apreciación visual rápida, sino en criterios técnicos vinculados al comportamiento físico de la carga y a las condiciones seguras de transporte. La propia guía de la DVSA (2023), refuerza su vigencia como referencia para la gestión segura de la carga por carretera. Aplicado al caso de la ferretería, esto significa que la elección entre motocarro y camión debería responder a una evaluación de peso, volumen, estabilidad y distribución del material, especialmente cuando se movilizan productos como, cemento y tubos.

Por ello, la asignación inadecuada del vehículo puede afectar simultáneamente la eficiencia del despacho, la conservación de la carga y la seguridad de la operación. En términos teóricos, este problema se vincula con la necesidad de adoptar criterios técnicos de capacidad y aseguramiento de carga como parte de la gestión logística, lo cual justifica el interés del proyecto por fortalecer el control del proceso y reducir decisiones basadas exclusivamente en la experiencia empírica.

6.2.3. Seguridad operativa en la manipulación y transporte de materiales

La seguridad en el despacho no depende exclusivamente del traslado del material, sino también de la forma en que este es manipulado, levantado, cargado y asegurado. La Health and Safety Executive (2024) define la manipulación manual como el transporte o soporte de una carga mediante fuerza corporal e incluye acciones como levantar, bajar, empujar, halar, cargar o mover objetos. Asimismo, advierte que el empleador debe evitar la manipulación peligrosa cuando sea posible, evaluar los riesgos inevitables y reducir la probabilidad de lesión. Esta perspectiva permite comprender que los riesgos de seguridad identificados en el proyecto no son secundarios, sino parte integral del problema logístico. Cuando la operación depende de cargas pesadas, movimientos repetitivos, posturas exigentes o distribución inadecuada del material, aumenta la probabilidad de incidentes y lesiones. La versión revisada de la guía de manipulación manual publicada por la HSE insiste precisamente en que los empleadores deben reducir el riesgo de lesión y alinear la evaluación del riesgo con criterios actualizados de identificación de tareas de bajo y alto riesgo (HSE, 2025).

Desde esta perspectiva, los riesgos de seguridad del proyecto guardan relación directa con la posible sobrecarga de vehículos pequeños y con la falta de control sobre las condiciones en

que se realiza el despacho. Esto demuestra que el problema no solo es logístico o administrativo, sino también preventivo, ya que un proceso débilmente controlado puede incrementar la probabilidad de lesiones, accidentes o prácticas inseguras durante la operación. Por tanto, mejorar la verificación del despacho también puede contribuir indirectamente a fortalecer las condiciones de seguridad en la empresa.

6.2.4. Consistencia entre despacho físico y facturación electrónica

La correspondencia entre la información registrada y la realidad operativa es un principio esencial del control interno. Cuando no existe una validación clara entre los materiales físicamente despachados y los materiales consignados en la factura, se generan riesgos de inconsistencia documental, errores de registro y pérdida de trazabilidad. En el ámbito logístico, la calidad de los datos incide directamente sobre el rendimiento del proceso, pues la información imprecisa o incompleta dificulta la coordinación, el control y la toma de decisiones. En ese sentido, Božić et al. (2024) demostraron que la calidad de los datos maestros de producto tiene un efecto significativo sobre el desempeño de los procesos logísticos.

De manera complementaria, la OECD (2025) destaca que la calidad de los datos no puede subestimarse, ya que la información precisa, completa y oportuna es una condición necesaria para la gestión efectiva de los procesos en entornos digitalizados. Aunque ese planteamiento se desarrolla en un contexto institucional más amplio, el principio resulta plenamente aplicable al proyecto: si los datos del proceso no son validados adecuadamente, disminuye la confiabilidad de la información y se debilita la trazabilidad entre el registro digital y la operación real.

En la Ferretería Durán, esta situación se refleja en la ausencia de una verificación automática entre el despacho físico en bodega y la factura electrónica generada. Por ello, el problema no radica únicamente en la emisión de la factura, sino en la falta de contraste entre lo registrado y lo realmente cargado. Teóricamente, esto se relaciona con la necesidad de fortalecer la integridad de la información, la trazabilidad del proceso y los mecanismos de control interno que permitan reducir discrepancias entre el dato documental y la realidad física de la operación.

6.2.5. Visión artificial como apoyo tecnológico en la verificación logística

La visión artificial se ha consolidado como una tecnología útil para automatizar tareas de identificación, seguimiento y verificación en entornos logísticos. Tadjine, Ouafi, Benlamoudi y Taleb-Ahmed (2025), en un estudio de revisión sobre automatización de almacenes, señalan que los sistemas modernos de gestión de bodegas están integrando tecnologías avanzadas de visión artificial para tareas de automatización, seguimiento y control en ambientes de almacenamiento. Esto demuestra que la visión artificial ya no es un tema aislado de laboratorio, sino una herramienta aplicada a problemas reales de operación logística.

De manera más específica, Villegas-Ch et al. (2024) evidencian que una plataforma basada en visión artificial y aprendizaje automático puede mejorar la exactitud del inventario y la eficiencia de las operaciones en un entorno real de almacén. Este hallazgo resulta especialmente relevante para el proyecto, ya que confirma que la tecnología visual puede utilizarse como mecanismo de apoyo para fortalecer tareas de conteo, verificación y seguimiento, reduciendo la dependencia de controles exclusivamente manuales.

En el marco de esta investigación, la visión artificial no se plantea como un reemplazo total del trabajador, sino como un componente integrado a una aplicación de escritorio destinada a apoyar la verificación de materiales durante el despacho. Su pertinencia radica en que puede contribuir a reducir errores de conteo, mejorar la trazabilidad y fortalecer la correspondencia entre factura y materiales efectivamente cargados. De esta manera, la visión artificial se convierte en el eje tecnológico que articula la propuesta de solución con los problemas identificados en el proceso actual de la empresa.

6.3. MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario precisar los conceptos fundamentales que orientan la propuesta de solución, ya que estos permiten comprender con claridad los elementos técnicos, operativos y funcionales involucrados en la verificación del despacho de materiales en la Ferretería Durán. En este sentido, el marco conceptual reúne los términos más relevantes del estudio, definiéndolos y relacionándolos con la problemática identificada, de manera que sirvan como base para interpretar el alcance de la investigación y la pertinencia de la solución tecnológica planteada.

6.3.1. Visión artificial

La visión artificial puede entenderse como un campo de la inteligencia artificial orientado a que los sistemas tecnológicos capten, procesen e interpreten información visual proveniente de imágenes o videos, con el fin de reconocer elementos del entorno y extraer datos útiles para tareas de análisis y automatización (Tadjine et al., 2025).

Este concepto es esencial en el proyecto porque la propuesta se basa en el uso de imágenes o video para identificar materiales de construcción durante el proceso de despacho. Por tanto, la visión artificial se relaciona directamente con la necesidad de apoyar la revisión de productos como tubos y bultos de cemento, disminuyendo la dependencia exclusiva de la observación humana.

6.3.2. Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes comprende el conjunto de técnicas aplicadas sobre imágenes digitales para mejorarlas, transformarlas o analizarlas, de manera que sea posible resaltar características relevantes y facilitar la extracción de información útil para sistemas inteligentes (Tadjine et al., 2025).

Este concepto se vincula con el proyecto porque antes de detectar o contar materiales, el sistema necesita trabajar sobre la información visual capturada. En consecuencia, el procesamiento de imágenes constituye una base técnica que permite preparar el contenido visual para que pueda ser analizado por el modelo de visión artificial.

6.3.3. Detección de objetos

La detección de objetos es una tarea central de la visión artificial que consiste en identificar y localizar objetos de interés dentro de imágenes o videos, asignándoles una categoría y una posición dentro de la escena observada (Aldubaikhi et al., 2025).

Este concepto es importante en la investigación porque el sistema propuesto debe reconocer materiales visibles dentro del área de despacho. Así, la detección de objetos permite identificar qué productos están siendo preparados o cargados, lo que resulta necesario para apoyar la verificación del pedido.

6.3.4. YOLO

YOLO, sigla de You Only Look Once, es una familia de algoritmos de detección de objetos basada en aprendizaje profundo, reconocida por realizar la identificación y localización de objetos en tiempo real, combinando rapidez y precisión dentro de una sola arquitectura de procesamiento (Ali et al., 2024).

Este concepto debe incluirse porque representa la tecnología principal sobre la cual se apoya la propuesta del sistema. En el contexto del proyecto, YOLO se relaciona con la necesidad de detectar materiales de construcción de manera ágil durante el despacho y convertir esa evidencia visual en información útil para el control del proceso.

6.3.5. Verificación automatizada

La verificación automatizada puede entenderse como el proceso mediante el cual un sistema tecnológico comprueba datos, condiciones o elementos de manera automática, con menor dependencia de la intervención humana, buscando aumentar la precisión y reducir errores en tareas repetitivas (IBM, 2024).

Este concepto es central en la investigación porque el problema identificado no consiste solo en observar materiales, sino en comprobar si lo que realmente se despacha coincide con lo registrado en la venta. Por ello, la solución propuesta busca automatizar parte de esa validación.

6.3.6. Automatización de procesos

La automatización de procesos consiste en utilizar software y recursos tecnológicos para ejecutar tareas repetitivas o estructuradas de manera más eficiente, con el fin de agilizar operaciones, reducir errores y mantener un flujo de trabajo más estable (IBM, 2024).

Este concepto se relaciona con el proyecto porque actualmente la verificación del despacho depende principalmente de procedimientos manuales. En este sentido, la propuesta tecnológica pretende apoyar una parte del proceso mediante automatización, especialmente en la revisión de materiales frente a la factura.

6.3.7. Despacho de materiales

El despacho de materiales corresponde al conjunto de actividades mediante las cuales los productos vendidos son reunidos, revisados, preparados y entregados al cliente o cargados para su transporte, asegurando su salida física del establecimiento. Desde la perspectiva logística, estas actividades hacen parte del control del flujo de bienes desde un punto de origen hasta su destino (DHL, 2024).

Este concepto es clave porque la problemática del proyecto se ubica precisamente en ese momento operativo. La investigación no se enfoca en todos los procesos de la ferretería, sino específicamente en la etapa en la que los materiales son preparados y entregados.

6.3.8. Factura electrónica

La factura electrónica es un documento digital que soporta transacciones de venta de bienes o servicios y que, en Colombia, se genera, valida, expide, recibe y conserva electrónicamente, manteniendo validez fiscal y jurídica dentro del sistema de facturación del país (DIAN, 2024).

Este concepto es importante dentro del proyecto porque la factura se convierte en el referente documental con el cual debe compararse el despacho físico. Así, el sistema propuesto no solo detecta materiales, sino que busca contrastar esa detección con la información contenida en la factura.

6.3.9. Trazabilidad

La trazabilidad se refiere a la capacidad de recopilar, relacionar y seguir información sobre el origen, recorrido y estado de un producto o proceso, de manera que pueda verificarse su historial y su cadena de seguimiento a lo largo del tiempo (OECD, 2025).

Este concepto se vincula con la investigación porque uno de los problemas detectados en la ferretería es la dificultad para comprobar con certeza si el material despachado coincide con el registro documental. La solución propuesta busca fortalecer esa trazabilidad al relacionar factura, evidencia visual y registro del despacho.

6.3.10. Control logístico

El control logístico puede definirse como el conjunto de acciones orientadas a planificar, supervisar y verificar el flujo de materiales, productos o mercancías desde su punto de origen hasta su punto de destino, procurando que lleguen en la cantidad, tiempo y condiciones esperadas (DHL, 2024).

Este concepto debe estar presente porque el proyecto pretende fortalecer el control del proceso de salida de materiales en la ferretería. La herramienta propuesta busca precisamente apoyar la supervisión del despacho para reducir inconsistencias y mejorar la confiabilidad operativa.

6.3.11. Aplicación de escritorio

Una aplicación de escritorio es un programa de software diseñado para instalarse y ejecutarse directamente en un equipo de cómputo del usuario, funcionando de forma local en el dispositivo y permitiendo interacción directa con los recursos del sistema (Microsoft, 2026).

Este concepto se relaciona con el proyecto porque la solución planteada no corresponde a una aplicación web ni móvil, sino a una herramienta de escritorio. Su inclusión es pertinente dado que la ferretería requiere una solución local, práctica y ajustada al entorno operativo disponible.

6.3.12. Visualización de datos

La visualización de datos es la representación de información mediante recursos gráficos como diagramas, gráficas, tablas o infografías, con el propósito de comunicar relaciones y resultados de una manera más clara y fácil de interpretar (IBM, 2024).

Este concepto es relevante porque la aplicación no solo debe detectar materiales, sino también mostrar los resultados de manera clara para que el administrador o el trabajador encargado pueda analizarlos y compararlos con la factura.

6.3.13. Conteo manual

El conteo manual es un procedimiento de revisión física en el que las personas contabilizan productos sin apoyo automatizado, lo que puede hacerlo susceptible a errores por fatiga, presión de tiempo, interrupciones o diversidad de artículos dentro del inventario (The New Warehouse, 2024).

Este concepto debe aparecer porque representa una de las condiciones actuales del problema en la Ferretería Durán. El proyecto parte precisamente de la necesidad de apoyar o complementar ese conteo manual con una herramienta tecnológica que haga más confiable la verificación.

6.3.14. Precisión

La precisión, en el contexto de la detección de objetos, se refiere al grado de exactitud con el que un sistema identifica correctamente los objetos detectados, evaluando qué tan confiables son sus predicciones positivas dentro del proceso de reconocimiento visual (Aldubaikhi et al., 2025).

Este concepto se relaciona con el proyecto porque uno de los propósitos principales de la propuesta es reducir errores en la revisión del despacho. Por ello, la precisión resulta necesaria para entender qué tan confiable puede ser la detección de materiales dentro del sistema.

6.3.15. Materiales de construcción

Los materiales de construcción son sustancias o productos, naturales o manufacturados, utilizados específicamente para fines constructivos y destinados a la creación, adecuación o reparación de estructuras (ScienceDirect Topics, 2024).

Este concepto debe incluirse porque constituye el objeto directo de análisis del sistema propuesto. La solución tecnológica no se orienta a cualquier clase de producto, sino específicamente a materiales comercializados en la ferretería y asociados al proceso de despacho que se desea verificar.

6.4. MARCO LEGAL

El marco legal del presente proyecto se estructura a partir de las normas que guardan relación directa con el tratamiento de información electrónica, la facturación electrónica, la protección de datos personales, el uso de tecnologías de la información y la seguridad en el trabajo. Su finalidad es brindar sustento jurídico al diseño y desarrollo de una aplicación de escritorio con apoyo de visión artificial para la verificación del despacho de materiales en la Ferretería Durán.

6.4.1. Ley 527 de 1999

Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales. Esta ley es una de las bases más importantes del proyecto, porque la aplicación trabajará con información contenida en documentos electrónicos, especialmente facturas en formato digital. El artículo 2 define los conceptos aplicables a los mensajes de datos; el artículo 5 reconoce su validez jurídica; y el artículo 6 establece que el requisito de información “por escrito” puede satisfacerse con un mensaje de datos, siempre que sea accesible para su posterior consulta. Esto resulta pertinente para el proyecto, ya que la solución propuesta toma como insumo documentos electrónicos asociados al proceso de facturación y despacho (Congreso de la República de Colombia, 1999).

6.4.2. Ley 1341 de 2009

Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las TIC. Esta norma sirve de soporte general para el desarrollo de soluciones tecnológicas dentro del contexto empresarial. El artículo 2 establece como principio orientador que la investigación, el fomento, la promoción y el desarrollo de las TIC son una política de Estado, y también promueve su uso y apropiación entre ciudadanos y empresas. Asimismo, el artículo 3 reconoce que el acceso y uso de las TIC, junto con el desarrollo de contenidos y aplicaciones, son pilares de la sociedad de la información y del conocimiento. En el proyecto, esta ley fundamenta el uso de una solución informática para fortalecer el control logístico y mejorar la gestión del despacho (Congreso de la República de Colombia, 2009).

6.4.3. Ley 1562 de 2012

Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional. Esta ley se relaciona con el proyecto porque uno de los elementos del problema corresponde a los riesgos asociados a la sobrecarga de vehículos pequeños y a la falta de control en condiciones seguras de despacho. El artículo 1 modifica el sistema de riesgos laborales y sirve de base para la gestión preventiva de los peligros presentes en la actividad laboral. Su inclusión es pertinente porque el proyecto no solo busca mejorar la verificación de materiales, sino también reducir condiciones operativas que pueden favorecer incidentes o prácticas inseguras (Congreso de la República de Colombia, 2012).

6.4.4. Ley 1581 de 2012

Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Esta ley resulta directamente aplicable al proyecto debido a que la aplicación podrá almacenar información de facturación, registros operativos e incluso datos visuales que involucren personas. El artículo 4 establece los principios para el tratamiento de datos personales, entre

ellos legalidad, finalidad, libertad, veracidad, transparencia y seguridad. Además, el artículo 17 fija deberes para los responsables del tratamiento, como garantizar el ejercicio del hábeas data, solicitar y conservar la autorización del titular e informar la finalidad de la recolección. Por tanto, si el sistema registra o conserva nombres, identificaciones, videos o imágenes donde puedan identificarse personas, deberá ajustarse a este régimen de protección de datos (Congreso de la República de Colombia, 2012).

6.4.5. Decreto 1072 de 2015

Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Este decreto desarrolla el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y resulta pertinente por la relación del proyecto con riesgos de manipulación de carga y posibles sobrecargas en el transporte. El artículo 2.2.4.6.4 regula el SG-SST; el artículo 2.2.4.6.8 establece las obligaciones del empleador frente a la protección de la seguridad y salud de los trabajadores; y el artículo 2.2.4.6.12 exige mantener documentación y soportes del sistema. En el contexto del proyecto, esta norma refuerza la necesidad de que el proceso de despacho se desarrolle bajo criterios de control, prevención y registro, especialmente cuando intervienen materiales pesados y actividades de cargue (Presidencia de la República de Colombia, 2015).

6.4.6. Decreto 1074 de 2015

Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo. En materia de protección de datos personales, este decreto compila reglas que son aplicables al proyecto. El artículo 2.2.2.25.2.1 señala que la recolección de datos personales debe limitarse a los datos pertinentes y adecuados para la finalidad con la cual se recolectan. El artículo 2.2.2.25.3.2 regula el aviso de privacidad, que debe informarse al titular a más tardar en el momento de la recolección de los datos. Y el artículo 2.2.2.25.3.4 exige conservar el modelo del aviso de privacidad mientras se traten los datos y subsistan las obligaciones derivadas de dicho tratamiento. Estas disposiciones son relevantes si la aplicación llega a almacenar imágenes, videos, datos del personal o datos vinculados a clientes y facturas (Presidencia de la República de Colombia, 2015).

6.4.7. Decreto 1625 de 2016

Decreto Único Reglamentario en Materia Tributaria. Esta norma es importante porque el proceso actual de la ferretería ya está vinculado a la facturación electrónica. De acuerdo con la DIAN, la obligación de facturar se encuentra desarrollada por el artículo 1.6.1.4.1 del Decreto 1625 de 2016, y los sujetos obligados a expedir factura electrónica se relacionan con el artículo 1.6.1.4.2. En consecuencia, aunque el software del proyecto no reemplaza el sistema de facturación, sí se articula con información proveniente de la factura electrónica y debe respetar el marco legal que regula ese documento como soporte del proceso comercial (Presidencia de la República de Colombia, 2016).

6.4.8. Decreto 358 de 2020

Por el cual se reglamentan disposiciones del sistema de facturación y se sustituye el capítulo correspondiente del Decreto 1625 de 2016. Este decreto resulta clave porque actualiza la regulación de la factura electrónica. La normativa dispone que las facturas electrónicas, para su reconocimiento tributario, deben ser validadas previamente por la DIAN o por un proveedor

autorizado, y que la factura electrónica solo se entiende expedida cuando ha sido validada y entregada al adquirente. En el proyecto, esta disposición es importante porque la aplicación utilizará la factura electrónica como fuente de contraste frente a los materiales efectivamente despachados, por lo cual la integridad y trazabilidad de este documento es central para la solución propuesta (Presidencia de la República de Colombia, 2020).

6.4.9. Resolución 0312 de 2019

Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Esta resolución complementa el Decreto 1072 de 2015 y fija los estándares mínimos que deben cumplir empleadores y contratantes. El artículo 1 define su objeto y el artículo 2 su campo de aplicación. Además, para empresas de menor tamaño, la resolución prevé estándares específicos según número de trabajadores y nivel de riesgo. En un proyecto como este, su pertinencia radica en que el despacho de materiales involucra actividades con exposición a riesgos físicos y de manipulación, por lo que el control operativo también debe observar la normatividad mínima en SST (Ministerio del Trabajo, 2019).

6.4.10. Resolución DIAN 000165 de 2023

Por la cual se desarrolla el sistema de facturación, se adoptan anexos técnicos y se dictan otras disposiciones en materia de facturación electrónica. Esta resolución es una de las más directamente relacionadas con el proyecto. El artículo 60 adopta la versión 1.9 del anexo técnico de factura electrónica de venta, y el artículo 62 regula los términos de adopción de dichos anexos técnicos. En consecuencia, como la aplicación propuesta analizará facturas electrónicas en PDF para extraer y comparar datos de despacho, resulta indispensable reconocer que estos documentos responden a condiciones técnicas definidas. (DIAN, 2023).

6.5. MARCO INSTITUCIONAL

La investigación se desarrolla en la Ferretería Durán, un establecimiento comercial ubicado en el municipio de Apulo, Cundinamarca, dedicado a la comercialización de materiales y herramientas para la construcción, mantenimiento y mejoras en el hogar. Este tipo de establecimientos cumple un papel importante dentro de las economías locales, ya que facilita el acceso a insumos necesarios para actividades de construcción, remodelación y mantenimiento tanto en viviendas como en pequeños proyectos de infraestructura. En el caso particular de la Ferretería Durán, la organización cuenta con una estructura operativa pequeña conformada por aproximadamente cinco trabajadores, quienes se encargan de las actividades relacionadas con la atención al cliente, la gestión de inventarios y la preparación de pedidos para despacho.

Como ocurre en muchas pequeñas empresas comerciales, gran parte de los procesos operativos se realizan mediante procedimientos manuales o con apoyo limitado de herramientas tecnológicas. Estas condiciones son comunes en micro y pequeñas empresas, donde la adopción de tecnologías digitales suele ser progresiva debido a factores como recursos disponibles, tamaño de la organización y naturaleza de las operaciones. En este contexto, la Ferretería Durán representa un escenario organizacional adecuado para el desarrollo de iniciativas académicas orientadas a explorar la aplicación de herramientas tecnológicas que permitan apoyar procesos operativos dentro de un entorno empresarial real.

Por esta razón, la organización constituye el contexto institucional en el cual se enmarca el desarrollo del presente proyecto de investigación.

6.6. MARCO GEOGRÁFICO

El trabajo de investigación se desarrolla en el municipio de Apulo, ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia. Este municipio pertenece a la provincia del Tequendama y se encuentra aproximadamente a 100 kilómetros de la ciudad de Bogotá, capital del país. Apulo se caracteriza por ser un municipio de tamaño pequeño cuya actividad económica se basa principalmente en el comercio local, el turismo y algunas actividades relacionadas con el sector agropecuario. Debido a su ubicación dentro del departamento de Cundinamarca, el municipio presenta una dinámica comercial orientada al abastecimiento de bienes y servicios para la población local y visitantes. En este contexto territorial se encuentra ubicada la Ferretería Durán, establecimiento comercial donde se desarrolla el presente proyecto de investigación.

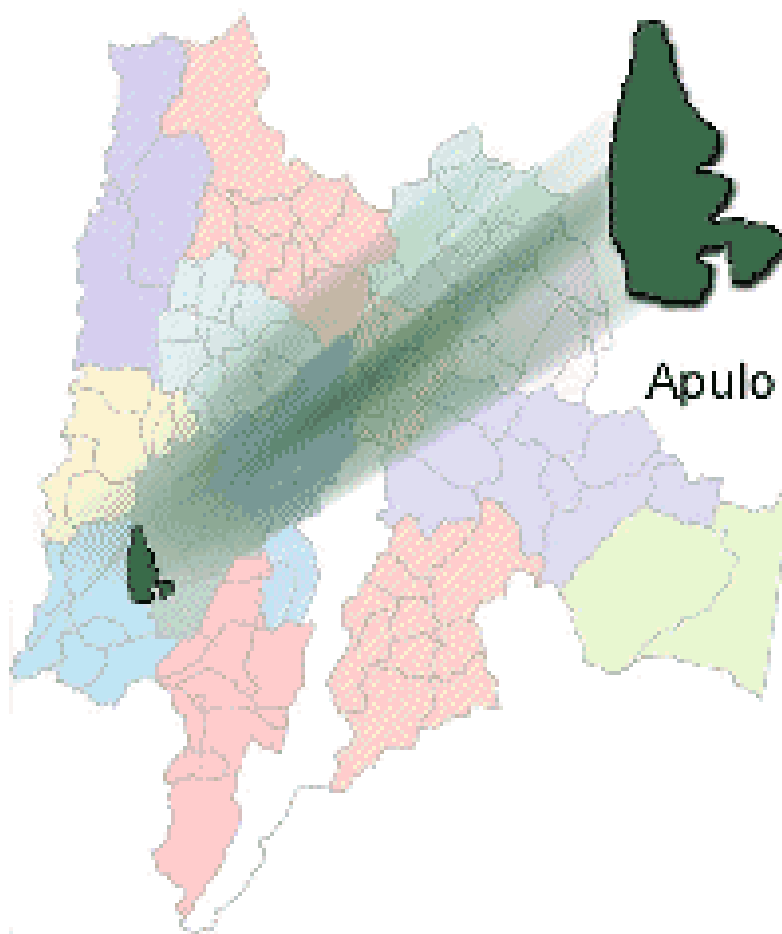


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Apulo, Cundinamarca

Fuente. (Gobernación de Cundinamarca, 2025)

6.7. MARCO DEMOGRÁFICO.

El presente proyecto de investigación se desarrolla en el municipio de Apulo, ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia. De acuerdo con información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, los municipios de tamaño pequeño en el país presentan dinámicas poblacionales asociadas principalmente a actividades comerciales locales, turismo y actividades agropecuarias. En este contexto, Apulo se caracteriza por ser un municipio con una población relativamente reducida en comparación con los principales centros urbanos del departamento, lo que influye en la organización de las actividades económicas y comerciales que se desarrollan dentro del territorio (DANE, 2018).

Según el (Censo Nacional de Población y Vivienda, 2018), el municipio de Apulo cuenta con una población aproximada de 8.000 habitantes, distribuidos entre el área urbana y rural. Una parte importante de la población se concentra en el casco urbano del municipio, donde se desarrollan la mayoría de las actividades comerciales y de servicios que atienden las necesidades de la comunidad local y de los visitantes que llegan a la región. En esta zona urbana se encuentran diferentes establecimientos comerciales que suministran bienes y servicios para la población, entre ellos negocios dedicados a la comercialización de materiales para construcción y mantenimiento.

Por otra parte, la distribución poblacional entre zonas urbanas y rurales influye en la dinámica económica del municipio, ya que gran parte de la actividad comercial se concentra en el área urbana, donde se ubican los principales establecimientos de comercio que abastecen a la población. En este contexto demográfico operan diferentes microempresas y pequeños negocios que cumplen un papel importante en el suministro de productos necesarios para la comunidad. Entre estos establecimientos se encuentra la Ferretería Durán, empresa en la cual se desarrolla el presente proyecto de investigación.

Las características demográficas de municipios como Apulo influyen en la forma en que operan los pequeños establecimientos comerciales, los cuales generalmente cuentan con estructuras organizacionales reducidas y procesos operativos adaptados al tamaño del mercado local. En este escenario, el contexto demográfico del municipio constituye un elemento relevante para comprender el entorno en el cual se desarrolla el presente proyecto y donde se plantea la aplicación de herramientas tecnológicas que apoyen procesos operativos dentro de una empresa comercial local.

7. HIPÓTESIS

7.1 Hipótesis de trabajo

El desarrollo de una aplicación de escritorio basada en visión artificial para la verificación de materiales permitirá fortalecer el control del despacho y disminuir errores en la entrega de productos en la Ferretería Durán.

7.2 Variable independiente

Desarrollo de una aplicación de escritorio basada en visión artificial para la verificación de materiales en el proceso de despacho de la Ferretería Durán.

7.3 Variables dependientes

7.3.1 Control del despacho de materiales

Nivel de control y seguimiento que se puede realizar sobre los materiales preparados para entrega, mediante la comparación entre los productos registrados y los materiales verificados durante el despacho.

7.3.2 Verificación de materiales en los pedidos

Correspondencia entre los materiales registrados en la factura o pedido y los materiales identificados durante el proceso de despacho con apoyo de la aplicación desarrollada.

7.3.3 Errores en la entrega de productos

Diferencias o inconsistencias que puedan presentarse entre los materiales registrados para despacho y los materiales efectivamente entregados al cliente.

7.3.4 Registro de información del proceso de despacho

Disponibilidad de información relacionada con los materiales verificados durante el despacho, útil para apoyar el control y seguimiento del proceso dentro de la aplicación.

8 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del presente proyecto se establece un diseño metodológico que permite orientar las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados en la investigación. A través de este enfoque metodológico se describen los procedimientos que se seguirán para analizar el proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán y desarrollar una aplicación de escritorio que incorpore técnicas de visión artificial para la visualización y verificación de datos logísticos. De esta manera, la metodología permite organizar las etapas del proyecto, desde la recopilación de información sobre el proceso actual hasta el desarrollo y prueba de la herramienta informática propuesta dentro del entorno de la empresa.

8.1 ÁREA DE INVESTIGACIÓN:

El presente proyecto de investigación se ubica dentro del área de Desarrollo de Software, específicamente en el desarrollo de aplicaciones que integran técnicas de visión artificial para el procesamiento y visualización de información en entornos organizacionales. Esta área se relaciona con el diseño, construcción y uso de sistemas informáticos que permiten apoyar diferentes procesos dentro de las empresas mediante herramientas tecnológicas. En este contexto, el proyecto propone el diseño y desarrollo de una aplicación de escritorio que utiliza técnicas de visión artificial para la visualización y verificación de datos logísticos durante el proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán. De esta manera, la investigación se orienta al desarrollo de una solución informática que permita apoyar la revisión de los materiales asociados a los pedidos mediante el análisis de imágenes y la presentación de la información dentro de una interfaz de software.

8.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Este proyecto está asociado a la línea de investigación del programa de ingeniería el cual se denomina: Diseño y desarrollo de software, infraestructura de Sistemas Informáticos y Gestión e innovación de Sistemas Informáticos.

8.3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:

8.3.1 Tipo de investigación

El proyecto se desarrolla bajo un tipo de investigación descriptiva, ya que busca analizar y describir el proceso de despacho de materiales que se realiza en la Ferretería Durán, con el propósito de comprender cómo se registran y verifican actualmente los productos asociados a los pedidos. Este tipo de investigación permite caracterizar las condiciones y actividades que hacen parte del proceso logístico dentro de la empresa, identificando los elementos que intervienen en la preparación y revisión de los materiales antes de su entrega.

De acuerdo con (McCombes, 2023), la investigación descriptiva tiene como propósito describir de manera precisa y sistemática una población, situación o fenómeno, permitiendo identificar sus características, tendencias y categorías dentro de un contexto determinado. De esta manera, el proyecto describe el proceso actual de despacho de materiales en la empresa y

plantea el desarrollo de una aplicación de escritorio basada en técnicas de visión artificial que permita apoyar la visualización y verificación de los materiales durante dicho proceso.

8.3.2 Enfoque de la investigación

El presente proyecto se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, debido a que busca comprender de manera detallada la problemática relacionada con el proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán, identificando las necesidades, dificultades y percepciones de los participantes involucrados en la operación logística. Este enfoque permite analizar el fenómeno dentro de su contexto real, priorizando la interpretación de la información obtenida a partir de las experiencias de los actores sobre la medición estadística de variables.

De acuerdo con Hernández-Flórez y Klimenko (2025), el enfoque cualitativo se orienta a la comprensión profunda de fenómenos sociales o humanos desde la perspectiva de los participantes, utilizando técnicas como las entrevistas, la observación y el análisis del discurso para interpretar significados y contextos. Asimismo, este enfoque se caracteriza por su flexibilidad metodológica y por construir el conocimiento de forma inductiva, a partir de la información recolectada.

En concordancia con lo anterior, la investigación empleó como técnica principal de recolección de información la entrevista semiestructurada, la cual permitió obtener información detallada sobre el proceso actual de despacho de materiales, las dificultades presentes y los requerimientos funcionales esperados para la solución propuesta. La utilización de este instrumento favoreció la comprensión del contexto organizacional y proporcionó información relevante para el análisis del problema y el diseño de la aplicación de escritorio basada en visión artificial.

8.3.3 Carácter de la investigación

La investigación presenta un carácter aplicado y tecnológico, debido a que se orienta al desarrollo de una solución informática que busca atender una necesidad específica dentro de un contexto organizacional real. En este caso, el proyecto se centra en el diseño y desarrollo de una aplicación de escritorio que incorpora técnicas de visión artificial para apoyar la visualización y verificación de datos logísticos durante el proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán.

En primer lugar, el estudio posee un carácter aplicado, ya que utiliza conocimientos y herramientas existentes del área de la ingeniería de sistemas para abordar un problema concreto dentro de una empresa. De acuerdo con (Coursera Staff, 2026), la investigación aplicada tiene como propósito encontrar soluciones a problemas prácticos mediante investigación original, transformando el conocimiento teórico en soluciones que generen beneficios reales para personas, organizaciones y la sociedad. En este sentido, el proyecto utiliza conceptos relacionados con el desarrollo de software y el procesamiento de imágenes para construir una herramienta que apoye la revisión de los materiales asociados a los pedidos dentro del proceso de despacho.

Por otra parte, la investigación también presenta un carácter tecnológico, ya que el propósito principal del estudio consiste en el diseño y construcción de una herramienta informática que permita apoyar un proceso dentro de la empresa. En este sentido, (Coursera Staff, 2025)

señala que el ciclo de vida del desarrollo de software comprende el proceso de planificar, escribir, modificar y mantener software, mediante una serie de etapas orientadas a crear productos funcionales de calidad. En este contexto, el proyecto busca desarrollar una aplicación de escritorio que utilice técnicas de visión artificial para apoyar la verificación de los materiales durante el proceso de despacho.

8.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

8.4.1 Población

La población de la presente investigación corresponde a una población finita, conformada por los cinco (5) colaboradores que integran la estructura operativa y administrativa de la Ferretería Durán, ubicada en el municipio de Apulo, Cundinamarca. Entre estos participantes se encuentran el propietario del establecimiento, el administrador y los auxiliares encargados de las actividades de bodega y logística.

Estos colaboradores participan directamente en las actividades relacionadas con la recepción de pedidos, preparación de materiales, asignación de carga y verificación de los productos antes de su despacho. Debido a su participación directa en el proceso logístico de la empresa, constituyen la población objeto de estudio para el desarrollo de la presente investigación.

8.4.2 Muestra

La muestra de la investigación está conformada por cinco (5) participantes, correspondientes a los colaboradores que integran la estructura operativa y administrativa de la Ferretería Durán. Debido a que la población objeto de estudio es reducida, se decidió trabajar con la totalidad de los sujetos que participan en el proceso de despacho de materiales, por lo que la muestra coincide con la población definida para la investigación.

La selección de los participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, considerando que los colaboradores incluidos en el estudio poseen conocimiento directo del proceso logístico que se analiza. De acuerdo con (Nikolopoulou, 2023), el muestreo intencional es un método de muestreo no probabilístico en el que los participantes son seleccionados deliberadamente por poseer características específicas y por su capacidad para aportar información útil a los objetivos del estudio. En este caso, la participación de los colaboradores de la empresa permite obtener información sobre el funcionamiento del proceso de despacho de materiales, lo cual facilita la identificación de los requerimientos necesarios para el desarrollo de la aplicación propuesta.

8.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.5.1 Técnica de recolección

Para la recolección de la información en la presente investigación se utilizará la entrevista semiestructurada como técnica principal de obtención de datos. Esta técnica permitirá recopilar información directamente de los colaboradores de la Ferretería Durán que participan en las actividades relacionadas con el proceso de despacho de materiales, con el propósito de

conocer cómo se desarrollan actualmente las tareas asociadas a la preparación, verificación y entrega de los productos.

La entrevista semiestructurada se caracteriza por utilizar un conjunto de preguntas previamente definidas que orientan la conversación con los participantes, permitiendo al mismo tiempo profundizar en algunos aspectos del proceso cuando sea necesario. De esta manera, esta técnica facilita obtener información detallada sobre el funcionamiento del proceso logístico dentro de la empresa y comprender las actividades que realizan los colaboradores durante la revisión de los materiales asociados a los pedidos. Según (George, 2023), la entrevista semiestructurada es un método de recolección de datos que se apoya en preguntas formuladas dentro de un marco temático previamente establecido, conservando la flexibilidad necesaria para profundizar en temas relevantes que surgen durante la interacción con los participantes. En este contexto, la aplicación de entrevistas a los colaboradores de la empresa permitirá identificar las características del proceso actual de despacho de materiales y recopilar información que contribuya a definir los requerimientos del sistema propuesto.

8.5.2 Instrumentos de recolección

Tabla 1. Entrevista semiestructurada

Entrevista semiestructurada
Objetivo: Recolectar información sobre el proceso actual de venta, despacho y verificación de materiales en la Ferretería Durán, con el fin de identificar cómo se realiza la entrega de productos al cliente, qué dificultades se presentan durante el proceso y qué aspectos podrían mejorarse para reducir errores en el despacho.
Participantes: Trabajadores de la Ferretería Durán que participan en las actividades de atención al cliente, registro de ventas y despacho de materiales.
1. Información general del entrevistado
¿Cuál es su función dentro de la ferretería? ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?
2. Proceso de venta y despacho de materiales
¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución? - Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente? ¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?
3. Verificación de materiales
¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura? ¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente? - Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?
4. Dificultades en el proceso de despacho

- ¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?
- ¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?
- ¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?

5. Opinión sobre el proceso actual

- ¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?
- Desde su experiencia, ¿qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?

Fuente. Elaboración propia, 2026

8.5.3 Validación del instrumento

La validación del instrumento de recolección de datos es un proceso orientado a verificar que las preguntas formuladas sean adecuadas para obtener la información requerida, de acuerdo con los objetivos de la investigación. En la presente investigación, este proceso resulta fundamental debido a que se empleará una entrevista semiestructurada, por lo que se requiere que las preguntas sean claras, pertinentes y comprensibles para los trabajadores de la Ferretería Durán.

En este caso, la validación del instrumento se llevará a cabo mediante la revisión de la guía de entrevista por parte del docente tutor que orienta el desarrollo del proyecto de grado, quien, desde su conocimiento metodológico y académico, evaluará la claridad, coherencia y pertinencia de cada una de las preguntas incluidas en el instrumento. Este tipo de revisión resulta importante, ya que en la validación de entrevistas semiestructuradas se busca comprobar que las preguntas sean comprensibles, estén alineadas con los objetivos del estudio y permitan obtener información relevante para la investigación (Sánchez-Guardiola Paredes et al., 2021).

Asimismo, este proceso permitirá identificar posibles preguntas ambiguas, repetitivas o poco relacionadas con el propósito del estudio, de manera que puedan realizarse los ajustes necesarios antes de su aplicación. De esta forma, se busca asegurar que la entrevista semiestructurada responda de manera adecuada al contexto de la investigación y facilite la obtención de información útil, precisa y coherente con el problema planteado.

En este sentido, la validación del instrumento contribuirá a mejorar la calidad de la información recolectada, ya que permitirá fortalecer la estructura de la entrevista antes de su aplicación definitiva. Así, se garantiza que el instrumento mantenga correspondencia con los objetivos de la investigación y con la realidad del proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán.

8.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados en la presente investigación se realizará de acuerdo con el enfoque mixto adoptado y con el uso de la entrevista semiestructurada como técnica principal de recolección de información. En este sentido, el proceso de organización de los datos consistirá en sistematizar las respuestas obtenidas de los trabajadores de la Ferretería Durán, así como en ordenar la información relevante derivada del proceso analizado, con el fin de facilitar su interpretación y relacionarla con los objetivos del estudio.

La información recolectada mediante las entrevistas semiestructuradas será transcrita y revisada de manera detallada. Posteriormente, se realizó una codificación inicial de las respuestas, identificando ideas clave relacionadas con el proceso de venta y despacho, la verificación de materiales, el uso de herramientas de apoyo, las dificultades del proceso y las oportunidades de mejora. A partir de esta codificación, la información fue agrupada en categorías de análisis y organizada en una matriz de análisis, lo que permitió comparar las percepciones de los participantes e identificar patrones, coincidencias y diferencias en torno al funcionamiento actual del proceso de despacho de materiales.

En este caso, las categorías de análisis fueron orientadas a aspectos como el proceso actual de venta y despacho, la verificación de materiales, el uso del software Siigo en la facturación, la ausencia de una herramienta tecnológica específica para la verificación del despacho, los errores en la entrega, las dificultades en el conteo y las oportunidades de mejora. Esta organización permitió comprender de manera más clara cómo se desarrolla actualmente el proceso y cuáles son los puntos en los que se presentan mayores debilidades.

Posteriormente, se realizó un análisis interpretativo de la información, orientado a comprender cómo se desarrolla actualmente la verificación de los materiales entregados al cliente, cuáles son las principales dificultades del proceso y qué factores pueden incidir en la ocurrencia de errores. De acuerdo con McLeod (2024), el análisis temático es un método de investigación cualitativa que permite identificar, analizar e interpretar patrones de significado compartido dentro de un conjunto de datos, como entrevistas, discusiones grupales, encuestas u otro tipo de información textual. En este sentido, el análisis de la información se apoyará en procesos de codificación, agrupación de categorías e identificación de patrones, con el propósito de interpretar de manera contextual las dinámicas presentes en el proceso de despacho de materiales de la empresa.

De manera complementaria, dado que la investigación se desarrolla desde un enfoque mixto, la organización de los resultados también permitirá integrar información cuantificable derivada de aspectos observables del proceso, tales como recurrencia de errores, frecuencia de dificultades identificadas o presencia de situaciones comunes dentro del despacho. Esta integración de información cualitativa y cuantificable permitirá construir una visión más amplia del problema estudiado y servirá como base para fundamentar la propuesta de solución planteada en el proyecto.

8.6.1 Desarrollo de la entrevista semiestructurada

A continuación, se presenta el desarrollo de la entrevista semiestructurada aplicada a los colaboradores de la Ferretería Durán que participan en el proceso de venta, facturación y despacho de materiales. La información recopilada permitió conocer, desde la experiencia de cada participante, cómo se realiza actualmente la preparación, verificación y entrega de los productos, así como las principales dificultades y aspectos susceptibles de mejora dentro del proceso de despacho.

- **Persona 1:**

Tabla 2. *Respuestas de entrevista persona 1*

N.	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su función dentro de la ferretería?	Soy el administrador y estoy pendiente de las ventas, la organización del negocio, el control del inventario y que los despachos salgan bien.
2	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?	Llevo 7 años trabajando en la ferretería.
3	¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?	Los que más cuidado requieren son el cemento, las varillas, los tubos y algunos aceros, porque son materiales de alto movimiento, de valor importante y donde un error en la entrega afecta bastante.
4	Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?	Después de hacer la venta, se genera la factura en Siigo y con base en esa factura se pasa la información al personal de despacho. Ellos reúnen el material, lo cuentan y luego se entrega al cliente o se carga al transporte.
5	¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?	Participa la persona que factura, el personal de despacho y a veces yo también reviso cuando se trata de pedidos grandes o cuando hay alguna duda.
6	¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?	Se revisa la factura y se compara con el material que se está sacando. El conteo se hace manualmente antes de la entrega.
7	¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?	Se cuentan uno por uno o por grupos, dependiendo del material. El cemento se revisa por bultos y en tubos o varillas toca ser más cuidadosos.
8	Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?	Generalmente lo confirma el encargado del despacho, aunque en algunos casos también lo revisa la persona que facturó o yo como administrador.
9	¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?	Principalmente en la parte del conteo y en el momento de cargar, sobre todo cuando hay varios pedidos al tiempo.
10	¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?	Que algunos materiales son pesados, otros se parecen mucho y cuando hay afán o interrupciones se puede perder la cuenta.
11	¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?	Sí ha pasado, aunque no es frecuente. Se detecta cuando el cliente avisa o cuando después se revisa el pedido. Han sido pocas ocasiones, unas 2 o 3 veces que yo recuerde.

N.	Pregunta	Respuesta
12	¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?	Es funcional, pero no totalmente confiable porque depende mucho de la atención del trabajador.
13	¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?	Mejorar la forma de verificar antes de entregar y tener un apoyo más exacto para confirmar las cantidades.

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Persona 2:**

Tabla 3. Respuestas de entrevista persona 2

N.	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su función dentro de la ferretería?	Yo me encargo de atender a los clientes y hacer la facturación.
2	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?	Llevo 4 años.
3	¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?	Diría que cemento, tubos, varillas y algunos materiales de construcción que se venden en cantidades grandes.
4	Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?	Se hace la factura en Siigo y luego yo le informo al personal de despacho qué materiales lleva el cliente. Ellos buscan el material y lo alistan para la entrega.
5	¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?	Yo en la parte de la venta y la factura, y los compañeros de despacho en la parte de reunir y entregar los materiales.
6	¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?	Se compara la factura con el material que se está sacando y se cuenta manualmente.
7	¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?	Se cuentan a mano. En algunos casos se hace rápido, pero cuando son tubos o varillas toca revisar con más cuidado.
8	Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?	Principalmente el despachador, aunque yo también reviso que la factura esté bien hecha.
9	¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?	Cuando hay varios clientes esperando o cuando se cruzan varios pedidos al mismo tiempo.
10	¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?	A veces hay afán y la comunicación entre factura y despacho puede no ser tan clara. También hay materiales que se parecen y eso puede confundir.
11	¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?	Sí, algunas veces. Generalmente se detecta por reclamo del cliente o porque al revisar se nota el error. Yo diría que unas 2 veces.
12	¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?	Es aceptable, pero sí puede fallar.

N.	Pregunta	Respuesta
13	¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?	Que hubiera una forma más clara de confirmar lo que sale con lo que está en la factura.

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Persona 3:**

Tabla 4. Respuestas de entrevista persona 3

N.	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su función dentro de la ferretería?	Trabajo en el despacho y me encargo de buscar, contar y entregar materiales.
2	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?	Llevo 6 años.
3	¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?	Los más delicados son cemento, tubos y varillas, porque se venden mucho y cualquier error en cantidad se nota.
4	Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?	Nos pasan la factura y con eso empezamos a reunir el pedido. Después contamos el material y lo entregamos o lo cargamos.
5	¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?	La persona de la venta y nosotros, los que estamos en despacho.
6	¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?	Mirando la factura y contando el material antes de sacarlo.
7	¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?	Se cuentan manualmente. El cemento es por bultos, pero tubos y varillas casi siempre toca uno por uno o por grupos pequeños.
8	Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?	Generalmente el que está despachando, y a veces otro compañero ayuda a revisar.
9	¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?	Cuando hay mucha carga de trabajo o cuando lo interrumpen a uno mientras está contando.
10	¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?	Que se puede perder la cuenta, que algunos materiales son parecidos y que a veces los pedidos grandes toman más tiempo.
11	¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?	Sí, ha pasado. Se detecta porque el cliente reclama o porque al volver a revisar la factura nos damos cuenta. Unas 3 veces más o menos.
12	¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?	No del todo, porque depende mucho de la persona que está contando.
13	¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?	Tener una mejor forma de revisar antes de entregar y no depender solo de la cuenta manual.

• **Persona 4**

Tabla 5. Respuestas de entrevista persona 4

N.	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su función dentro de la ferretería?	Apoyo en bodega y despacho de materiales.
2	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?	Llevo 3 años.
3	¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?	Cemento, tubos, hierro y varillas, porque son materiales que requieren orden y cuidado al manipular.
4	Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?	Cuando ya está la factura, nos dicen qué hay que sacar, se reúne el material y después se entrega.
5	¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?	Los de facturación, los de despacho y a veces el administrador cuando toca revisar algo.
6	¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?	Comparando el material con la factura y haciendo el conteo antes de la entrega.
7	¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?	A mano, revisando unidades o grupos según el material.
8	Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?	Normalmente el compañero que lidera el despacho.
9	¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?	En la parte final, cuando ya se está cargando y hay afán.
10	¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?	Que algunos materiales son largos, pesados o muy parecidos, y eso hace que se complique revisarlos rápido.
11	¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?	Sí, ha pasado pocas veces. Se corrige revisando de nuevo y entregando lo que faltó. Yo recuerdo unas 2 ocasiones.
12	¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?	Es útil, pero puede presentar fallas.
13	¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?	Que la revisión final sea más estricta y que haya más apoyo para confirmar cantidades.

- **Persona 5**

Tabla 6. Respuestas de entrevista persona 5

N.	Pregunta	Respuesta
1	¿Cuál es su función dentro de la ferretería?	Trabajo como auxiliar y apoyo en el movimiento, organización y entrega de materiales.
2	¿Cuánto tiempo lleva trabajando en la ferretería?	Llevo 2 años.
3	¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?	Los materiales pesados y los de mayor salida, como cemento y varillas.
4	Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?	Después de la venta nos indican qué materiales hay que preparar y nosotros ayudamos a reunirlos para la entrega.
5	¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?	El que factura, los de despacho y los que apoyamos en cargar y organizar.
6	¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?	Mirando la factura y contando antes de sacar el material.
7	¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?	Se cuentan manualmente, dependiendo del material.
8	Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?	Casi siempre el encargado del despacho.
9	¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?	Cuando toca hacer varias cosas al mismo tiempo y se pierde el orden.
10	¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?	Que algunos materiales son incómodos de mover y eso hace más difícil contarlos bien.
11	¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?	Sí, aunque no muy seguido. Normalmente se detecta después y se corrige con una nueva revisión. Unas 2 veces.
12	¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?	No completamente, porque todo se hace manual.
13	¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?	Que haya una forma más exacta de revisar el material antes de entregarlo.

Fuente. Elaboración propia, 2026

8.6.2 Análisis e interpretación de los resultados

A partir de la información recolectada mediante la entrevista semiestructurada, se realizó un análisis comparativo de las respuestas dadas por los cinco participantes, con el propósito de identificar similitudes, diferencias y hallazgos relevantes sobre el proceso actual de despacho

de materiales en la Ferretería Durán. Para este análisis se priorizaron las preguntas directamente relacionadas con la problemática investigada. A continuación, se presenta el análisis individual de las preguntas seleccionadas.

- **Pregunta 1. ¿Cuál es su función dentro de la ferretería?**

Las respuestas evidencian que los participantes desempeñan funciones diferentes pero complementarias dentro de la operación del negocio. La Persona 1 se identifica como administrador, con responsabilidades sobre ventas, organización, inventario y supervisión del despacho. La Persona 2 se encarga de atención al cliente y facturación. Las Personas 3, 4 y 5 cumplen funciones directamente relacionadas con bodega, despacho, movimiento y entrega de materiales.

Como similitud principal, se observa que todos los entrevistados participan de manera directa o indirecta en el proceso de venta y despacho. La diferencia radica en el nivel de responsabilidad y en la etapa del proceso en la que intervienen. Mientras unos participan desde el registro administrativo de la venta, otros lo hacen desde la preparación física y la entrega del pedido.

A partir de ello, se concluye que el proceso de despacho involucra varios actores con funciones diferenciadas, lo que confirma que la verificación de materiales no depende de una sola persona, sino de la coordinación entre áreas de facturación, administración y despacho.

- **Pregunta 3. ¿Cuáles cree usted que son los elementos en la ferretería que presentan mayor cuidado y valor tanto en su almacenamiento como en su distribución?**

En esta pregunta existe una coincidencia muy marcada entre los entrevistados. Todos señalan materiales como cemento, tubos y varillas como los productos que requieren mayor cuidado. Algunas respuestas incluyen además acero, hierro o materiales de construcción de alta salida. La similitud principal está en que todos reconocen que los materiales de mayor volumen, peso, valor o rotación son los que más exigen control en su almacenamiento y distribución. La diferencia es mínima y se limita a la forma en que cada entrevistado amplía la lista de materiales considerados críticos.

De esta comparación se concluye que existe una percepción compartida sobre cuáles son los productos más sensibles dentro del despacho. Esto resulta relevante para el proyecto, ya que permite justificar por qué la propuesta tecnológica debe concentrarse especialmente en materiales como cemento, tubos y varillas.

- **Pregunta 4. Después de realizar la venta, ¿cómo se preparan y entregan los materiales al cliente?**

Las respuestas muestran una secuencia de trabajo bastante uniforme. Todos coinciden en que, una vez realizada la venta, se genera la factura en Siigo o se toma como base la factura emitida, y a partir de ella el personal de despacho reúne, cuenta y prepara los materiales para su entrega o cargue.

La similitud principal es que la factura funciona como el documento guía para iniciar el despacho. También se observa que el proceso posterior depende del personal de bodega o despacho, quienes reúnen físicamente los materiales. Como diferencia, algunas respuestas destacan más la participación del área de facturación y otras resaltan el trabajo del personal operativo.

La conclusión es que el proceso actual se desarrolla de forma secuencial y articulada entre facturación y despacho, pero sigue dependiendo de acciones manuales para reunir, contar y entregar los materiales, lo cual representa una posible fuente de errores.

- **Pregunta 5. ¿Quiénes participan en el proceso de despacho de los materiales?**

Las respuestas coinciden en que en el despacho intervienen varias personas del establecimiento. La mayoría menciona al personal de facturación, al personal de despacho y, en ciertos casos, al administrador, especialmente cuando hay pedidos grandes o situaciones que requieren revisión adicional.

La similitud principal es que todos reconocen que el despacho no es una actividad aislada, sino un proceso compartido entre distintas funciones. La diferencia se encuentra en el énfasis que cada participante da a su propia área de trabajo o al grado de intervención del administrador.

Se concluye que el proceso de despacho es colectivo y requiere comunicación entre varias personas. Esto refuerza la idea de que cualquier falla de coordinación o verificación puede impactar directamente en la exactitud de la entrega.

- **Pregunta 6. ¿Cómo revisan que la cantidad de materiales que van a entregar al cliente sea la misma que aparece en la factura?**

En las cinco respuestas se repite la misma idea central: la revisión se realiza comparando la factura con el material que se va a sacar y haciendo un conteo manual antes de la entrega. No se menciona en ningún caso un mecanismo automatizado o una herramienta tecnológica específica de validación.

La similitud es total en cuanto al método utilizado, ya que todos describen una verificación basada en la observación y el conteo manual. La diferencia radica únicamente en la forma de expresarlo, pero no en el procedimiento como tal.

La conclusión a la que se llega es que el proceso actual de verificación depende exclusivamente del control humano, lo que incrementa la posibilidad de errores y justifica la necesidad de una herramienta que apoye esta etapa del despacho.

- **Pregunta 7. ¿Cómo hacen normalmente para contar o revisar materiales antes de entregarlos al cliente?**

Las respuestas muestran nuevamente una coincidencia clara: el conteo se realiza manualmente. Varios entrevistados explican que en el caso del cemento se revisa por bultos,

mientras que en materiales como tubos y varillas el conteo exige mayor cuidado, incluso uno por uno o en grupos pequeños.

La similitud principal es que todos describen métodos manuales de conteo. La diferencia se encuentra en el nivel de detalle que aportan sobre algunos materiales específicos, ya que unos explican con más precisión cómo se cuentan ciertos productos.

A partir de esto, se concluye que la revisión previa a la entrega no cuenta con criterios automatizados ni estandarizados, sino que depende del tipo de material y del juicio del trabajador que realiza el conteo, lo que puede afectar la consistencia del proceso.

- **Pregunta 8. Antes de entregar el pedido al cliente, ¿quién es la persona que revisa o confirma que todo esté completo y correcto?**

La mayoría de los entrevistados coincide en que la confirmación final suele recaer en el encargado del despacho. Sin embargo, algunos aclaran que en determinados casos también intervienen la persona que facturó o el administrador.

La similitud principal es que existe una figura operativa central en la revisión final, generalmente vinculada al despacho. La diferencia está en que no siempre hay una única persona fija, sino que la revisión puede variar según el tipo de pedido o la situación.

La conclusión es que, aunque existe una revisión final, esta no parece estar completamente estandarizada, ya que puede recaer en distintas personas según el contexto. Esto puede generar variaciones en el nivel de control aplicado a cada despacho.

- **Pregunta 9. ¿En qué parte del proceso cree que se presentan más errores al momento de entregar los materiales?**

Las respuestas apuntan a momentos muy similares del proceso. La Persona 1 menciona el conteo y la carga; la Persona 2 habla de varios clientes o pedidos al mismo tiempo; la Persona 3 menciona la carga de trabajo e interrupciones; la Persona 4 se enfoca en la parte final del cargue; y la Persona 5 resalta la pérdida de orden cuando hay múltiples tareas simultáneas. La similitud principal es que todos ubican el error en etapas operativas de alta presión: conteo, cargue, simultaneidad de pedidos, afán o interrupciones. La diferencia está en el matiz específico que cada uno observa según su experiencia.

Se concluye que los errores no se generan únicamente por desconocimiento, sino por condiciones del entorno de trabajo, como la simultaneidad de actividades, la presión operativa y la falta de un mecanismo de apoyo que mantenga el control del proceso.

- **Pregunta 10. ¿Qué dificultades se presentan cuando se deben contar o verificar materiales?**

Las respuestas presentan un patrón muy claro. Los entrevistados mencionan como dificultades el peso de los materiales, la similitud entre productos, la posibilidad de perder la cuenta, el afán, las interrupciones y la complejidad de revisar pedidos grandes.

La similitud radica en que todos identifican obstáculos asociados a la naturaleza física de los materiales y a las condiciones del trabajo diario. La diferencia es que algunos se enfocan más en la dificultad física y otros en la dificultad operativa o comunicativa.

La conclusión es que el conteo y la verificación no solo son tareas manuales, sino también actividades expuestas a múltiples factores que aumentan la posibilidad de equivocación, lo que refuerza la pertinencia de incorporar una herramienta de apoyo al despacho.

- **Pregunta 11. ¿Ha ocurrido alguna vez que se entregue una cantidad diferente a la registrada en la factura? En ese caso, ¿cómo se detectó o corrigió? ¿Cuántas ocasiones ha ocurrido este incidente?**

Todos los entrevistados reconocen que sí se han presentado errores de este tipo, aunque coinciden en que no ocurren con mucha frecuencia. La mayoría ubica la detección del error en el reclamo del cliente o en una revisión posterior del pedido. En cuanto a la cantidad de incidentes, las respuestas oscilan entre 2 y 3 ocasiones.

La similitud principal es que todos admiten la existencia de errores reales en la entrega y que estos suelen detectarse después de ocurrido el despacho. La diferencia está en el número exacto de ocasiones recordadas por cada participante.

La conclusión es significativa: aunque los errores no sean diarios, sí existen y son suficientes para evidenciar que el proceso actual no garantiza una verificación completamente precisa. Además, el hecho de que muchas veces se detecten después de la entrega muestra debilidad en el control preventivo.

- **Pregunta 12. ¿Considera que el proceso actual de verificación es confiable?**

En esta pregunta también hay alta coincidencia. Ningún entrevistado afirma que el proceso sea completamente confiable. Algunos lo califican como funcional, útil o aceptable, pero todos reconocen que puede fallar o que depende demasiado de la persona que realiza el conteo.

La similitud principal es que existe una percepción general de confianza parcial, no total. La diferencia está en el grado de aceptación del proceso, ya que unos lo ven como funcional pero limitado, y otros lo consideran claramente insuficiente.

La conclusión es que el sistema actual de verificación cumple una función básica, pero no ofrece un nivel alto de confiabilidad. Este hallazgo respalda de manera directa la necesidad de fortalecer el proceso mediante una solución tecnológica.

- **Pregunta 13. ¿Desde su experiencia, qué aspectos del proceso podrían mejorarse para evitar errores en el despacho?**

Las respuestas convergen en una misma idea: mejorar la verificación antes de la entrega. Los entrevistados mencionan la necesidad de una forma más clara, estricta o exacta de revisar las cantidades y de contar con apoyo adicional para confirmar lo que realmente sale del establecimiento.

La similitud principal es que todos piden fortalecer el control previo a la entrega. La diferencia está en la forma de expresarlo, pues algunos hablan de apoyo más exacto, otros de una revisión más estricta y otros de no depender solo del conteo manual.

La conclusión es que desde la experiencia de los propios trabajadores existe una necesidad reconocida de mejorar el proceso de verificación. Esto valida el enfoque del proyecto, ya que la propuesta tecnológica responde directamente a una necesidad percibida por quienes realizan el despacho.

9 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Para el desarrollo del sistema propuesto se adopta la metodología Extreme Programming (XP), la cual corresponde a un enfoque ágil orientado a la mejora continua del software mediante iteraciones cortas, retroalimentación constante y énfasis en la calidad del código. Esta metodología permite desarrollar el sistema de forma incremental, validando continuamente cada funcionalidad y facilitando la adaptación a cambios durante su construcción. Según Atlassian (2025), XP se centra en la entrega frecuente de software funcional y en la comunicación continua, lo que la hace adecuada para proyectos donde se requiere evaluar constantemente el desempeño del sistema. En este sentido, su aplicación es pertinente en LogiCheck, debido a que integra procesos de visión artificial, procesamiento de facturas y análisis de video, los cuales requieren ajustes iterativos.

La elección de XP se justifica por su enfoque en la calidad del software y su capacidad de adaptación a cambios durante el desarrollo. A diferencia de metodologías más rígidas, XP permite realizar mejoras continuas en funcionalidades como el conteo automático de materiales, la comparación con facturas y la generación de alertas. En este sentido, estudios recientes destacan que las metodologías ágiles centradas en prácticas técnicas contribuyen a mejorar la calidad del software y la respuesta ante cambios en los requerimientos (Alqudah & Razali, 2022). Además, XP no exige una estructura estricta de roles, lo que facilita su aplicación en proyectos académicos desarrollados de manera individual y con tiempo limitado.

9.1 FASES DE DISEÑO DE SISTEMA

Las fases de diseño del sistema LogiCheck se desarrollan en concordancia con los principios de la metodología Extreme Programming (XP). Este enfoque ágil establece que el diseño debe ser simple, evolutivo y guiado por las historias de usuario definidas con el cliente, rechazando la elaboración de diseños exhaustivos desde el inicio del proyecto. En consecuencia, cada fase se construye de forma incremental e iterativa, permitiendo incorporar retroalimentación continua y ajustar el sistema conforme avanza su desarrollo. Las fases adoptadas son: diseño, implementación, pruebas y despliegue, las cuales no operan de forma lineal, sino que se ejecutan de manera cíclica a través de iteraciones cortas denominadas releases.

9.1.1 Análisis de requerimientos

En la fase de análisis de requerimientos se identificaron las necesidades funcionales y operativas del sistema a partir del estudio detallado del proceso de despacho de materiales en la Ferretería Durán. Para ello, se realizó una revisión del flujo actual de trabajo, incluyendo la preparación de pedidos, la carga de materiales en los vehículos y la verificación de los productos con base en la información registrada en las facturas. Este análisis permitió evidenciar que el proceso depende en gran medida de la revisión manual, lo cual incrementa la probabilidad de errores en el conteo de materiales, inconsistencias en la entrega de pedidos y limitaciones en el control de las operaciones realizadas.

Desde el enfoque de la metodología Extreme Programming (XP), esta fase no se desarrolló de manera estática, sino que los requerimientos fueron definidos y ajustados progresivamente a medida que se avanzaba en el desarrollo del sistema. Esto permitió refinar las funcionalidades en función de los resultados obtenidos durante las primeras implementaciones, especialmente

en aspectos relacionados con el conteo automático de materiales y la comparación con las facturas.

A partir de este proceso, se establecieron los requerimientos del sistema como base para el desarrollo de la solución tecnológica propuesta. En este sentido, se identificaron requerimientos funcionales orientados a la gestión de usuarios y roles, el procesamiento de facturas en formato PDF, el conteo automático de materiales mediante técnicas de visión artificial, el monitoreo en tiempo real del proceso de carga y la generación de alertas ante posibles inconsistencias. Asimismo, se definieron requerimientos no funcionales relacionados con el rendimiento del sistema, la facilidad de uso de la interfaz y la estabilidad en la conexión con dispositivos de captura de video.

De igual manera, se establecieron requerimientos técnicos que orientan la construcción del sistema, tales como el desarrollo de una aplicación de escritorio, la integración de un modelo de visión artificial para la detección y conteo de materiales y el almacenamiento de la información en una base de datos. Adicionalmente, se identificaron requerimientos de reportes y de seguridad, enfocados en la generación de información estructurada para la toma de decisiones y en la protección del acceso al sistema mediante mecanismos de autenticación y control de permisos.

Esta fase permitió definir de manera clara las funcionalidades del sistema, asegurando que la solución propuesta responda directamente a las problemáticas identificadas en el proceso de despacho. Asimismo, facilitó la organización del desarrollo posterior, estableciendo una base sólida para las fases de diseño, implementación y pruebas del sistema.

9.1.2 Diseño del Sistema

Siguiendo el principio de diseño simple de XP, el diseño de LogiCheck no se elaboró de manera exhaustiva antes del desarrollo, sino que emergió y evolucionó a lo largo de cada iteración. En lugar de producir especificaciones técnicas cerradas, el equipo de desarrollo definió en esta fase la estructura mínima necesaria para sustentar las historias de usuario priorizadas, tomando decisiones de diseño de manera continua y ajustándolas según los resultados obtenidos en cada ciclo.

Principios de XP aplicados en el diseño:

- **Diseño simple:** se diseñó únicamente lo necesario para hacer funcionar las historias de usuario del release actual, evitando complejidad innecesaria.
- **Metáfora del sistema:** el sistema se concibió como una herramienta de verificación visual de despachos, lo que orientó las decisiones de diseño hacia la simplicidad operativa y la claridad para el usuario.
- **Refactorización continua:** a medida que el sistema creció, el diseño fue ajustado iterativamente para mantener su coherencia y calidad sin acumular deuda técnica.
- **Propiedad colectiva del código:** las decisiones de diseño se tomaron de forma compartida, garantizando que todos los integrantes del equipo comprendieran la estructura del sistema.

- **Estructura modular emergente del sistema:**

A partir de las historias de usuario definidas y del análisis del proceso de despacho de la Ferretería Durán, el diseño del sistema convergió en una arquitectura modular compuesta por los siguientes componentes, los cuales fueron identificados y refinados a lo largo de las iteraciones:

Tabla 7. Estructura modular del sistema

Módulo	Función principal dentro del sistema
Gestión de usuarios y roles	Controla la autenticación y el acceso al sistema mediante roles (auxiliar de despacho, administrador y gerente), asignando permisos según el perfil de cada usuario.
Procesamiento de facturas	Lee y extrae la información de facturas electrónicas en formato PDF generadas por Siigo Nube, identificando los materiales y cantidades asociadas al despacho.
Visión artificial y tracking	Ejecuta el modelo YOLOv26 sobre flujos de video para detectar, clasificar y contar materiales, incorporando tracking para evitar conteos duplicados.
Comparación y auditoría	Relaciona los datos de la factura con los resultados del análisis de video, calculando diferencias y clasificando el resultado del despacho como conforme o con discrepancias.
Base de datos local	Almacena de forma persistente toda la información del sistema: usuarios, auditorías, materiales, vehículos, logs, historial y notificaciones.
Interfaz de aplicación	Centraliza la interacción entre el usuario y el sistema, presentando los flujos de trabajo, los resultados de análisis y los indicadores del proceso.
Salidas y notificaciones	Genera reportes en PDF, visualiza indicadores en el panel de control y emite notificaciones ante discrepancias detectadas en los despachos.

Fuente. Elaboración propia, 2026

El sistema contempla como fuentes de entrada las facturas en formato PDF generadas por el ERP Siigo Nube y los registros visuales provenientes de videos grabados o de cámaras en tiempo real mediante protocolo RTSP. Estas fuentes representan, respectivamente, el registro documental del despacho y la evidencia visual del proceso físico, constituyendo la base de comparación del sistema.

A continuación, se presenta de forma gráfica el diseño del sistema propuesto, en el cual se identifican los principales módulos funcionales y sus relaciones dentro de la arquitectura general.

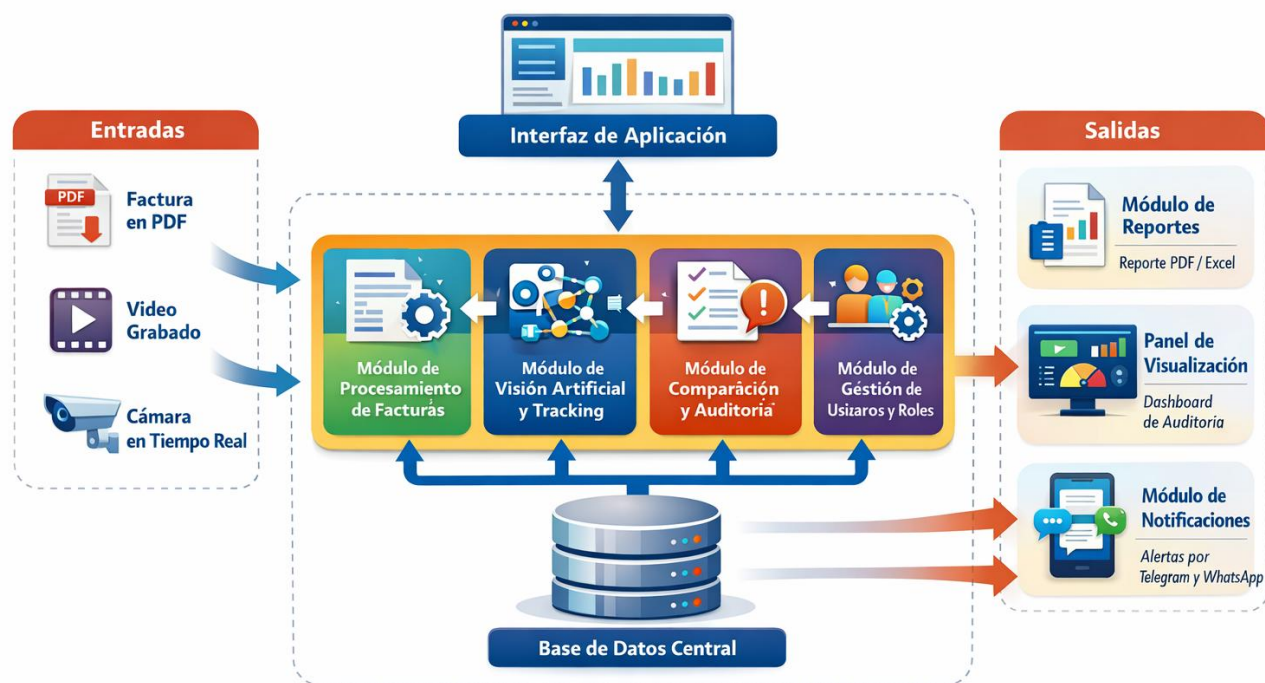


Figura 2. Diagrama del diseño del sistema

Fuente. Diagrama del diseño del sistema, diseñado a partir del uso datos de la investigación con ayuda inteligencia artificial (chatgpt, 2026)

9.1.3 Desarrollo del sistema

La implementación de LogiCheck siguió el modelo iterativo e incremental de XP, organizándose en releases de corta duración. En cada release, el equipo seleccionó un conjunto de historias de usuario priorizadas del backlog, las desarrolló, las probó y las entregó como funcionalidad funcional. Este enfoque permitió obtener retroalimentación temprana, detectar problemas antes de que se acumularan y ajustar el rumbo del desarrollo de manera ágil.

Prácticas de XP aplicadas durante la implementación:

- **Integración continua:** cada funcionalidad desarrollada se integró al sistema principal de manera frecuente, evitando conflictos entre módulos y permitiendo verificar el comportamiento del sistema en su conjunto.
- **Desarrollo incremental:** los módulos se construyeron de forma progresiva, comenzando con las funcionalidades de mayor valor e impacto para el proceso de despacho.
- **Estándares de codificación:** se definieron convenciones de código compartidas por el equipo, garantizando la legibilidad y el mantenimiento del sistema a lo largo del desarrollo.

- **Refactorización:** al finalizar cada iteración, el código fue revisado y mejorado para mantener su calidad sin alterar el comportamiento funcional ya verificado.

Organización del desarrollo por releases:

El desarrollo de LogiCheck se organizó en cuatro releases, cada uno orientado a materializar un conjunto de historias de usuario y entregar valor funcional al proceso de despacho de la ferretería:

Iteración 1: Autenticación y gestión base del sistema

Tabla 8. Autenticación y gestión base del sistema

Historia de usuario	Funcionalidad entregada
Inicio de sesión	Módulo de autenticación con validación de credenciales y redirección por rol.
Cierre de sesión	Invalidación segura de la sesión activa del usuario.
Gestión de usuarios	Registro, modificación y desactivación de usuarios del sistema.
Roles y permisos	Asignación de roles y configuración de permisos por perfil de usuario.
Registro de vehículos	Módulo de gestión del catálogo de vehículos disponibles para despacho.
Registro de materiales	Módulo de gestión del catálogo de materiales detectables por el sistema.
Contraseñas cifradas	Implementación de hash con salt para el almacenamiento seguro de credenciales.
Control de acceso (RBAC)	Restricción de funcionalidades según el rol asignado al usuario autenticado.

Fuente. Elaboración propia, 2026

Iteración 2: Procesamiento de facturas y carga de video

Tabla 9. *Procesamiento de facturas y carga de video*

Historia de usuario	Funcionalidad entregada
Carga de factura PDF	Módulo de carga y validación de facturas electrónicas en formato PDF de Siigo Nube.
Visualización de datos extraídos	Presentación estructurada de los datos extraídos para confirmación del usuario.
Selección de video	Carga y validación de archivo de video para análisis posterior.
Conexión RTSP	Conexión a cámara en tiempo real mediante protocolo RTSP.
Asociación de vehículo	Vinculación del vehículo al registro de la auditoría de despacho.
Desarrollo en Python	Configuración del entorno de desarrollo con todas las dependencias del sistema.
Base de datos SQLite	Implementación y configuración de la base de datos local con su estructura inicial.

Fuente. Elaboración propia, 2026

Iteración 3: Visión artificial, comparación y auditoría

Tabla 10. *Visión artificial, comparación y auditoría*

Historia de usuario	Funcionalidad entregada
Análisis de video con IA	Integración del modelo YOLOv26 para detección y conteo de materiales en video.
Visualización en tiempo real	Superposición de bounding boxes y conteo en tiempo real sobre el flujo de video.
Comparación despacho vs. factura	Módulo de cruce de datos entre IA y factura con cálculo de diferencias.
Almacenamiento de auditoría	Persistencia automática de los resultados de verificación en la base de datos.
Notificaciones de discrepancias	Generación y gestión de notificaciones ante diferencias detectadas en el despacho.
Integración YOLOv26	Entrenamiento del modelo con imágenes de cemento, tubería de presión y sanitaria.
Tracking de objetos	Implementación de algoritmo de tracking para evitar conteos duplicados.
Cifrado de datos sensibles	Aplicación de cifrado sobre información crítica almacenada en la base de datos.

Iteración 4: Historial, reportes, panel de control y despliegue

Tabla 11. Historial, reportes, panel de control y despliegue

Historia de usuario	Funcionalidad entregada
Historial de auditorías	Consulta y filtrado del listado histórico de auditorías realizadas.
Detalle de auditoría	Vista completa de los resultados de una auditoría específica.
Reporte PDF individual	Generación de reporte en PDF con la información completa de una auditoría.
Panel de control KPI	Visualización de indicadores clave del proceso de despacho por periodo.
Reporte consolidado	Generación de reporte logístico consolidado por rango de fechas.
Log de actividades	Consulta del registro cronológico de acciones realizadas por los usuarios.
Historial de cambios	Trazabilidad de modificaciones sobre los registros de auditoría.
Backup local	Módulo de generación manual de copias de seguridad de la base de datos.
Aplicación standalone parcial	Empaquetado final del sistema como aplicación de escritorio instalable localmente.

Fuente. Elaboración propia, 2026

9.1.4 Pruebas

En XP, las pruebas no constituyen una fase final separada, sino una práctica continua que acompaña el desarrollo desde la primera iteración. Bajo este principio, las pruebas de LogiCheck se realizaron de manera progresiva e integrada al ciclo de cada release, permitiendo detectar errores de forma temprana, validar el comportamiento de cada historia de usuario implementada y asegurar que las integraciones entre módulos funcionaran correctamente antes de avanzar al siguiente ciclo.

Prácticas de XP aplicadas en las pruebas:

- **Pruebas de aceptación:** al finalizar cada historia de usuario, se verificó que el sistema cumpliera los criterios de aceptación definidos, confirmando que la funcionalidad entregada respondía a la necesidad del usuario.

- **Pruebas de integración continua:** tras cada integración entre módulos, se ejecutaron pruebas para verificar que el flujo de información entre componentes fuera correcto y consistente.
- **Pruebas de regresión:** al incorporar nuevas funcionalidades, se verificó que las ya desarrolladas continuaran funcionando correctamente, evitando que cambios en el código generaran nuevas fallas.
- **Retroalimentación inmediata:** los resultados de las pruebas se usaron de manera inmediata para ajustar el comportamiento del sistema dentro del mismo release, sin acumular correcciones para etapas posteriores.

Pruebas realizadas por módulo:

a) Pruebas del módulo de autenticación y gestión de usuarios

Se verificó el correcto inicio y cierre de sesión con credenciales válidas e inválidas. Se comprobó que el sistema bloqueara el acceso tras tres intentos fallidos, que el cifrado de contraseñas operara correctamente y que las restricciones de acceso por rol se aplicaran de forma inmediata tras el inicio de sesión.

b) Pruebas del módulo de procesamiento de facturas

Se realizaron pruebas utilizando facturas reales en formato PDF generadas por el sistema ERP Siigo Nube, evaluando la correcta extracción de número de factura, cliente, fecha y materiales dentro del alcance definido (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria). Se verificó el comportamiento del sistema ante documentos con formato no reconocido. A partir de los resultados, se realizaron ajustes en los patrones de extracción para mejorar la precisión.

c) Pruebas del módulo de visión artificial y tracking

Las pruebas se llevaron a cabo utilizando videos reales del proceso de carga de materiales en la Ferretería Durán. Se evaluó la capacidad del modelo YOLOv26 para detectar y contabilizar bultos de cemento, tuberías de presión y tuberías sanitarias dentro del área de despacho, así como el funcionamiento del mecanismo de tracking para evitar conteos duplicados. Se verificó el comportamiento del sistema al cruce de la línea virtual definida para el conteo de entradas y salidas.

d) Pruebas del módulo de comparación y auditoría

Se diseñaron escenarios de prueba con despachos conformes (cantidades facturadas iguales a las detectadas) y con discrepancias (diferencias entre ambas fuentes). En ambos casos se verificó que el sistema clasificara correctamente el resultado, calculara con precisión las diferencias por material y generara las notificaciones correspondientes ante inconsistencias detectadas.

e) Pruebas del sistema integrado

Al finalizar cada release, se realizaron pruebas de extremo a extremo que evaluaron el flujo completo del sistema: desde la carga de la factura y el video hasta la generación del reporte de auditoría. Estas pruebas permitieron verificar la integración entre módulos, el correcto almacenamiento en la base de datos, la generación de reportes PDF, la visualización de resultados en el panel de control y la emisión de notificaciones. Los errores identificados durante esta etapa fueron corregidos dentro del mismo ciclo de release antes de proceder con el siguiente.

9.1.5 Despliegue

En XP, el despliegue no es un evento único al final del proyecto sino una práctica continua orientada a entregar valor funcional al usuario de forma frecuente. Bajo este principio, LogiCheck fue desplegado en el entorno real de la Ferretería Durán de manera progresiva, alineada con los releases definidos en la fase de implementación. Cada release produjo una versión funcional del sistema que fue instalada localmente en el equipo de cómputo designado, permitiendo obtener retroalimentación temprana del proceso de verificación de despachos.

Prácticas de XP aplicadas en el despliegue:

- **Pequeñas entregas frecuentes:** al finalizar cada release se realizó una entrega funcional del sistema, incorporando las historias de usuario completadas y validadas en ese ciclo.
- **Cliente en el sitio:** durante el despliegue de cada release, se realizaron sesiones de revisión con el personal de la ferretería para validar el comportamiento del sistema en condiciones reales de operación.
- **Retroalimentación continua:** las observaciones identificadas durante cada despliegue fueron registradas e incorporadas como ajustes en el release siguiente, garantizando que el sistema evolucionara en función de las necesidades reales del entorno.

Condiciones del entorno de despliegue:

- El sistema fue instalado como aplicación de escritorio standalone en su mayoría, se desplegó en un único equipo de cómputo ubicado en la Ferretería Durán, municipio de Apulo, Cundinamarca.
- Todas las dependencias del sistema, incluyendo el modelo YOLOv26 entrenado, la base de datos SQLite y las bibliotecas de Python requeridas, fueron integradas localmente en el paquete de instalación.
- El sistema opera sin requerir conexión a internet para sus funcionalidades principales, garantizando su disponibilidad en el entorno operativo de la ferretería.

- Previo al despliegue del release final, se realizaron pruebas de funcionamiento en el equipo designado para verificar la compatibilidad del sistema con las especificaciones técnicas del hardware disponible.

Proceso de despliegue del release final:

El despliegue del release final de LogiCheck comprendió las siguientes actividades, ejecutadas de forma ordenada para garantizar la correcta instalación y puesta en marcha del sistema en el entorno de la Ferretería Durán:

Tabla 12. Proceso de despliegue del release final

Paso	Actividad	Descripción
1	Verificación del equipo	Se comprobaron las especificaciones técnicas del equipo designado para garantizar compatibilidad con los requerimientos mínimos del sistema.
2	Instalación de dependencias	Se instalaron localmente Python, las bibliotecas requeridas y el entorno de ejecución necesario para el funcionamiento del sistema.
3	Carga del modelo YOLOv26	Se transfirió el archivo del modelo entrenado al equipo y se verificó su correcta carga por parte del módulo de visión artificial.
4	Inicialización de la base de datos	Se ejecutó el sistema por primera vez para generar automáticamente la estructura de la base de datos SQLite local.
5	Registro inicial de datos	Se registraron los usuarios, vehículos y materiales iniciales en el sistema, configurando los roles y permisos correspondientes.
6	Prueba de funcionamiento	Se realizó una auditoría de prueba completa en condiciones reales del entorno de despacho, verificando el comportamiento del sistema.
7	Validación con el usuario	El personal de la ferretería interactuó con el sistema bajo supervisión, confirmando que las funcionalidades respondían a las necesidades del proceso.

Fuente. Elaboración propia, 2026

El despliegue progresivo del sistema permitió que el personal de la Ferretería Durán se familiarizara gradualmente con la herramienta, reduciendo la resistencia al cambio identificada como limitación del proyecto. La retroalimentación obtenida durante cada entrega fue incorporada en el release siguiente, garantizando que el sistema final respondiera de manera efectiva a las necesidades reales del proceso de verificación de despachos.

10. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

10.1 PROCESO GENERAL DEL SISTEMA

El funcionamiento actual de la Ferretería Durán se estructura a partir de una serie de procesos operativos y administrativos que permiten desarrollar las actividades comerciales relacionadas con la venta de productos de ferretería y materiales de construcción. Estos procesos se desarrollan principalmente en el punto de venta mediante la interacción directa entre el personal del establecimiento y los clientes, quienes solicitan los productos que necesitan para sus proyectos o actividades. En este contexto, el sistema de trabajo de la ferretería combina el uso de herramientas tecnológicas para el registro de ventas con métodos manuales para el control operativo de algunos procesos internos. Esta combinación permite mantener un flujo continuo de las operaciones comerciales, garantizando que las ventas se registren correctamente y que los productos puedan ser entregados de manera inmediata a los clientes. Asimismo, la organización de estos procesos permite coordinar actividades como la atención al cliente, la facturación, el control de inventarios y la reposición de mercancía. Cada uno de estos procesos genera información relevante que contribuye al funcionamiento general del negocio y al seguimiento de las operaciones diarias dentro del establecimiento.

El proceso inicia con la atención al cliente, la cual se realiza de forma presencial en el establecimiento comercial. En esta etapa, el cliente se acerca al punto de venta y solicita los productos que requiere, ya sea describiendo el material que necesita o indicando directamente el producto específico. El personal de la ferretería escucha la solicitud del cliente, identifica los artículos requeridos y verifica su disponibilidad dentro del inventario físico del establecimiento. Esta verificación se realiza generalmente observando directamente los productos disponibles en estanterías o áreas de almacenamiento cercanas al punto de venta. Una vez confirmada la disponibilidad de los materiales solicitados, el vendedor procede a reunir los productos requeridos y prepararlos para su entrega al cliente. Este proceso suele realizarse de manera inmediata, ya que la dinámica comercial de la ferretería está orientada a ofrecer un servicio rápido y directo. De esta manera, la atención al cliente constituye el primer contacto del proceso comercial y es fundamental para garantizar que la solicitud del cliente sea atendida de manera adecuada y eficiente.

Posteriormente se lleva a cabo el registro de la venta, el cual se realiza mediante el software de gestión empresarial Siigo, utilizado por la ferretería para la generación de facturación electrónica. En esta etapa, el personal encargado ingresa en el sistema los datos correspondientes a la transacción comercial, incluyendo la información del cliente cuando es requerida, los productos vendidos, las cantidades solicitadas y el valor total de la compra. A

partir de estos datos, el sistema genera automáticamente la factura electrónica que respalda la operación de venta. Este documento digital cumple con los requisitos establecidos por la normativa tributaria colombiana y es transmitido automáticamente a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) para su validación en tiempo real. Una vez validada la factura, el cliente recibe su comprobante de compra, el cual puede ser entregado de forma digital o impresa según el procedimiento del establecimiento. Este proceso garantiza el cumplimiento de las obligaciones fiscales del negocio y permite mantener un registro organizado de todas las ventas realizadas.

En relación con el control de inventario, actualmente la ferretería utiliza un método basado principalmente en la observación directa y en registros manuales. El personal encargado realiza revisiones periódicas de los productos disponibles en las estanterías y áreas de almacenamiento con el fin de identificar cuáles artículos se encuentran disponibles y cuáles están próximos a agotarse. Cuando se detecta que un producto presenta un nivel bajo de existencias o está por terminarse, esta información se registra manualmente en un cuaderno de control de inventario utilizado dentro del establecimiento. Este registro permite llevar un seguimiento básico de los productos que requieren reposición en el corto plazo. Aunque este método no utiliza sistemas automatizados para el control de inventarios, permite al personal mantener una referencia rápida de las necesidades de abastecimiento del negocio. Sin embargo, el proceso depende en gran medida de la observación del personal y de la correcta anotación de la información en los registros físicos.

El proceso continúa con la compra o reposición de productos, la cual se realiza cuando se identifican necesidades de abastecimiento a partir de la revisión del cuaderno de inventario. El responsable del establecimiento consulta las anotaciones registradas previamente y determina cuáles productos deben solicitarse nuevamente a los proveedores. Posteriormente se establece comunicación con los proveedores autorizados para realizar el pedido correspondiente de los materiales faltantes. Este proceso puede implicar la coordinación de cantidades, tiempos de entrega y condiciones de suministro de los productos solicitados. Una vez que el proveedor realiza la entrega de la mercancía, los productos son recibidos en el establecimiento y se incorporan nuevamente al inventario disponible para la venta. De esta forma, el ciclo de reposición permite mantener la disponibilidad de productos dentro de la ferretería y garantizar que los clientes puedan encontrar los materiales que necesitan para sus actividades.

Finalmente, el manejo de la información dentro de la ferretería se realiza mediante una combinación de registros digitales y físicos que permiten conservar la información generada durante las operaciones comerciales. Por un lado, toda la información relacionada con ventas y facturación se gestiona de manera digital a través del software Siigo, el cual almacena los datos en la nube y permite mantener un respaldo organizado de las transacciones realizadas. Este sistema facilita el acceso a los registros de ventas y garantiza el cumplimiento de los requisitos legales asociados a la facturación electrónica. Por otro lado, algunos procesos operativos del establecimiento, como el seguimiento del inventario y la identificación de productos que requieren reposición, se apoyan en registros manuales realizados en el cuaderno de stock. Este tipo de registro permite al personal anotar de forma rápida la información necesaria para el control cotidiano del negocio. En conjunto, estos mecanismos permiten gestionar la información necesaria para el funcionamiento de la ferretería, combinando herramientas digitales con procedimientos manuales que apoyan las actividades operativas del establecimiento.

10.2 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

A partir del análisis del funcionamiento actual de la Ferretería Durán, es posible identificar diversas situaciones que afectan la eficiencia y el control de algunos procesos operativos del establecimiento. Aunque el modelo de trabajo implementado permite atender las ventas diarias y cumplir con las obligaciones fiscales mediante el uso del software Siigo para la facturación electrónica, existen limitaciones relacionadas principalmente con el control del inventario y la gestión de la información operativa. En particular, varios de los procesos dependen de procedimientos manuales y de la observación directa del personal, lo que puede generar inconsistencias en el seguimiento de los productos disponibles y en la identificación oportuna de necesidades de reposición. Asimismo, la coexistencia de registros digitales y registros físicos implica que parte de la información se encuentre distribuida en diferentes medios, lo que puede dificultar la consolidación completa de los datos operativos. Estas características evidencian que el sistema actual cumple con las funciones básicas del negocio, pero presenta oportunidades de mejora en cuanto a eficiencia operativa, control de la información y trazabilidad de los procesos internos.

Uno de los principales aspectos identificados en el diagnóstico corresponde al control manual del inventario, el cual se realiza principalmente mediante la observación visual de las existencias en estanterías y áreas de almacenamiento. Este procedimiento depende en gran medida de la atención y experiencia del personal encargado, ya que no existe un mecanismo automatizado que permita identificar de manera inmediata los niveles reales de cada producto. Cuando un artículo está próximo a agotarse, el trabajador debe detectarlo visualmente y registrarlo manualmente en el cuaderno de stock. Este método puede generar inconsistencias si un producto no es identificado oportunamente o si la anotación correspondiente no se realiza en el momento adecuado. Como consecuencia, pueden presentarse situaciones en las que la información sobre los niveles de inventario no refleje con precisión el estado real de los productos disponibles. Este tipo de dependencia de procesos manuales constituye una limitación para el control eficiente del inventario y puede afectar la capacidad del establecimiento para anticipar necesidades de reposición.

Otro aspecto relevante identificado en el diagnóstico es la presencia de un cuello de botella en el proceso de identificación de productos que requieren reposición, el cual está directamente relacionado con el sistema manual de registro en el cuaderno de inventario. Dado que este proceso depende de la revisión visual de los productos disponibles y de la posterior anotación manual de aquellos que presentan niveles bajos de existencias, la detección de estas situaciones puede retrasarse dependiendo de la carga de trabajo del personal o de la frecuencia con la que se realicen las revisiones del inventario. En este sentido, la actualización de la información sobre los productos que requieren reposición no ocurre de forma inmediata ni sistemática, lo que puede generar demoras en la activación del proceso de compra de mercancía. Este cuello de botella puede afectar la continuidad del flujo de productos dentro del establecimiento, ya que la falta de detección oportuna de niveles bajos de inventario puede derivar en la ausencia temporal de ciertos artículos para la venta.

Adicionalmente, el análisis del sistema actual permite identificar algunos tiempos asociados a los procesos operativos que pueden incidir en la eficiencia del funcionamiento del establecimiento. Por ejemplo, el proceso de revisión del inventario y detección de productos

con bajo nivel de existencias depende de la disponibilidad de tiempo del personal para realizar observaciones directas en las estanterías o áreas de almacenamiento. Este procedimiento no se realiza mediante una verificación automatizada, sino que forma parte de las actividades cotidianas del personal, lo que implica que la actualización de la información puede tardar hasta que se realice una nueva revisión visual de los productos. Asimismo, el registro manual en el cuaderno de stock requiere tiempo adicional para anotar la información correspondiente, lo que puede generar pequeños retrasos en la actualización de los datos operativos. Aunque estos tiempos no impiden el funcionamiento del negocio, sí representan factores que pueden afectar la eficiencia del seguimiento del inventario y la rapidez con la que se toman decisiones relacionadas con la reposición de productos.

Finalmente, el diagnóstico permite concluir que el sistema actual de la ferretería cumple adecuadamente con las funciones básicas relacionadas con la atención al cliente y el registro de las ventas, especialmente gracias al uso del sistema Siigo para la facturación electrónica y el cumplimiento de las obligaciones fiscales. Sin embargo, algunos procesos operativos internos, particularmente aquellos relacionados con el control de inventarios y la gestión de información sobre existencias, dependen en gran medida de procedimientos manuales y registros físicos. Esta situación puede generar limitaciones en términos de precisión, rapidez en la actualización de la información y capacidad de seguimiento continuo de los productos disponibles. En consecuencia, aunque el sistema actual permite el desarrollo normal de las actividades comerciales, presenta ciertas restricciones en cuanto a la eficiencia operativa y al control detallado de los procesos internos del establecimiento.

10.3 DEFINICIÓN DE CASOS DE USO

- **Caso de Uso 01 – Atender solicitud de compra del cliente**

Actor(es):

Cliente

Vendedor

Descripción:

Este caso de uso describe el proceso mediante el cual el vendedor atiende al cliente cuando este llega al establecimiento a solicitar uno o varios productos de ferretería.

Disparador:

El cliente llega al establecimiento y solicita un producto.

Precondiciones:

- El establecimiento se encuentra abierto.
- El vendedor está disponible para atender al cliente.
- Los productos se encuentran exhibidos o almacenados en el establecimiento.

Flujo básico (flujo principal):

- El cliente solicita uno o varios productos al vendedor.
- El vendedor escucha la solicitud del cliente.
- El vendedor verifica visualmente si el producto se encuentra disponible.

- El vendedor confirma al cliente la disponibilidad del producto.
- El vendedor procede a continuar con el proceso de venta.

Flujos alternos / excepciones:

Producto no disponible

- El vendedor informa al cliente que el producto no está disponible.
- El cliente decide cambiar el producto o cancelar la compra.

Postcondiciones:

- El cliente decide continuar con la compra de los productos disponibles.

Observaciones / limitaciones del sistema actual:

- La verificación de disponibilidad se realiza de forma visual.
- No existe un sistema que confirme automáticamente las existencias.

• **Caso de Uso 02 – Registrar venta y generar factura**

Actor(es):

Vendedor

Sistema de facturación (Siigo)

Descripción:

Este caso de uso describe el proceso mediante el cual el vendedor registra la venta de los productos en el sistema Siigo y genera la factura electrónica correspondiente.

Disparador:

El cliente confirma la compra de los productos.

Precondiciones:

- El vendedor tiene acceso al sistema Siigo.
- Los productos ya fueron seleccionados por el cliente.

Flujo básico (flujo principal):

- El vendedor ingresa al sistema de facturación Siigo.
- El vendedor registra los productos que el cliente va a comprar.
- El vendedor ingresa las cantidades correspondientes.
- El sistema calcula automáticamente el valor total de la compra.
- El sistema genera la factura electrónica.
- La factura se envía automáticamente a la DIAN.

Flujos alternos / excepciones:

Error en el registro de productos

- El vendedor corrige manualmente la información antes de generar la factura.

Postcondiciones:

- La venta queda registrada en el sistema.
- El cliente recibe su factura electrónica.

Observaciones / limitaciones del sistema actual:

- La factura registra la información digitalmente, pero no verifica automáticamente los materiales que se entregan.

- **Caso de Uso 03 – Preparar materiales para despacho**

Actor(es):

Vendedor

Auxiliar o trabajador del establecimiento

Descripción:

Este caso de uso describe el proceso mediante el cual el trabajador reúne los materiales solicitados por el cliente después de generar la factura.

Disparador:

Se genera la factura de compra.

Precondiciones:

- La venta fue registrada en el sistema.
- Los materiales se encuentran disponibles en el establecimiento.

Flujo básico (flujo principal):

- El trabajador revisa los productos registrados en la factura.
- El trabajador se dirige al área donde se encuentran los materiales.
- El trabajador reúne los productos solicitados.
- Los materiales se preparan para su entrega al cliente.

Flujos alternos / excepciones:**Producto no encontrado en el lugar esperado**

- El trabajador busca el producto en otra zona del establecimiento.
- Si no se encuentra, se informa al vendedor.

Postcondiciones:

- Los materiales quedan listos para ser entregados al cliente.

Observaciones / limitaciones del sistema actual:

- La selección de productos se realiza manualmente.
- Puede haber confusión entre materiales similares.

- **Caso de Uso 04 – Verificar materiales antes de la entrega**

Actor(es):

Vendedor

Trabajador encargado del despacho

Descripción:

Este caso de uso describe el proceso mediante el cual se revisa manualmente que los materiales preparados coincidan con los que aparecen en la factura.

Disparador:

Los materiales han sido reunidos para su entrega.

Precondiciones:

- Existe una factura generada en el sistema.
- Los materiales están preparados para el despacho.

Flujo básico (flujo principal):

- El trabajador revisa los productos registrados en la factura.
- El trabajador cuenta manualmente los materiales preparados.
- El trabajador compara la cantidad de materiales con la factura.
- Si la cantidad coincide, se procede a la entrega al cliente.

Flujos alternos / excepciones:**Diferencia en la cantidad de materiales**

- El trabajador vuelve a contar los materiales.
- Se ajusta la cantidad antes de la entrega.

Postcondiciones:

- Los materiales quedan verificados antes de la entrega.

Observaciones / limitaciones del sistema actual:

- El conteo de materiales se realiza manualmente.
- Existe riesgo de errores humanos al contar productos como bultos de cemento, tubería tanto de presión como sanitarios.
- No existe un sistema automático de verificación.

- **Caso de Uso 05 – Entregar materiales al cliente**

Actor(es):

Vendedor

Cliente

Descripción:

Este caso de uso describe el proceso mediante el cual los materiales comprados son entregados al cliente.

Disparador:

Los materiales han sido verificados.

Precondiciones:

- La venta fue registrada.
- Los materiales fueron preparados y verificados.

Flujo básico (flujo principal):

- El trabajador entrega los materiales al cliente.
- El cliente recibe los productos.
- El proceso de compra finaliza.

Flujos alternos / excepciones:**Cliente detecta error en la cantidad**

- Se revisan nuevamente los materiales.
- Se corrige la cantidad si es necesario.

Postcondiciones:

- El cliente recibe los materiales comprados.

Observaciones / limitaciones del sistema actual:

- La verificación depende únicamente del conteo manual.
- No existe un mecanismo automático que confirme la cantidad exacta de materiales entregados.

10.4 DEFINICIÓN DIAGRAMA CONTEXTUAL**10.4.1 Descripción del sistema actual**

El sistema actual de despacho y control de materiales de la Ferretería Durán se basa principalmente en procesos manuales apoyados por el sistema de facturación electrónica Siigo. Su propósito general es gestionar la atención al cliente, registrar las ventas y coordinar el despacho de los materiales solicitados. En este proceso, los trabajadores verifican manualmente los productos que se entregan al cliente, especialmente materiales como bultos de cemento, tubería sanitaria y de presión, además de otros elementos de construcción.

Este sistema opera dentro de un entorno organizacional pequeño donde las actividades de venta, facturación y despacho se realizan de forma presencial. Aunque el registro de ventas se realiza mediante el software Siigo, la verificación de los materiales entregados se lleva a cabo de forma manual mediante observación visual y comunicación entre los trabajadores. Esta forma de trabajo puede generar errores en el conteo de los materiales despachados, lo que ocasiona diferencias entre lo que se entrega físicamente al cliente y lo que queda registrado en la factura.

10.4.2 Identificación de las entidades externas

Dentro del sistema actual se identifican varias entidades externas que interactúan con el proceso de venta y despacho de materiales de la ferretería. Estas entidades no hacen parte directa del sistema, pero intercambian información necesaria para que el proceso funcione correctamente.

- **Cliente:** Es la persona que solicita la compra de materiales de construcción. El cliente interactúa con el sistema al realizar solicitudes de productos y recibir la confirmación de la compra junto con los materiales adquiridos.
- **Proveedor:** Es la entidad encargada de suministrar los materiales que comercializa la ferretería. El proveedor recibe solicitudes de compra o reposición de productos y entrega la mercancía correspondiente.
- **Área contable o administrativa:** Es el área encargada de gestionar la información relacionada con las ventas, facturación y reportes financieros. Esta área recibe los datos de las ventas registradas para llevar el control contable de la empresa.

10.4.3 Flujos de información de entrada

Los flujos de información de entrada corresponden a los datos que ingresan al sistema desde las entidades externas para permitir el desarrollo de las actividades actuales.

- **Solicitudes de compra del cliente:** Información relacionada con los productos y cantidades que el cliente desea adquirir.
- **Entrega de productos por parte del proveedor:** Información asociada a los materiales que ingresan al establecimiento cuando se realiza el abastecimiento.
- **Solicitudes de información del área contable:** Requerimientos de datos relacionados con ventas o registros de facturación.

10.4.4 Flujos de información de salida

Los flujos de información de salida corresponden a los datos que el sistema genera y envía hacia las entidades externas como resultado de los procesos realizados en la ferretería.

- **Confirmación de compra al cliente:** Información que confirma los productos adquiridos y el registro de la venta realizada.
- **Órdenes de compra al proveedor:** Solicitudes de reposición de materiales cuando los niveles de productos disminuyen.
- **Datos de facturación para el área contable:** Información generada por el sistema de ventas que permite registrar las transacciones y elaborar reportes financieros.

10.4.5 Representación gráfica del diagrama contextual

En el diagrama contextual del sistema actual se observa que el sistema de gestión de ventas y despacho de materiales de la ferretería se representa como un único proceso central que

interactúa con tres entidades externas: cliente, proveedor y área contable. El cliente envía solicitudes de compra al sistema y recibe la confirmación de la venta junto con los productos adquiridos. Por su parte, el sistema envía órdenes de compra a los proveedores cuando se requiere reabastecer los productos y recibe de estos la mercancía correspondiente. Finalmente, el área contable recibe la información relacionada con las ventas registradas, lo que permite llevar el control de la facturación y los reportes financieros de la empresa.

pro

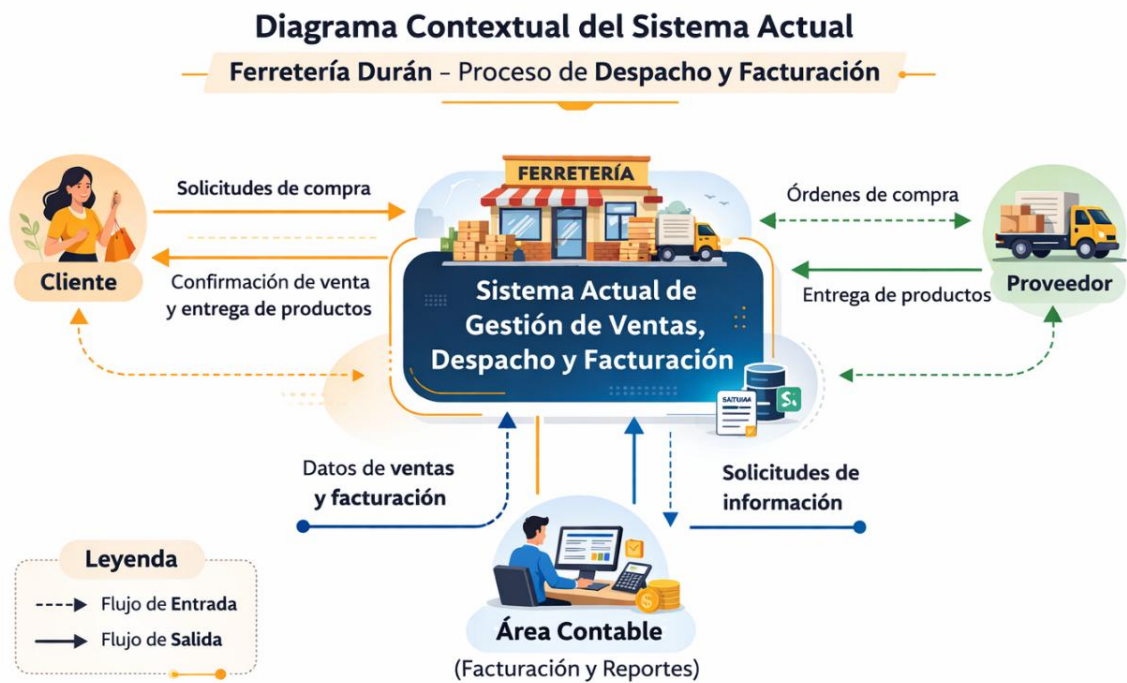


Figura 3. Diagrama contextual del sistema actual

Fuente. Diagrama contextual del sistema actual de despacho de materiales en la Ferretería, diseñado a partir del uso de datos de la investigación con ayuda de inteligencia artificial (chatgpt, 2026)

11 REQUERIMIENTOS

11.1 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

El proceso de definición de requerimientos para el sistema LogiCheck se basa en la metodología Extreme Programming (XP). A diferencia de los métodos tradicionales que buscan documentos cerrados desde el inicio, XP permite que los requerimientos evolucionen a través de iteraciones constantes (Beck, 1999). Esta flexibilidad es fundamental para abordar los problemas identificados en la Ferretería Durán, donde los procesos de despacho actuales presentan fallas frecuentes.

En la actualidad, el despacho de materiales pesados como bultos de cemento y tuberías depende totalmente del conteo manual realizado por el personal. Esto genera errores humanos que causan diferencias entre lo que dice la factura (generada en Siigo Nube) y lo que realmente se carga en los vehículos. Además del problema contable, el mal conteo puede llevar a sobrecargas en los camiones, lo que pone en riesgo la seguridad industrial y el cumplimiento de las normas de transporte.

Por esta razón, los requerimientos de LogiCheck se centran en eliminar la subjetividad humana mediante automatización. El sistema utiliza visión artificial con el modelo YOLOv26 para identificar y contar los materiales en tiempo real. Al seguir el principio de "Diseño Simple" de XP, estas necesidades se organizan en Historias de Usuario (HU), las cuales se enfocan en crear un Producto Mínimo Viable (MVP) que permita validar que lo cargado físicamente coincida con lo facturado, reduciendo así los riesgos operativos detectados.

11.2 Clasificación general de los requerimientos

El proceso de definición de requerimientos para el sistema LogiCheck se basa en la metodología Extreme Programming (XP), la cual permite que los requerimientos evolucionen de manera iterativa a lo largo del desarrollo, adaptándose a las necesidades identificadas en cada ciclo. En concordancia con este enfoque ágil, los requerimientos se documentan mediante historias de usuario, las cuales describen las funcionalidades del sistema desde la perspectiva de los usuarios involucrados, utilizando la estructura estándar: Como [rol], quiero [funcionalidad], para [beneficio].

Los requerimientos se organizan en las siguientes categorías: funcionales (HU), técnicos (HU-T), no funcionales (HU-NF), de reportes (HU-R) y de seguridad (HU-S), garantizando una cobertura integral de todas las necesidades del sistema.

11.3 Historias de usuario (equivalentes a requerimientos funcionales)

- **HU-01:** Como usuario del sistema, quiero iniciar sesión con mis credenciales, para acceder a las funcionalidades según mi rol.

- **HU-02:** Como usuario autenticado, quiero cerrar sesión de forma segura, para proteger el acceso al sistema cuando no esté en uso.
- **HU-03:** Como auxiliar de despacho, quiero cargar la factura en formato PDF, para que el sistema extraiga automáticamente los datos del despacho.
- **HU-04:** Como auxiliar de despacho, quiero visualizar los datos extraídos de la factura, para confirmar que la información es correcta antes de la verificación.
- **HU-05:** Como auxiliar de despacho, quiero seleccionar un video del proceso de carga, para que el sistema lo analice mediante visión artificial.
- **HU-06:** Como auxiliar de despacho, quiero conectar una cámara en tiempo real mediante RTSP, para analizar el proceso de carga en vivo.
- **HU-07:** Como auxiliar de despacho, quiero que el sistema analice automáticamente el video, para detectar y contar los materiales despachados.
- **HU-08:** Como auxiliar de despacho, quiero visualizar el conteo de materiales en tiempo real, para monitorear el despacho mientras ocurre.
- **HU-09:** Como auxiliar de despacho, quiero que el sistema compare automáticamente el despacho detectado con la factura, para identificar discrepancias.
- **HU-10:** Como auxiliar de despacho, quiero que el sistema registre automáticamente la auditoría del despacho, para contar con un historial de verificaciones.
- **HU-11:** Como auxiliar de despacho, quiero asociar un vehículo a la auditoría, para registrar el medio de transporte utilizado.
- **HU-12:** Como usuario del sistema, quiero consultar el historial de auditorías, para revisar verificaciones anteriores.
- **HU-13:** Como usuario del sistema, quiero visualizar el detalle de una auditoría, para analizar los resultados de la verificación.
- **HU-14:** Como usuario del sistema, quiero generar un reporte en PDF de una auditoría, para tener un documento descargable del resultado.
- **HU-15:** Como gerente, quiero visualizar un panel de control con indicadores KPI, para tomar decisiones basadas en información consolidada.
- **HU-16:** Como gerente, quiero generar un reporte logístico consolidado, para analizar el desempeño del proceso de despacho en un periodo.
- **HU-17:** Como administrador, quiero gestionar usuarios del sistema, para controlar el acceso y los permisos.

- **HU-18:** Como administrador, quiero asignar y modificar roles y permisos, para controlar el acceso a funcionalidades.
- **HU-19:** Como administrador, quiero registrar y gestionar vehículos, para asociarlos a las auditorías de despacho.
- **HU-20:** Como administrador, quiero registrar y gestionar materiales, para mantener actualizado el catálogo del sistema.
- **HU-21:** Como usuario del sistema, quiero recibir notificaciones ante discrepancias, para tomar acciones correctivas oportunas.
- **HU-22:** Como administrador, quiero consultar el registro de actividades del sistema, para hacer seguimiento de las acciones realizadas.
- **HU-23:** Como administrador, quiero consultar el historial de cambios de auditorías, para verificar modificaciones realizadas

11.4 Requerimientos no funcionales

- **Criterio de aceptación HU-NF-01 (Rendimiento):**

Como equipo de desarrollo, queremos que el sistema procese el video con un rendimiento adecuado para el entorno de despacho, para que el análisis sea fluido y no genere retrasos significativos.

- **Criterio de aceptación HU-NF-02 (Usabilidad):**

Como equipo de desarrollo, queremos diseñar una interfaz simple e intuitiva, para que el personal operativo pueda usar el sistema sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.

- **Criterio de aceptación HU-NF-03 (Disponibilidad):**

Como equipo de desarrollo, queremos que el sistema esté disponible y operativo durante el horario laboral de la ferretería, para garantizar que el proceso de verificación de despachos no se vea interrumpido.

- **Criterio de aceptación HU-NF-04 (Confiabilidad):**

Como equipo de desarrollo, queremos que el sistema ofrezca un nivel de precisión confiable en el conteo de materiales, para que los resultados de la verificación sean útiles y reducir los errores del proceso manual.

11.5 Requerimientos técnicos

Infraestructura y Red

LogiCheck se ejecutará de forma local en la Ferretería Durán bajo las siguientes especificaciones:

1. Computador de escritorio: Se requiere un equipo con Windows 10/11, procesador moderno y, de ser posible, una tarjeta gráfica NVIDIA para acelerar el procesamiento de video.

2. Base de datos: Se utilizará SQLite para guardar la información de facturas, conteos y auditorías, ya que es ligera y no requiere un servidor externo.

3. Red Local: Las cámaras se conectarán al computador mediante cable de red o Wi-Fi estable usando el protocolo RTSP. Se requiere internet para las alertas externas.

- **HU-T-01:** Como equipo de desarrollo, queremos que el sistema sea una aplicación de escritorio instalada localmente, para que funcione sin depender de conexión a internet ni infraestructura en la nube.
- **HU-T-02:** Como equipo de desarrollo, queremos desarrollar el sistema utilizando Python, para aprovechar las bibliotecas disponibles para visión artificial, procesamiento de PDF y bases de datos.
- **HU-T-03:** Como equipo de desarrollo, queremos integrar el modelo de detección de objetos YOLOv26 entrenado para los materiales de la ferretería, para garantizar precisión en la detección y conteo automatizado.
- **HU-T-04:** Como equipo de desarrollo, queremos utilizar una base de datos SQLite local, para almacenar la información del sistema sin requerir un servidor externo.
- **HU-T-05:** Como equipo de desarrollo, queremos construir la interfaz gráfica utilizando un framework como PyQt o Tkinter, para ofrecer una interacción intuitiva en la aplicación de escritorio.
- **HU-T-06:** Como equipo de desarrollo, queremos implementar un mecanismo de tracking de objetos, para asignar identificadores únicos y evitar conteos duplicados durante el análisis de video.

Lenguajes y Librerías

Python 3.10+: Lenguaje base para toda la lógica del sistema.

OpenCV: Librería fundamental para capturar el video de las cámaras y realizar ajustes en la imagen (brillo, tamaño, etc.).

YOLOv26 (Ultralytics): Motor de inteligencia artificial encargado de la detección de objetos.

PyMuPDF: Librería utilizada para abrir los PDF de Siigo Nube y extraer el texto de las facturas.

Gestión de Hilos (Threading): Se usará multiprocesamiento para que el conteo de las cámaras no ponga lenta la interfaz de usuario.

11.6 Requerimientos de reportes

- **HU-R-01:** Como usuario del sistema, quiero generar un reporte en PDF de una auditoría de despacho, para contar con un documento formal que soporte la verificación realizada.

- **HU-R-02:** Como gerente, quiero generar un reporte logístico consolidado por rango de fechas, para evaluar el desempeño del proceso de despacho en un periodo determinado.

11.7 Requerimientos de seguridad

- **HU-S-01:** Como administrador, quiero que las contraseñas de los usuarios se almacenen cifradas, para proteger las credenciales ante accesos no autorizados.
- **HU-S-02:** Como administrador, quiero que el sistema controle el acceso según roles de usuario, para garantizar que cada persona solo acceda a las funcionalidades permitidas.
- **HU-S-03:** Como administrador, quiero que los datos sensibles del sistema estén cifrados, para proteger la información almacenada ante accesos indebidos.
- **HU-S-04:** Como administrador, quiero generar copias de seguridad de la base de datos, para respaldar la información ante fallos o pérdida de datos.
- **HU-S-05:** Como equipo de desarrollo queremos implementar niveles de acceso según el rol del usuario para restringir las funcionalidades y garantizar que cada usuario solo acceda a lo que le corresponde
- **HU-S-06:** Como equipo de desarrollo queremos almacenar las contraseñas utilizando algoritmos de hashing para evitar que se guarden en texto plano y proteger la información del sistema.
- **HU-S-07:** Como equipo de desarrollo queremos registrar todas las acciones del sistema con fecha y hora para permitir auditorías y seguimiento de las actividades realizadas

11.7.1 Reportes del sistema

- **HU-R-01:** Como auxiliar de despacho / Gerente, quiero generar un reporte en PDF de una auditoría de despacho específica, para contar con un documento formal que soporte la verificación realizada.
- **HU-R-02:** Como gerente, quiero generar un reporte logístico consolidado que resuma los despachos verificados en un periodo de tiempo, para evaluar el desempeño del proceso logístico.
- **HU-R-03:** Como equipo de desarrollo queremos que el sistema genere reportes en formato PDF cuando se detecten inconsistencias en los despachos para contar con un documento formal que sirva como evidencia del error.
- **HU-R-04:** Como equipo de desarrollo queremos incluir capturas de pantalla del video en los reportes generados para mostrar evidencia visual de los materiales detectados durante la auditoría

- **HU-R-05:** Como equipo de desarrollo queremos incluir un resumen detallado de las diferencias entre lo detectado y lo registrado en la factura para identificar con precisión qué materiales faltaron o sobraron

Para una mejor comprensión y nivel de detalle de las historias de usuario definidas en el presente apartado, se dispone de un documento anexo en formato Excel que contiene las fichas completas de cada historia de usuario, incluyendo su descripción detallada, criterios de aceptación, prioridades y observaciones. Este anexo permite profundizar en la especificación funcional del sistema sin sobrecargar el contenido del documento principal.

*Para mayor detalle, las fichas de historias de usuario se presentan en el (**Anexo A**).*

12 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA PROPUESTO

12.1 ARQUITECTURA DEL APLICATIVO

La arquitectura del aplicativo define la organización estructural del sistema computacional LogiCheck, estableciendo los componentes fundamentales, sus responsabilidades y los mecanismos de interacción entre ellos. Este diseño garantiza que los requerimientos de auditoría y detección visual se traduzcan en una solución técnica robusta, coherente con el entorno operativo de la Ferretería Durán y las capacidades de procesamiento en tiempo real exigidas.

12.1.1 Tipo de arquitectura seleccionada

Para el desarrollo de LogiCheck se ha seleccionado una Arquitectura Modular Multicapa (N-Tier Architecture). Esta elección permite dividir el sistema en niveles lógicos independientes, donde cada capa tiene una responsabilidad única y se comunica con las demás mediante interfaces definidas.

Se ha optado por este modelo debido a la heterogeneidad de las tareas que realiza el sistema: procesamiento de video de alta carga (Capa de Visión), interacción con el usuario (Capa de Presentación) y gestión de persistencia local (Capa de Datos). El modularidad asegura que cambios en el modelo de inteligencia artificial o en la interfaz de usuario no afecten la estabilidad de la lógica de auditoría central.

12.1.2 Descripción general de la arquitectura

La arquitectura se organiza de forma jerárquica, permitiendo un flujo de información unidireccional y controlado. El sistema opera de manera distribuida a nivel funcional dentro de una misma estación de trabajo, gestionando hilos de ejecución paralelos para evitar bloqueos en la interfaz. El flujo general se inicia con la captura de tramas de video desde el protocolo RTSP. Esta información es procesada por el motor de visión antes de pasar a la capa de lógica, donde se cruza con los datos extraídos de las facturas electrónicas. Finalmente, los resultados se persisten en la base de datos y se notifican al usuario mediante la interfaz gráfica y servicios de mensajería externa.

12.1.3 Componentes de la arquitectura

El sistema se descompone en los siguientes módulos funcionales:

- **Capa de presentación (Interfaz de Usuario):** Es el componente encargado de la interacción directa con el auxiliar y el gerente. Su función es visualizar los flujos de video en tiempo real, permitir la configuración de zonas de conteo y mostrar los resultados de las auditorías. Se encarga de validar las entradas del usuario y presentar las alertas visuales.
- **Capa de Lógica de Negocio (Módulo Auditor):** Constituye el "cerebro" del sistema. Su responsabilidad es realizar la comparación algorítmica entre la cantidad de materiales detectados por la visión artificial y las cantidades consignadas en la factura

de Siigo Nube. Gestiona las reglas de negocio, los estados del despacho y la toma de decisiones sobre la conformidad del cargue.

- **Capa de Visión Artificial (Motor de Inferencia):** Este componente encapsula toda la lógica de procesamiento de imagen. Utiliza el modelo YOLOv26 para la detección de objetos y algoritmos de rastreo para el seguimiento de materiales. Su función es transformar flujos de video brutos en metadatos estructurados (conteo de unidades).
- **Capa de Acceso a Datos (Persistencia):** Responsable de gestionar todas las operaciones de almacenamiento y recuperación de información en la base de datos local (SQLite). Garantiza la integridad de los registros de auditoría, las credenciales de usuario y los históricos de despachos.
- **Capa de Integración Externa (Módulo de Mensajería):** Se encarga de la comunicación con servicios fuera del entorno local, específicamente mediante el envío de alertas y reportes a través de la API de mensajería (Telegram/WhatsApp).

12.1.4 Diagrama de arquitectura

A continuación, se presenta la representación gráfica de la estructura del sistema LogiCheck, detallando la interacción entre los módulos:

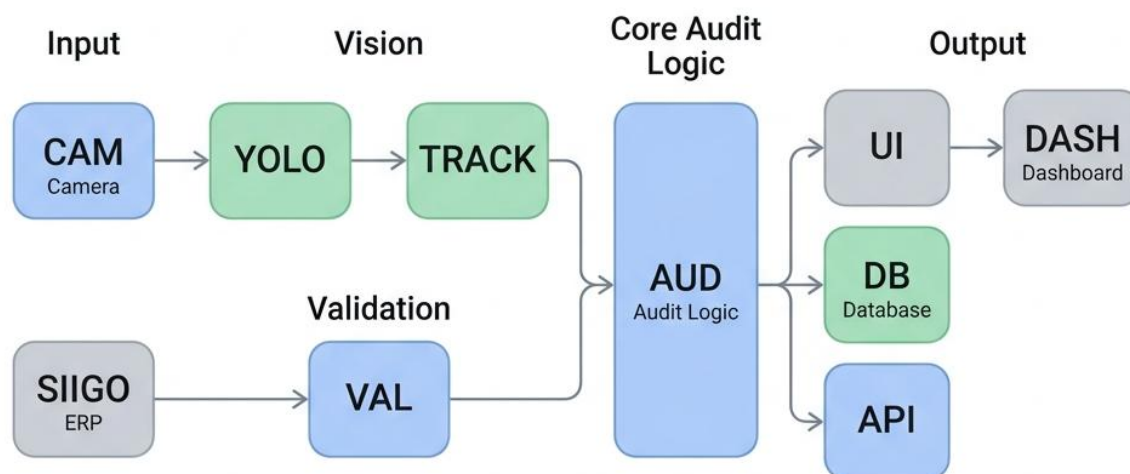


Figura 4. Estructura de Arquitectura Modular de LogiCheckb

Fuente. Elaboración propia

12.1.5 Justificación de la arquitectura propuesta

La arquitectura propuesta responde directamente a los desafíos técnicos y operativos del proyecto por las siguientes razones:

- **Independencia de procesamiento:** Al separar la visión artificial de la interfaz de usuario, se garantiza que el procesamiento intensivo de video no degrade la experiencia de uso. Esto permite que el sistema mantenga una alta tasa de cuadros por segundo (FPS) sin congelar la pantalla.
- **Facilidad de mantenimiento:** La modularidad permite actualizar el modelo de detección (por ejemplo, pasar a una versión superior de YOLO) o cambiar el formato de las facturas descargadas sin necesidad de reescribir todo el aplicativo.
- **Seguridad y Fiabilidad:** El aislamiento de la capa de datos asegura que la información sensible de auditoría se maneje bajo protocolos estrictos, permitiendo que LogiCheck opere de manera robusta incluso ante la falta temporal de conexión a internet, priorizando la persistencia local.
- **Escalabilidad:** Esta estructura facilita la incorporación futura de nuevos tipos de materiales o cámaras adicionales, simplemente escalando los módulos de visión y lógica sin alterar la arquitectura base.

12.2 DICCIONARIO DE DATOS

El diccionario de datos describe de manera estructurada y detallada cada uno de los datos que maneja el sistema LogiCheck, especificando el nombre, tipo, tamaño, restricciones y descripción de cada campo. Este documento está alineado con el modelo entidad–relación definida en el diseño del sistema y sirve como referencia técnica para el desarrollo y mantenimiento de la solución.

A continuación se presenta la tabla USUARIOS como tabla principal y representativa del sistema, dado que actúa como entidad base de todas las relaciones del modelo. La documentación completa del diccionario de datos, incluyendo las tablas VEHICULOS, MATERIALES, AUDITORIAS, AUDITORIA_MATERIALES, ACTIVITY_LOGS, AUDITORIAS_HISTORICO y NOTIFICACIONES_QUEUE, se encuentra detallada en el Manual Técnico del proyecto, en la sección **3.1 c. ii. Diccionario de datos**.

El diccionario de datos se encuentra en el (Anexo B).

- **Tabla: USUARIOS**

Descripción:

Almacena la información de autenticación y perfil de los usuarios registrados en el sistema. Gestiona los roles (auxiliar de despacho, administrador y gerente) y los permisos de acceso a las funcionalidades de LogiCheck.

Tabla 13. Usuarios

TABLA: USUARIOS					
Campo	Tipo	Tamaño	PK/FK	Restricción	Descripción
id	INT	-	PK	NOT NULL	Identificador único del usuario. Se genera automáticamente.
username	VARCHAR	100	-	NOT NULL, UNIQUE	Nombre de usuario utilizado para el inicio de sesión. No puede repetirse.
password_hash	VARCHAR	255	-	NOT NULL	Contraseña del usuario almacenada en formato hash cifrado.
password_salt	VARCHAR	255	-	-	Valor salt utilizado en el proceso de cifrado de la contraseña.
role	VARCHAR	50	-	NOT NULL	Rol asignado al usuario: auxiliar_despacho, administrador o gerente.
full_name	VARCHAR	150	-	-	Nombre completo del usuario registrado en el sistema.
active	BOOLEAN	-	-	NOT NULL	Indica si el usuario está activo (TRUE) o desactivado (FALSE).
created_at	DATETIME	-	-	NOT NULL	Fecha y hora de creación del registro del usuario.
permissions_override	TEXT	-	-	-	Permisos adicionales temporales asignados al usuario en formato JSON.
permissions_expire_at	DATETIME	-	-	-	Fecha y hora de expiración de los permisos temporales asignados.
permissions_modified_by	INT	-	FK	-	ID del usuario administrador que realizó la última

					modificación de permisos.
--	--	--	--	--	---------------------------

Fuente. Elaboración propia, 2026

Relaciones:

- Un usuario puede realizar múltiples auditorías (relación 1:N con AUDITORIAS).
- Un usuario puede generar múltiples registros de actividad (relación 1:N con ACTIVITY_LOGS).
- Un usuario puede modificar múltiples auditorías (relación 1:N con AUDITORIAS_HISTORICO).

12.3 MODELO CONCEPTUAL (ENTIDAD–RELACIÓN)

12.3.1 Descripción general del modelo

El modelo entidad–relación del sistema LogiCheck fue diseñado con el propósito de soportar el proceso de verificación y control de despachos de materiales, integrando información proveniente tanto de documentos (facturas) como del análisis de video mediante técnicas de visión artificial. Este modelo permite gestionar de manera estructurada la información relacionada con usuarios, auditorías, materiales, vehículos y eventos del sistema, garantizando la trazabilidad y consistencia de los datos.

En términos de procesos, el modelo soporta principalmente la gestión de auditorías de despacho, en las cuales se realiza la comparación entre los materiales registrados en la factura y los detectados automáticamente por el sistema. Asimismo, permite el registro de actividades de los usuarios, el almacenamiento de históricos de modificaciones sobre las auditorías y la generación de notificaciones asociadas a eventos relevantes, como discrepancias en los despachos. De igual manera, el modelo facilita la administración de recursos logísticos como materiales y vehículos involucrados en el proceso.

Las entidades principales identificadas en el modelo son: usuarios, auditorías, materiales, vehículos, auditoría_materiales, activity_logs, auditorías_historico y notificaciones_queue. La entidad auditorías se constituye como el núcleo del sistema, ya que centraliza la información del proceso de verificación. Por su parte, la entidad usuarios gestiona el acceso y las acciones dentro del sistema, mientras que materiales y vehículos representan los elementos físicos involucrados en los despachos.

En cuanto a las relaciones, se establece una relación de uno a muchos entre usuarios y auditorías, dado que un usuario puede realizar múltiples auditorías. De igual forma, existe una relación de uno a muchos entre vehículos y auditorías, ya que un vehículo puede participar en varios despachos. La relación entre auditorías y materiales es de tipo muchos a muchos, la cual se resuelve mediante la entidad intermedia auditoría_materiales, permitiendo detallar las cantidades verificadas por cada material. Adicionalmente, las auditorías se relacionan con auditorías_historico para mantener un registro de cambios, con activity_logs para el seguimiento de acciones de los usuarios y con notificaciones_queue para la gestión de alertas generadas por el sistema.

En conjunto, este modelo permite representar de manera integral el funcionamiento del sistema LogiCheck, asegurando la correcta organización de la información y facilitando la trazabilidad de los procesos logísticos y de verificación.

12.3.2 Identificación de entidades

Las entidades representan objetos del mundo real que almacenan información relevante para el funcionamiento del sistema LogiCheck. A partir del análisis de los requerimientos y del modelo entidad–relación, se identificaron las siguientes entidades principales:

- **Usuarios:** Representa a las personas que interactúan con el sistema, como administradores, operadores y gerentes. Esta entidad almacena información de autenticación, roles y permisos, permitiendo controlar el acceso y las acciones dentro de la aplicación.
- **Auditorías:** Constituye la entidad central del sistema. Representa cada proceso de verificación de despacho realizado, incluyendo información como el usuario responsable, el vehículo utilizado, la factura asociada, los resultados del análisis de video y las discrepancias detectadas.
- **Materiales:** Contiene la información de los productos o materiales que son objeto de verificación en los despachos, tales como nombre, código, categoría, peso y volumen. Esta entidad permite estandarizar los elementos que serán comparados entre la factura y el análisis visual.
- **Vehículos:** Representa los medios de transporte utilizados en los despachos. Incluye datos como placa, tipo y capacidad, lo cual permite relacionar cada auditoría con el vehículo correspondiente.
- **Auditoría_Materiales:** Es una entidad intermedia que permite gestionar la relación entre auditorías y materiales. En esta se registran las cantidades detectadas en el video, las cantidades registradas en la factura y la diferencia entre ambas, permitiendo un análisis detallado por material.
- **Activity_Logs:** Almacena el registro de acciones realizadas por los usuarios dentro del sistema, como creación, modificación o consulta de información. Esta entidad permite llevar un control y seguimiento del uso del sistema.
- **Auditorías_Histórico:** Permite conservar un historial de cambios realizados sobre las auditorías. Registra modificaciones, usuario responsable del cambio y los datos anteriores y nuevos, facilitando la trazabilidad y auditoría del sistema.
- **Notificaciones_Queue:** Gestiona las notificaciones generadas por el sistema, como alertas de discrepancias. Almacena el tipo de notificación, el mensaje, el destinatario y el estado de envío, permitiendo su procesamiento y control.

12.3.3 Identificación de atributos

Cada entidad identificada en el sistema debe contar con atributos que permitan describir sus características y almacenar la información necesaria para su gestión. A continuación, se presentan los principales atributos definidos para cada entidad del sistema LogiCheck:

- **Entidad: Usuarios**

Atributos: id_usuario, username, password_hash, password_salt, rol, nombre_completo, activo, fecha_creacion, permisos_override, permisos_expiracion, permisos_modificados_por

- **Entidad: Auditorías**

Atributos: id_auditoria, id_usuario, id_vehiculo, fecha, numero_factura, cliente, nombre_video, conteo_ia, conteo_factura, discrepancias, resultado, notas, capturas

- **Entidad: Materiales**

Atributos: id_material, codigo, nombre, categoria, peso_unitario, volumen_unitario, activo, fecha_creacion

- **Entidad: Vehículos**

Atributos: id_vehiculo, codigo, tipo, placa, capacidad_peso_max, capacidad_volumen_max, activo, fecha_creacion

- **Entidad: Auditoría_Materiales**

Atributos: id_detalle, id_auditoria, id_material, cantidad_ia, cantidad_factura, diferencia

- **Entidad: Activity_Logs**

Atributos: id_log, id_usuario, accion, descripcion, fecha

- **Entidad: Auditorías_Histórico**

Atributos: id_historico, id_auditoria, id_usuario_modificador, operacion, fecha_cambio, datos_anteriores, datos_nuevos

- **Entidad: Notificaciones_Queue**

Atributos: id_notificacion, id_auditoria, tipo, mensaje, destinatario, estado, intentos, fecha_creacion, fecha_envio

12.3.4 Identificación de relaciones

Se definen las relaciones entre las entidades del sistema, estableciendo la forma en que interactúan entre sí y su respectiva cardinalidad, la cual puede ser de uno a uno (1:1), uno a muchos (1:N) o muchos a muchos (N:M).

- **Relación: Usuarios – Auditorías**

Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)

Descripción: Un usuario puede realizar múltiples auditorías, mientras que cada auditoría es realizada por un único usuario.

- **Relación: Vehículos – Auditorías**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Un vehículo puede ser utilizado en múltiples auditorías de despacho, pero cada auditoría se asocia a un solo vehículo.
- **Relación: Auditorías – Materiales**
Cardinalidad: Muchos a muchos (N:M)
Descripción: Una auditoría puede involucrar varios materiales, y un mismo material puede aparecer en múltiples auditorías. Esta relación se resuelve mediante la entidad intermedia Auditoría_Materiales.
- **Relación: Auditorías – Auditoría_Materiales**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Una auditoría puede tener múltiples registros en la entidad Auditoría_Materiales, donde se detalla la información de cada material verificado.
- **Relación: Materiales – Auditoría_Materiales**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Un material puede estar presente en múltiples registros de Auditoría_Materiales, permitiendo su asociación con diferentes auditorías.
- **Relación: Usuarios – Activity_Logs**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Un usuario puede generar múltiples registros de actividad dentro del sistema, los cuales son almacenados en la entidad Activity_Logs.
- **Relación: Auditorías – Auditorías_Histórico**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Una auditoría puede tener múltiples registros históricos que almacenan los cambios realizados sobre la misma.
- **Relación: Usuarios – Auditorías_Histórico**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Un usuario puede realizar múltiples modificaciones sobre auditorías, las cuales quedan registradas en la entidad Auditorías_Histórico.
- **Relación: Auditorías – Notificaciones_Queue**
Cardinalidad: Uno a muchos (1:N)
Descripción: Una auditoría puede generar múltiples notificaciones, por ejemplo, en caso de detectar discrepancias durante el proceso de verificación.

12.3.5 Diagrama gráfico ER

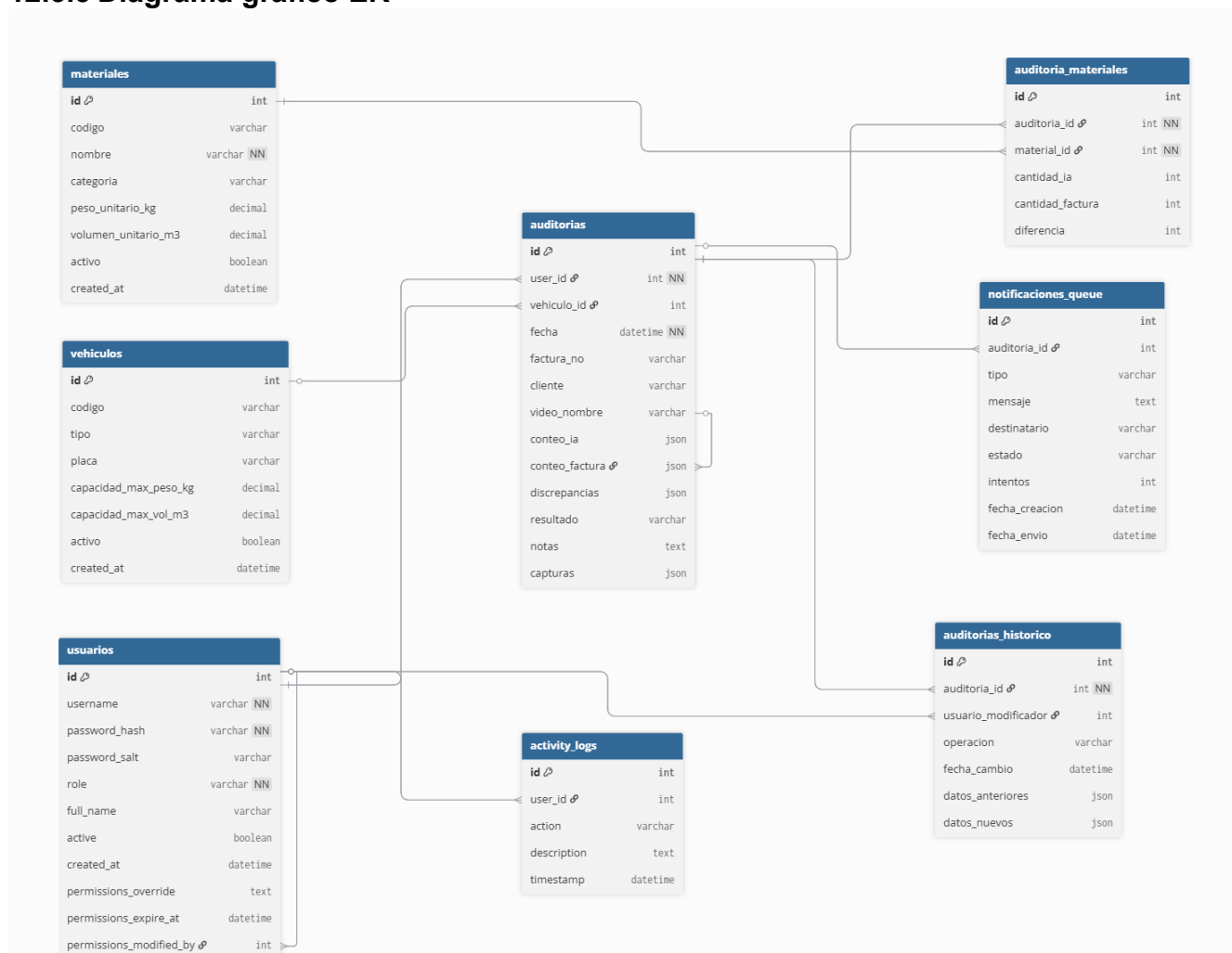


Figura 5. Diagrama gráfico ER

Fuente. Elaboración por software UML a partir de datos de la investigación, 2026

El modelo conceptual del sistema LogiCheck está compuesto por un conjunto de entidades que representan los elementos fundamentales del proceso de verificación de despachos, permitiendo organizar la información de manera estructurada y coherente. Entre las entidades principales se destacan usuarios, auditorías, materiales y vehículos, las cuales reflejan tanto los actores del sistema como los recursos involucrados en la operación logística. La entidad usuarios permite gestionar el acceso al sistema mediante roles y permisos, mientras que la entidad auditorías constituye el núcleo del modelo, ya que centraliza la información del proceso de validación, incluyendo datos provenientes de facturas y del análisis de video mediante inteligencia artificial. Por su parte, las entidades materiales y vehículos representan los elementos físicos que intervienen en los despachos, facilitando su identificación y control dentro del sistema. Este conjunto de entidades permite modelar de manera adecuada la realidad del proceso logístico, garantizando la integridad y disponibilidad de la información para su posterior análisis.

En cuanto a las relaciones, el modelo establece una relación de uno a muchos entre usuarios y auditorías, dado que un usuario puede realizar múltiples verificaciones, mientras que cada auditoría es ejecutada por un único usuario. De igual forma, se define una relación de uno a muchos entre vehículos y auditorías, ya que un vehículo puede participar en varios despachos, pero cada auditoría se asocia a un solo vehículo. En relación con los materiales, se presenta una relación de muchos a muchos con las auditorías, la cual se resuelve mediante la entidad intermedia auditoría_materiales, permitiendo registrar de manera detallada las cantidades verificadas y las discrepancias identificadas. Adicionalmente, el modelo incluye entidades complementarias como activity_logs, auditorías_histórico y notificaciones_queue, que permiten registrar las acciones de los usuarios, mantener un historial de cambios y gestionar las alertas generadas por el sistema. En conjunto, estas relaciones garantizan la trazabilidad, el control y la correcta gestión de la información dentro del sistema LogiCheck.

12.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

12.4.1. Descripción general del propósito

El Diagrama de Casos de Uso de LogiCheck tiene como propósito fundamental modelar las interacciones entre los distintos roles operativos de la Ferretería Durán y las funcionalidades automatizadas del sistema. Este modelo permite visualizar cómo el software centraliza y asegura el flujo de información, desde la recepción de documentos hasta la verificación física de materiales.

La importancia de este modelado radica en:

Optimización Operativa: Define con claridad cómo el Auxiliar de Despacho interactúa con herramientas de visión artificial para la carga y comparación de facturas, reduciendo el margen de error humano en la salida de mercancía.

Gestión y Control: Establece las facultades del Gerente y el Administrador para supervisar historiales y gestionar usuarios, garantizando que la toma de decisiones se base en reportes logísticos precisos.

Seguridad de la Información: Estructura procesos transversales de protección de datos, como el cifrado de información sensible y la ejecución de respaldos locales, asegurando que la integridad de los activos digitales de la ferretería se mantenga frente a cualquier contingencia.

En esencia, este diagrama sirve como la hoja de ruta funcional para asegurar que el sistema no solo cumpla con los requisitos técnicos de procesamiento de imágenes, sino que también se adapte de forma intuitiva a las necesidades diarias de los usuarios finales en el entorno logístico.

12.4.2. Identificación de actores

Los actores son roles que interactúan con el sistema propuesto, no corresponden a personas específicas, sino a tipos de usuarios o sistemas que hacen uso de las funcionalidades

disponibles. Estos actores representan las diferentes formas de interacción con LogiCheck, de acuerdo con las responsabilidades dentro del proceso de despacho y control.

Para el sistema propuesto, se identifican los siguientes actores:

- **Auxiliar de despacho:** Usuario encargado de operar el sistema en el proceso logístico, realizando la carga de facturas, ejecución de la verificación de materiales mediante video y consulta de resultados.
- **Administrador:** Responsable de la gestión del sistema, incluyendo la administración de usuarios, asignación de roles y control de aspectos relacionados con la seguridad de la información.
- **Gerente:** Usuario con enfoque estratégico que consulta reportes e información generada por el sistema para apoyar la toma de decisiones.

Estos actores permiten delimitar el alcance de interacción del sistema, facilitando la comprensión de las responsabilidades y funciones dentro de la solución propuesta.

12.4.3. Identificación de casos de uso

Los casos de uso representan las funcionalidades principales del sistema LogiCheck, las cuales están alineadas con los requerimientos definidos y permiten dar solución al problema de control y verificación de despachos. Cada caso de uso describe una acción relevante dentro del sistema y el valor que aporta al proceso logístico.

- **Caso de uso: Cargar factura PDF**

Tabla 14. Caso de uso: Cargar factura pdf

Caso de uso: Cargar factura PDF	
Actor principal	Auxiliar de despacho
Actores secundarios	Sistema de procesamiento de facturas (módulo lector PDF)
Descripción	Permite al auxiliar de despacho cargar el archivo de la factura electrónica en formato PDF generado por Siigo Nube, para que el sistema extraiga automáticamente el número de factura, el cliente y los materiales asociados al despacho.
Precondiciones	1. El usuario ha iniciado sesión con un rol autorizado (auxiliar de despacho o administrador). 2. El archivo de la factura existe en el equipo y se encuentra en formato PDF. 3. El archivo corresponde a una factura generada por el ERP Siigo Nube.
Flujo principal	1. El auxiliar de despacho selecciona la opción "Cargar factura". 2. El sistema solicita la ruta del archivo PDF. 3. El usuario selecciona el archivo desde el explorador de archivos.

	4. El sistema valida el formato y la estructura del documento. 5. El sistema extrae el número de factura, el cliente, la fecha y los materiales con sus cantidades. 6. El sistema presenta los datos extraídos en pantalla para su revisión.
Flujos alternos / excepción	Archivo no válido o formato no reconocido: 1. El sistema intenta leer el archivo cargado. 2. El sistema detecta que el documento no corresponde a una factura de Siigo Nube o no cumple con el formato PDF esperado. 3. El sistema cancela el proceso de extracción. 4. El sistema muestra un mensaje de error indicando el motivo del fallo (formato no soportado, archivo corrupto o estructura no reconocida). 5. El sistema solicita al usuario cargar nuevamente un archivo válido.
Postcondiciones	1. Los datos extraídos quedan disponibles en la interfaz para su confirmación por parte del usuario. 2. La información aún no se almacena de forma definitiva en la base de datos hasta que el usuario la valide en el caso de uso "Visualizar datos extraídos".

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Caso de uso: Ejecutar verificación de materiales**

Tabla 15. Caso de uso: Ejecutar verificación de materiales

Caso de uso: Ejecutar verificación de materiales	
Actor principal	Auxiliar de despacho
Actores secundarios	Motor de visión artificial (modelo YOLOv26)
Descripción	Permite analizar un video del proceso de despacho (grabado o en tiempo real mediante RTSP) utilizando el modelo de visión artificial YOLOv26, con el fin de detectar, clasificar y contar automáticamente los materiales cargados.
Precondiciones	1. El usuario ha iniciado sesión con un rol autorizado. 2. Existe una factura previamente cargada y confirmada en el sistema. 3. Se dispone de un archivo de video válido o de una conexión activa a la cámara mediante protocolo RTSP. 4. El modelo YOLOv26 se encuentra cargado correctamente en el sistema.
Flujo principal	1. El auxiliar de despacho selecciona el video o activa la conexión en tiempo real. 2. El sistema inicia el procesamiento de los fotogramas. 3. El modelo YOLOv26 detecta y clasifica los materiales presentes en cada fotograma. 4. El algoritmo de tracking asigna identificadores únicos para evitar conteos duplicados. 5. El sistema actualiza en tiempo real el conteo visible en la interfaz. 6. El sistema almacena temporalmente el resultado del conteo al finalizar el análisis.

Flujos alternos / excepción	Fallo en la conexión RTSP o en la carga del video: 1. El sistema intenta establecer la conexión o abrir el archivo de video. 2. El sistema detecta que la cámara no responde o que el archivo está dañado o incompleto. 3. El sistema interrumpe el proceso de análisis. 4. El sistema notifica al usuario el motivo del fallo (sin señal, archivo no soportado, pérdida de conexión). 5. El sistema permite reintentar la conexión o seleccionar otro archivo. Baja calidad de video que impide la detección: 1. El sistema detecta una tasa de confianza de detección inferior al umbral mínimo configurado. 2. El sistema genera una alerta de posible imprecisión en el conteo. 3. El sistema permite continuar el análisis dejando constancia de la advertencia en el registro.
Postcondiciones	1. Se genera un conteo estructurado de materiales detectados, clasificado por tipo de material. 2. El resultado queda disponible para ser comparado con los datos de la factura en el caso de uso "Comparar despacho vs. factura".

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Caso de uso: Comparar despacho vs. Factura**

Tabla 16. Caso de uso: Comparar despacho vs. factura

Caso de uso: Comparar despacho vs. factura	
Actor principal	Auxiliar de despacho
Actores secundarios	Módulo de lógica de auditoría; Gerente (como consultor posterior del resultado)
Descripción	Permite contrastar automáticamente las cantidades de materiales detectadas por el modelo de visión artificial con las cantidades registradas en la factura electrónica, con el fin de identificar coincidencias o discrepancias en el despacho.
Precondiciones	1. Existen datos de factura previamente extraídos y confirmados. 2. Existe un resultado de conteo generado por el módulo de visión artificial. 3. Ambos conjuntos de datos están asociados al mismo número de pedido o factura.
Flujo principal	1. El auxiliar de despacho selecciona la opción "Comparar despacho". 2. El sistema recupera el conteo de la factura y el conteo detectado por IA. 3. El sistema cruza ambos conjuntos de datos material por material. 4. El sistema calcula la diferencia (cantidad detectada menos cantidad facturada) para cada material. 5. El sistema clasifica el resultado general como "conforme" o "con discrepancias". 6. El sistema muestra el resultado detallado en pantalla.

Flujos alternos / excepción	Datos incompletos para la comparación: 1. El sistema detecta que falta el conteo de factura o el conteo de IA para uno o más materiales. 2. El sistema suspende el cálculo de la comparación para esos materiales específicos. 3. El sistema notifica al usuario qué información falta. 4. El sistema solicita completar el dato faltante (recargar factura o repetir el análisis de video) antes de continuar. Discrepancia detectada: 1. El sistema identifica una diferencia distinta de cero en al menos un material. 2. El sistema clasifica la auditoría como "con discrepancias". 3. El sistema genera automáticamente una notificación (caso de uso "Recibir notificaciones ante discrepancias").
Postcondiciones	1. Se genera un registro de auditoría con el resultado de la comparación (conforme o con discrepancias). 2. El detalle por material queda disponible para su consulta y para la generación de reportes.

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Caso de uso: Consultar historial de verificaciones**

Tabla 17. Caso de uso: Consultar historia de verificaciones

Caso de uso: Consultar historial de verificaciones	
Actor principal	Auxiliar de despacho / Gerente
Actores secundarios	Administrador (con permisos de consulta ampliados)
Descripción	Permite visualizar el listado histórico de auditorías de despacho realizadas, con la posibilidad de filtrar por fecha, cliente, vehículo o resultado, con el fin de revisar verificaciones anteriores.
Precondiciones	1. El usuario ha iniciado sesión con un rol autorizado para consultar historial (auxiliar de despacho, administrador o gerente). 2. Existen auditorías previamente registradas en la base de datos.
Flujo principal	1. El usuario accede a la sección "Historial de auditorías". 2. El sistema muestra el listado general de auditorías registradas. 3. El usuario aplica filtros (fecha, cliente, vehículo, resultado). 4. El sistema recupera y muestra los registros que cumplen los criterios seleccionados. 5. El usuario selecciona una auditoría específica para ver su detalle.
Flujos alternos / excepción	No existen registros que cumplan los filtros: 1. El sistema ejecuta la búsqueda con los criterios definidos. 2. El sistema no encuentra coincidencias.

	3. El sistema informa al usuario que no hay registros disponibles para los filtros aplicados. 4. El sistema permite modificar o limpiar los filtros para una nueva búsqueda.
Postcondiciones	1. El usuario visualiza la información histórica solicitada sin modificar los registros originales. 2. El acceso a la consulta queda registrado en el log de actividades del sistema.

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Caso de uso: Generar reportes logísticos**

Tabla 18. Caso de uso: Generar reportes logísticos

Caso de uso: Generar reportes logísticos	
Actor principal	Gerente
Actores secundarios	Auxiliar de despacho (generación de reporte individual por auditoría)
Descripción	Permite generar reportes en formato PDF, tanto individuales por auditoría como consolidados por rango de fechas, para apoyar el análisis del desempeño del proceso de despacho.
Precondiciones	1. El usuario ha iniciado sesión con un rol autorizado. 2. Existen auditorías almacenadas en el sistema dentro del rango o criterio seleccionado.
Flujo principal	1. El usuario selecciona el tipo de reporte (individual o consolidado). 2. El sistema solicita los parámetros necesarios (auditoría específica o rango de fechas). 3. El sistema recupera la información correspondiente de la base de datos. 4. El sistema construye el documento con los datos, incluyendo discrepancias e indicadores. 5. El sistema genera el archivo en formato PDF. 6. El sistema pone el archivo a disposición del usuario para su descarga.
Flujos alternos / excepción	Error en la generación del documento: 1. El sistema intenta construir el archivo PDF. 2. El sistema detecta un fallo (falta de datos, error de formato o falla del motor de generación). 3. El sistema cancela la generación del reporte. 4. El sistema notifica al usuario el error ocurrido. 5. El sistema permite reintentar la generación del reporte.
Postcondiciones	1. Se obtiene un archivo PDF disponible para descarga o impresión. 2. La generación del reporte queda registrada en el log de actividades.

- **Caso de uso: Gestionar usuarios**

Tabla 19. Caso de uso: Gestionar usuarios

Caso de uso: Gestionar usuarios	
Actor principal	Administrador
Actores secundarios	Auxiliar de despacho / Gerente (como usuarios gestionados)
Descripción	Permite crear, modificar, desactivar y asignar roles a los usuarios del sistema, controlando el acceso a las funcionalidades según el perfil correspondiente.
Precondiciones	1. El administrador ha iniciado sesión con las credenciales correspondientes. 2. El administrador cuenta con permisos habilitados para la gestión de usuarios.
Flujo principal	1. El administrador accede al módulo "Gestión de usuarios". 2. El sistema muestra el listado de usuarios registrados. 3. El administrador selecciona crear, modificar o desactivar un usuario. 4. El administrador ingresa o edita los datos requeridos (nombre, usuario, rol, estado). 5. El sistema valida la información ingresada. 6. El sistema guarda los cambios y actualiza el listado de usuarios.
Flujos alternos / excepción	Datos inválidos o incompletos: 1. El sistema valida los campos obligatorios y el formato de los datos ingresados. 2. El sistema detecta un campo vacío, un nombre de usuario duplicado o un formato incorrecto. 3. El sistema rechaza el guardado de la información. 4. El sistema notifica al administrador el campo específico que debe corregirse. 5. El administrador corrige la información y reintenta guardar.
Postcondiciones	1. El listado de usuarios queda actualizado con la información nueva o modificada. 2. La acción realizada queda registrada en el log de actividades, indicando el administrador responsable del cambio.

- **Caso de uso: Cifrar datos sensibles**

Tabla 20. Caso de uso: Cifrar datos sensibles

Caso de uso: Cifrar datos sensibles	
Actor principal	Administrador

Actores secundarios	Sistema (proceso automático de cifrado)
Descripción	Permite proteger la información crítica almacenada en el sistema (credenciales, datos de auditoría) mediante mecanismos de cifrado, garantizando la confidencialidad de los datos ante accesos no autorizados.
Precondiciones	1. Existen datos sensibles almacenados o por almacenar en el sistema (contraseñas, información de auditoría). 2. El módulo de cifrado se encuentra configurado y operativo.
Flujo principal	1. El sistema identifica automáticamente los campos definidos como sensibles al momento de almacenarlos. 2. El sistema aplica el algoritmo de cifrado correspondiente (hash con salt para contraseñas, cifrado simétrico para otros datos). 3. El sistema almacena la información ya cifrada en la base de datos. 4. El administrador puede verificar, desde el panel de configuración, que el cifrado se encuentra activo.
Flujos alternos / excepción	Fallo en el proceso de cifrado: 1. El sistema intenta aplicar el algoritmo de cifrado sobre el dato correspondiente. 2. El sistema detecta un error en el proceso (librería no disponible, clave de cifrado inválida). 3. El sistema impide el almacenamiento del dato sin cifrar. 4. El sistema genera una alerta para el administrador indicando el fallo. 5. El administrador revisa la configuración del módulo antes de reintentar la operación.
Postcondiciones	1. La información sensible queda almacenada de forma cifrada en la base de datos. 2. Ningún dato sensible queda persistido en texto plano.

Fuente. Elaboración propia, 2026

- **Caso de uso: Realizar backup local**

Tabla 21. *Caso de uso: Realizar backup local*

Caso de uso: Realizar backup local	
Actor principal	Administrador
Actores secundarios	—
Descripción	Permite generar copias de seguridad manuales de la base de datos del sistema, con el fin de proteger la información ante fallos técnicos o pérdida de datos.
Precondiciones	1. El administrador ha iniciado sesión con las credenciales correspondientes. 2. El sistema cuenta con información almacenada en la base de datos local. 3. Existe espacio de almacenamiento disponible en la ubicación de destino.

Flujo principal	1. El administrador selecciona la opción "Generar backup". 2. El sistema solicita la ubicación de destino para guardar la copia. 3. El administrador confirma la ubicación. 4. El sistema genera una copia completa de la base de datos. 5. El sistema almacena el archivo de respaldo en la ubicación indicada. 6. El sistema notifica al administrador que el backup se completó exitosamente.
Flujos alternos / excepción	Error en el almacenamiento del backup: 1. El sistema intenta escribir el archivo de respaldo en la ubicación seleccionada. 2. El sistema detecta un error (falta de espacio, permisos insuficientes o dispositivo no disponible). 3. El sistema cancela la generación del backup. 4. El sistema notifica al administrador el motivo del fallo. 5. El administrador selecciona una nueva ubicación o libera espacio antes de reintentar.
Postcondiciones	1. Se dispone de un archivo de respaldo válido de la base de datos en la ubicación seleccionada. 2. La generación del backup queda registrada en el log de actividades, indicando fecha, hora y usuario responsable.

Fuente. Elaboración propia, 2026

12.4.4. Relaciones entre actores y casos de uso

En el sistema LogiCheck, cada actor interactúa con uno o varios casos de uso de acuerdo con sus responsabilidades dentro del proceso de verificación de despachos. Estas relaciones permiten identificar quién ejecuta cada funcionalidad y cómo se distribuyen las tareas dentro del sistema.

A continuación, se establecen las relaciones entre actores y casos de uso:

- **Auxiliar de despacho:**
 - ✓ Cargar factura PDF
 - ✓ Ejecutar verificación de materiales
 - ✓ Comparar despacho vs. factura
 - ✓ Consultar historial de verificaciones
- **Administrador:**
 - ✓ Gestionar usuarios
 - ✓ Cifrar datos sensibles
- **Gerente:**
 - ✓ Consultar historial de verificaciones
 - ✓ Generar reportes logísticos

12.4.5. Diagrama gráfico

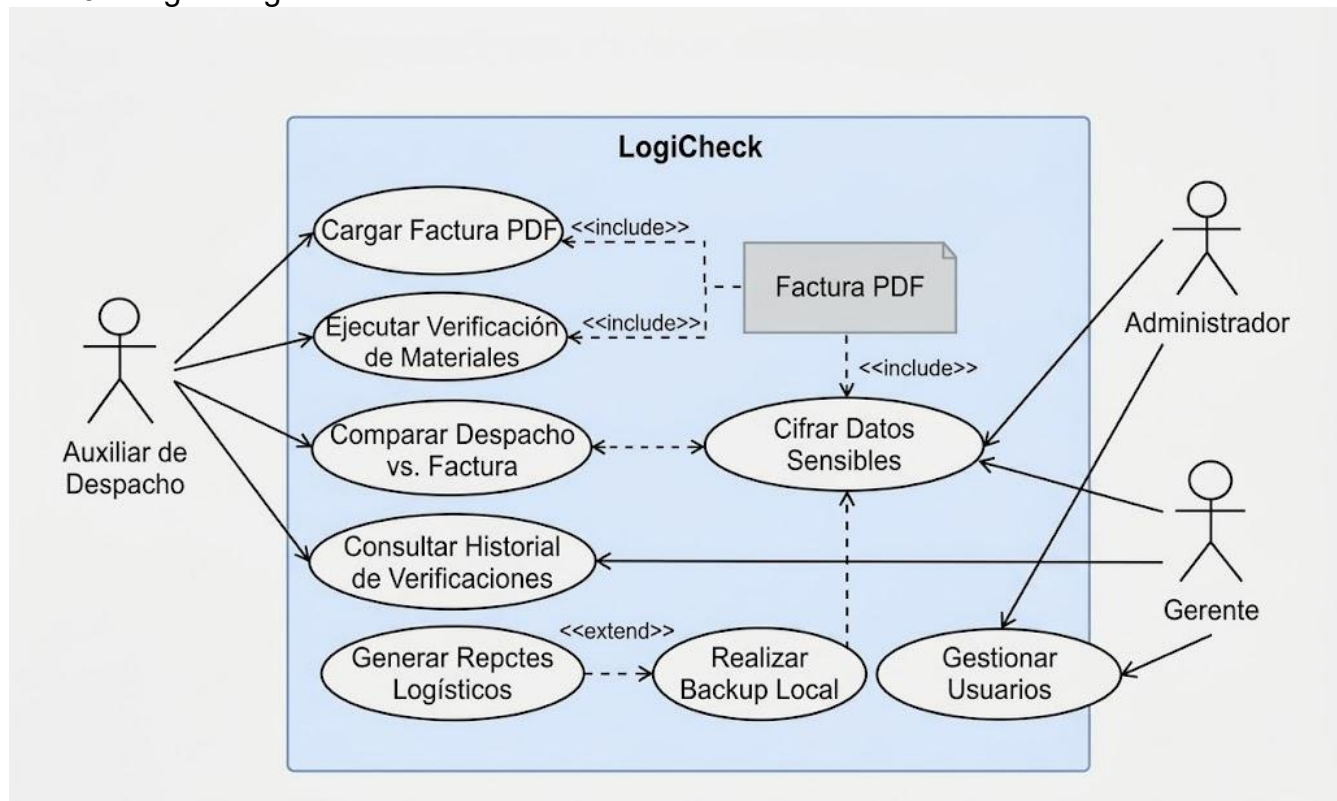


Figura 6. Diagrama gráfico de caso de uso

Fuente. Elaboración propia, 2026

El diagrama de casos de uso del sistema LogiCheck tiene como propósito representar de manera clara y estructurada las funcionalidades principales del sistema, así como la interacción entre los diferentes actores involucrados en el proceso de verificación de despachos. Este diagrama permite identificar qué acciones puede realizar cada tipo de usuario y cómo estas contribuyen al funcionamiento general de la solución.

En este contexto, el sistema está orientado a apoyar el control y validación de materiales despachados en una ferretería, mediante la integración del procesamiento de facturas en formato PDF y la verificación de materiales a través de análisis de video. A partir de estas funcionalidades, se busca establecer un proceso que permita contrastar la información registrada en la factura con los elementos físicos detectados, facilitando así la identificación de inconsistencias en los despachos.

Los actores definidos en el sistema son:

- **Auxiliar de despacho:** Carga facturas, ejecuta la verificación de materiales, compara el despacho con la factura y consulta el historial de verificaciones.

- **Administrador:** Gestiona usuarios y supervisa la seguridad de la información mediante procesos como el cifrado de datos sensibles.
- **Gerente:** Consulta la información generada por el sistema y apoya la supervisión general de los procesos operativos.

12.5 DIAGRAMAS DE CLASE

12.5.1. Descripción general del diagrama

El diagrama de clases del sistema LogiCheck representa la estructura interna del software, mostrando las clases principales, sus atributos, métodos y las relaciones que existen entre ellas, con el fin de modelar la lógica del proceso de verificación de despachos. Este diagrama se genera como parte del diseño detallado del sistema para definir claramente las responsabilidades de cada componente antes de su implementación, facilitando la comprensión, desarrollo y mantenimiento de la solución. A partir del modelo entidad–relación, donde se identifican las tablas y sus relaciones en la base de datos, y de los casos de uso, que describen las funcionalidades del sistema como cargar facturas, ejecutar verificaciones y generar reportes, se construye este modelo orientado a objetos que permite transformar la información y los procesos en clases estructuradas que servirán como base para el desarrollo del código fuente.

12.5.2. Identificación de clases principales

En el sistema LogiCheck se identifican las clases principales a partir del análisis de los casos de uso y del modelo entidad–relación, con el fin de representar la lógica de negocio mediante un enfoque orientado a objetos. Cada clase define una responsabilidad específica dentro del sistema, junto con sus atributos y métodos que permiten gestionar la información y los procesos asociados a la verificación de despachos.

- **Clase: Usuario**

Responsabilidad: Gestionar el acceso al sistema, autenticación y administración de usuarios.

Atributos: id, username, passwordHash, role, fullName, active.

Métodos: login(), logout(), gestionarUsuarios().

- **Clase: Vehiculo**

Responsabilidad: Representar los vehículos utilizados en los despachos y validar sus capacidades.

Atributos: id, codigo, placa, tipo, capacidadPeso, capacidadVolumen.

Métodos: validarCapacidad().

- **Clase: Material**

Responsabilidad: Representar los materiales que son despachados y verificados en el sistema.

Atributos: id, codigo, nombre, categoria, pesoUnitario, volumenUnitario.

Métodos: calcularPesoTotal().

- **Clase: Factura**

Responsabilidad: Gestionar la información de las facturas utilizadas como base para la verificación de los despachos.

Atributos: id, numero, cliente, fecha, archivoPDF.

Métodos: procesarFactura(), extraerMateriales().

- **Clase: DetalleFactura**

Responsabilidad: Representar el detalle de los materiales incluidos en una factura.

Atributos: id, cantidad.

Métodos: calcularSubtotal().

- **Clase: Auditoria**

Responsabilidad: Ejecutar el proceso de verificación de los despachos mediante el análisis de video y comparación con la factura.

Atributos: id, fecha, videoNombre, resultado, discrepancias.

Métodos: ejecutarVerificacion(), compararResultados().

- **Clase: DetalleAuditoria**

Responsabilidad: Almacenar los resultados del conteo de materiales detectados y compararlos con los datos de la factura.

Atributos: id, cantidadDetectada, cantidadFactura, diferencia.

Métodos: calcularDiferencia().

- **Clase: Notificacion**

Responsabilidad: Gestionar el envío de alertas o mensajes generados durante el proceso de verificación.

Atributos: id, tipo, mensaje, destinatario, estado.

Métodos: enviar().

- **Clase: HistorialAuditoria**

Responsabilidad: Registrar los cambios y eventos ocurridos en las auditorías para garantizar la trazabilidad.

Atributos: id, fechaCambio, operacion.

Métodos: registrarCambio().

- **Clase: LogActividad**

Responsabilidad: Registrar las acciones realizadas por los usuarios dentro del sistema.

Atributos: id, accion, descripcion, fecha.

Métodos: registrarLog().

12.5.3. Relaciones entre clases

Las relaciones entre clases en el sistema LogiCheck permiten representar cómo interactúan los diferentes componentes dentro del modelo orientado a objetos, definiendo la forma en que se comparte la información y se ejecutan los procesos del sistema. A continuación, se describen los tipos de relaciones identificados:

- **Asociación (con multiplicidad)**

Las asociaciones representan la conexión estructural entre clases, indicando cómo se relacionan entre sí y cuántas instancias pueden participar en la relación:

- Un Usuario puede realizar múltiples Auditorías (1 a muchos), mientras que cada auditoría está asociada a un único usuario.
- Un Usuario puede generar múltiples registros en LogActividad (1 a muchos).
- Un Vehículo puede participar en múltiples Auditorías (1 a muchos).
- Una Factura está asociada a una única Auditoría (1 a 1).
- Una Factura puede tener múltiples DetalleFactura (1 a muchos), representando los materiales incluidos.
- Un Material puede estar presente en múltiples DetalleFactura (1 a muchos).
- Una Auditoría puede generar múltiples DetalleAuditoria (1 a muchos), donde se almacenan los resultados del conteo.
- Un Material puede estar asociado a múltiples DetalleAuditoria (1 a muchos).
- Una Auditoría puede generar múltiples Notificaciones (1 a muchos).
- Una Auditoría puede tener múltiples registros en HistorialAuditoria (1 a muchos).

- **Herencia (generalización/especialización)**

En el modelo actual no se implementa herencia entre clases, ya que las entidades identificadas presentan responsabilidades independientes. Sin embargo, conceptualmente podría aplicarse en futuras mejoras, por ejemplo, para especializar la clase Usuario en roles como Administrador, Gerente o Auxiliar.

- **Agregación o composición**

Se identifican relaciones de composición en aquellas clases cuya existencia depende directamente de otra:

- Factura está compuesta por uno o varios DetalleFactura, ya que estos no pueden existir sin una factura asociada.
- Auditoría está compuesta por uno o varios DetalleAuditoria, dado que estos representan los resultados específicos del proceso de verificación y dependen completamente de la auditoría.

- **Dependencias**

Las dependencias representan relaciones donde una clase utiliza o requiere de otra para ejecutar sus funciones:

- La clase Auditoría depende de Factura para obtener los datos teóricos de los materiales a verificar.
- La clase Auditoría depende de Material y DetalleAuditoria para realizar la comparación entre lo detectado y lo registrado.
- La clase Notificación depende de Auditoría para generar alertas basadas en los resultados del proceso.
- La clase LogActividad depende de Usuario para registrar las acciones realizadas en el sistema.

12.5.4. Diagrama gráfico de clases

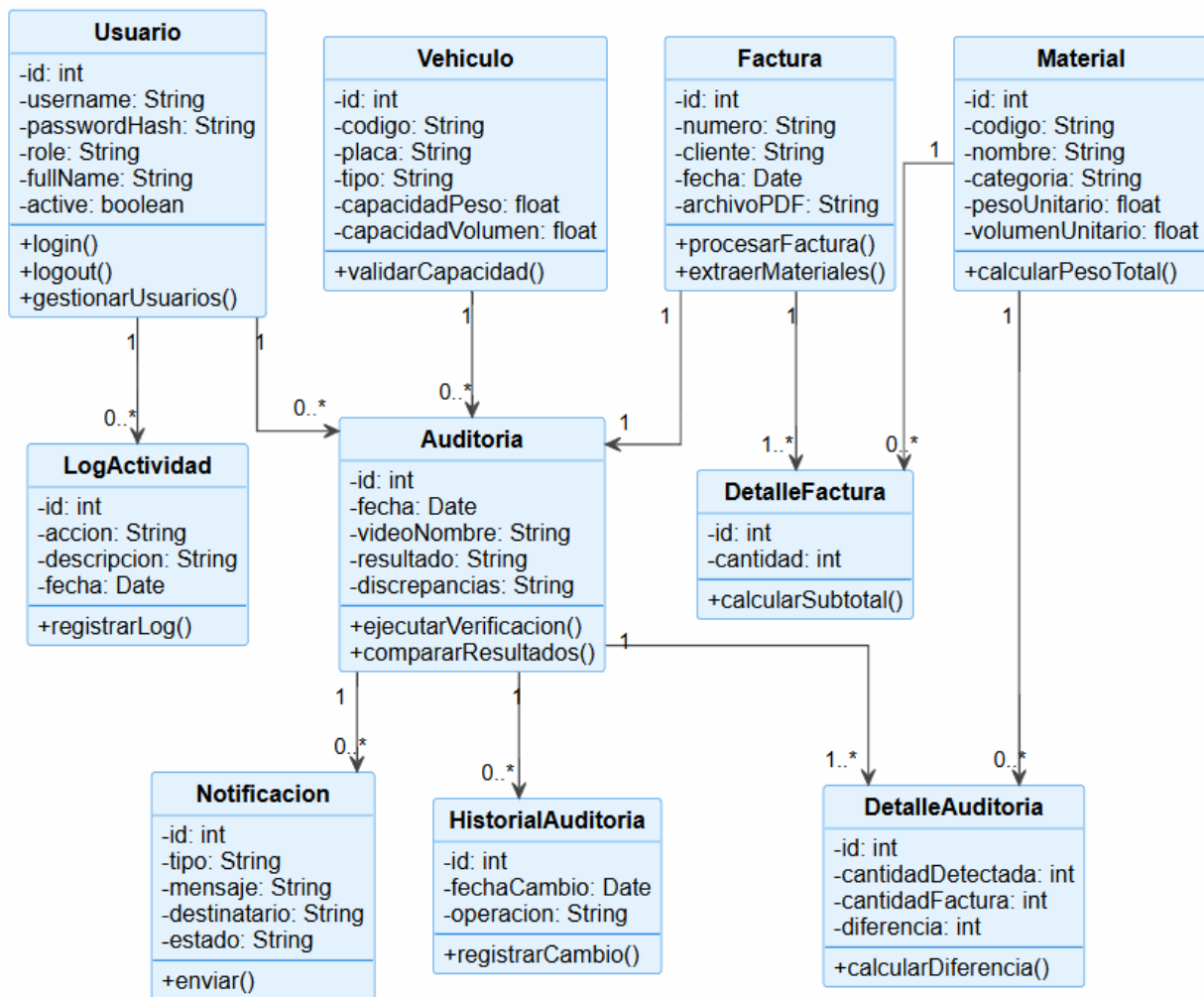


Figura 7. Diagrama gráfico de clases

Fuente. Elaboración por software PLANTUML a partir de datos de la investigación, 2026

12.5.5. Explicación de relaciones y decisiones de diseño

El diagrama de clases del sistema LogiCheck fue modelado siguiendo un enfoque orientado a objetos, tomando como base el modelo entidad–relación y los casos de uso definidos previamente, con el propósito de organizar de manera clara y estructurada la lógica de negocio del sistema. Las clases identificadas representan las entidades principales del dominio, como Usuario, Factura, Auditoría y Material, mientras que las relaciones establecidas entre ellas permiten reflejar cómo interactúan los distintos componentes durante el proceso de verificación de despachos. Esta estructura responde a la necesidad de separar responsabilidades, facilitando la modularidad, el mantenimiento y la escalabilidad del sistema.

En cuanto a las decisiones de diseño, se optó por modelar relaciones de tipo asociación con multiplicidad para representar la interacción entre entidades, como la relación entre Usuario y Auditoría, o entre Factura y DetalleFactura, permitiendo evidenciar claramente la cardinalidad de los datos. Asimismo, se incorporaron relaciones de composición en casos donde existe una dependencia fuerte, como entre Auditoría y DetalleAuditoria, ya que los detalles no pueden existir sin su entidad principal. Estas decisiones permiten mantener la coherencia con la estructura de la base de datos y garantizar una representación adecuada de la lógica del sistema.

El diseño propuesto responde directamente a los requerimientos funcionales del sistema, ya que cada clase soporta una funcionalidad específica. Por ejemplo, la clase Factura permite gestionar la carga y procesamiento de documentos, la clase Auditoría ejecuta el proceso de verificación mediante el análisis de video, y la clase DetalleAuditoria permite realizar la comparación entre los materiales detectados y los registrados. De igual forma, clases como Notificación, HistorialAuditoria y LogActividad apoyan funcionalidades de trazabilidad, monitoreo y control del sistema.

Finalmente, el diagrama se encuentra estrechamente relacionado con los casos de uso definidos, ya que cada interacción del usuario se traduce en operaciones dentro de las clases. Actividades como cargar facturas, ejecutar la verificación de materiales, comparar resultados y consultar historiales son soportadas directamente por las clases del modelo, lo que garantiza que el diseño no solo representa la estructura del sistema, sino también su comportamiento esperado. De esta manera, el diagrama de clases se convierte en una guía fundamental para la implementación del sistema, asegurando la alineación entre análisis, diseño y desarrollo.

12.6 DIAGRAMAS DE COLABORACIÓN

12.6.1. Descripción general del propósito

El diagrama de colaboración del sistema LogiCheck describe la interacción entre los diferentes componentes involucrados en el proceso de verificación de despachos de materiales, evidenciando cómo se comunican entre sí para ejecutar dicha funcionalidad. Este modelo complementa los casos de uso previamente definidos, ya que permite detallar la forma en que las instancias del sistema colaboran durante la ejecución de un proceso específico, en este caso, la comparación entre los materiales registrados en la factura y los detectados mediante visión artificial. Su inclusión en el diseño del sistema es fundamental, dado que proporciona

una visión estructurada de la comunicación interna entre módulos, facilitando la comprensión del comportamiento dinámico del sistema y sirviendo como guía para su implementación.

12.6.2. Selección de un caso de uso representativo

Para la elaboración del diagrama de colaboración se seleccionó el caso de uso denominado “Comparar despacho vs. factura”, el cual representa una de las funcionalidades principales del sistema LogiCheck. Este caso de uso fue elegido debido a que integra múltiples componentes del sistema, tales como la interfaz de usuario, el lector de facturas en formato PDF, el módulo de captura de video, el modelo de visión artificial y la lógica de verificación, permitiendo evidenciar una interacción compleja entre objetos.

A diferencia de otros casos de uso más simples, este proceso involucra la coordinación de diversas fuentes de información, incluyendo los datos teóricos provenientes de la factura y los datos reales obtenidos mediante el análisis de video. Asimismo, requiere la intervención de la base de datos para el almacenamiento y consulta de información, lo que lo convierte en un escenario representativo para modelar mediante un diagrama de colaboración.

La selección de este caso de uso permite ilustrar de manera clara el flujo de mensajes entre los distintos componentes del sistema, así como la secuencia de operaciones necesarias para validar la coherencia entre los materiales despachados y los registrados en el sistema, aportando así una visión integral del funcionamiento de la solución propuesta.

12.6.3. Identificación de los objetos involucrados

Para el desarrollo del diagrama de colaboración correspondiente al caso de uso “Comparar despacho vs. factura”, se identifican los siguientes objetos o instancias que participan en la ejecución del proceso:

- **ObjetoAdministrador:** Representa al usuario que interactúa con el sistema, encargado de iniciar sesión, solicitar la verificación y visualizar los resultados obtenidos.
- **ObjetoInterfazUsuario:** Gestiona la comunicación entre el usuario y el sistema, permitiendo el ingreso de datos, la solicitud de procesos y la presentación de resultados.
- **ObjetoLectorFacturaPDF:** Encargado de procesar el archivo de factura en formato PDF y extraer la información relevante de los materiales registrados.
- **ObjetoCapturaVideo:** Representa el componente que gestiona la obtención del flujo de video necesario para el análisis de los materiales durante el despacho.
- **ObjetoModeloYOLO:** Instancia del modelo de visión artificial utilizada para la detección, clasificación y conteo de materiales a partir de los frames de video.
- **ObjetoLogicaVerificacion:** Componente central responsable de comparar los datos obtenidos de la factura con los resultados generados por el modelo de visión artificial, identificando coincidencias y discrepancias.

- **ObjetoBaseDatos:** Encargado de almacenar la información del pedido, así como los resultados de la verificación y el historial de operaciones realizadas.

12.6.4. Mensajes intercambiados entre objetos

En el caso de uso “Comparar despacho vs. factura”, los objetos del sistema intercambian una serie de mensajes que permiten ejecutar el proceso de verificación de materiales de forma estructurada. Cada mensaje representa una comunicación específica entre los componentes del sistema, orientada a capturar información, procesarla, validarla y presentar el resultado final al usuario. A continuación, se describen los mensajes identificados en el diagrama de colaboración y su propósito dentro del proceso:

- **Iniciar sesión (Username, Password):** El objeto objetoAdministrador envía sus credenciales al objetoInterfazUsuario con el fin de autenticarse en el sistema y habilitar el acceso a las funcionalidades de verificación.
- **Solicitar verificación (idPedido):** El objetoAdministrador solicita a la objetoInterfazUsuario la ejecución del proceso de verificación para un pedido específico, identificado mediante el número o código del pedido.}
- **Leer factura (archivoPDF):** La objetoInterfazUsuario envía el archivo PDF al objetoLectorFacturaPDF para que este procese el documento y extraiga la información relevante de la factura asociada al despacho.
- **Datos factura (datosFactura, idPedido):** El objetoInterfazUsuario remite a la objetoLogicaVerificacion los datos obtenidos de la factura, junto con el identificador del pedido, con el propósito de iniciar la validación entre la información documental y la evidencia visual.
- **Confirmar factura (datosFacturaValidados):** La objetoLogicaVerificacion devuelve a la objetoInterfazUsuario la confirmación de que los datos de la factura fueron recibidos y validados correctamente, garantizando que la información se encuentra lista para ser comparada.
- **Activación captura:** La objetoInterfazUsuario envía una instrucción al objetoCapturaVideo para activar el proceso de captura o lectura del flujo de video que será utilizado en el análisis del despacho.
- **Stream de video (frame):** El objetoCapturaVideo transmite los fotogramas o frames al objetoModeloYOLO, permitiendo que el modelo de visión artificial procese la información visual del despacho.
- **Detección automática de materiales:** El objetoModeloYOLO envía a la objetoLogicaVerificacion los resultados de la detección realizada sobre el video,

incluyendo clases identificadas, ubicaciones y elementos detectados. Este mensaje tiene como propósito suministrar la evidencia visual que será contrastada con la factura.

- **Guardar verificación:** La objetoLogicaVerificacion envía al objetoBaseDatos la instrucción de almacenar los resultados generados durante la verificación, asegurando la persistencia del proceso y su posterior consulta.
- **Obtener datos pedido:** La objetoLogicaVerificacion solicita al objetoBaseDatos la información complementaria del pedido, necesaria para consolidar y contextualizar la verificación realizada.
- **Datos completos:** El objetoBaseDatos responde a la objetoLogicaVerificacion enviando la información completa del pedido, con el fin de complementar la comparación entre los datos registrados y los materiales detectados.
- **Mostrar resultado comparación:** La objetoLogicaVerificacion remite a la objetoInterfazUsuario el resultado de la comparación entre la factura y los materiales detectados, incluyendo coincidencias, diferencias y posibles inconsistencias.
- **Visualizar resultado:** Finalmente, la objetoInterfazUsuario presenta al objetoAdministrador el resultado de la verificación, permitiéndole consultar de manera clara la información procesada por el sistema.
- **Mostrar resultado verificación (comparaciónItems, erroresConteo, frameProcesado):** De forma complementaria, la objetoInterfazUsuario puede mostrar al usuario un resultado más detallado de la verificación, integrando la comparación de ítems, los errores de conteo detectados y la evidencia visual procesada, con el fin de facilitar la interpretación del resultado final.

12.6.5. Diagrama gráfico de colaboración

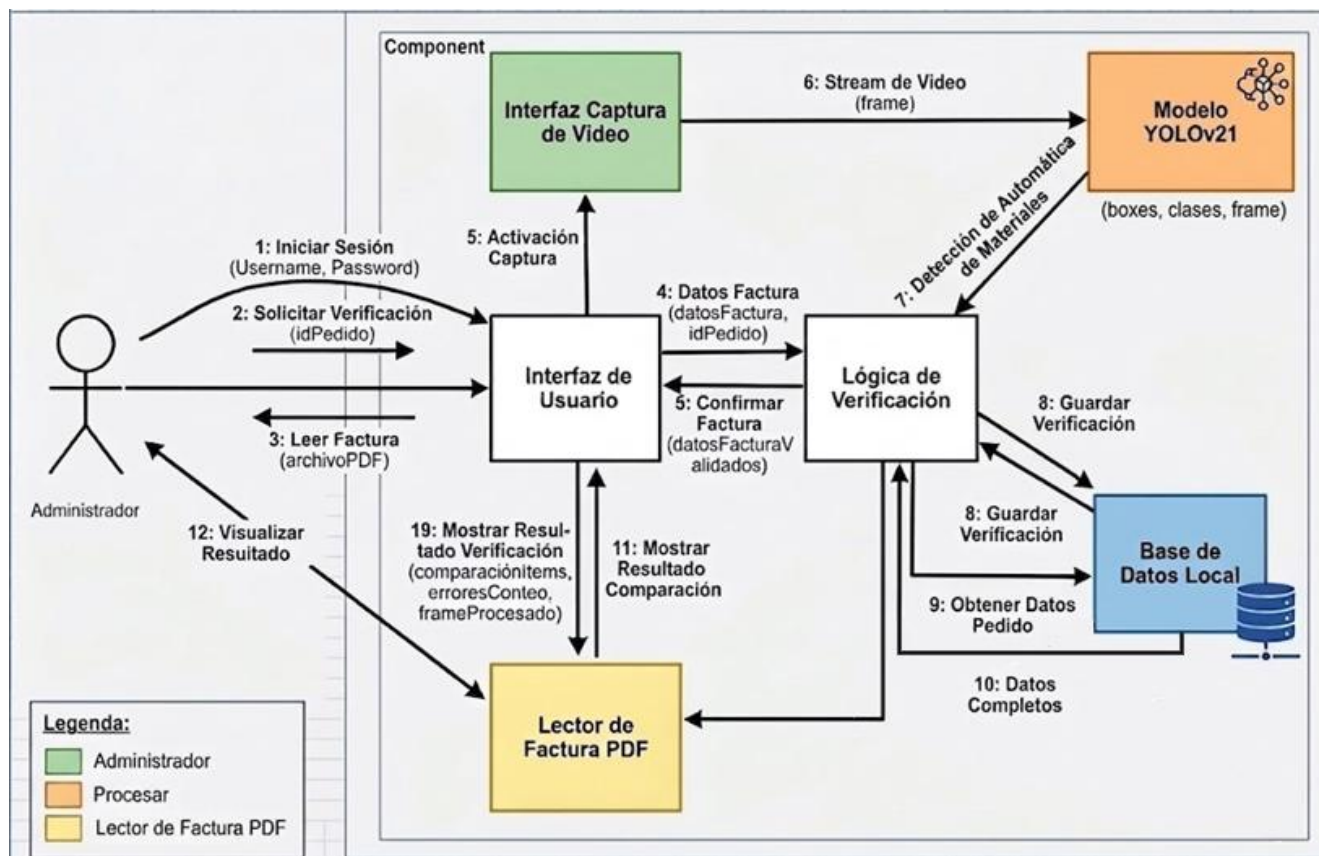


Figura 8. Diagrama gráfico de colaboración

Fuente. Fuente. Diagrama grafico de colaboración, diseñado a partir del uso datos de la investigación con ayuda inteligencia artificial (chatgpt, 2026)

12.6.6. Explicación de la interacción

Para el caso de uso “Registrar pedido”, la interacción entre los objetos del sistema se desarrolla de manera secuencial, permitiendo la creación, validación y almacenamiento de un pedido de forma estructurada.

El proceso inicia cuando el objeto vendedorObj envía una solicitud al objeto pedidoObj para crear un nuevo pedido, proporcionando los datos necesarios mediante el mensaje crearPedido(datos). Este paso representa la captura inicial de la información requerida para el registro del pedido en el sistema.

Posteriormente, el objeto pedidoObj solicita al objeto clienteObj la validación del cliente asociado al pedido a través del mensaje validarCliente(id). Esta validación tiene como propósito garantizar que el cliente existe y cumple con las condiciones necesarias para realizar el pedido.

Una vez realizada la validación, el objeto clienteObj responde al objeto pedidoObj mediante el mensaje confirmarCliente(válido), indicando que el cliente ha sido verificado correctamente.

Este paso asegura la integridad de la información antes de proceder con el almacenamiento del pedido.

A continuación, el objeto `pedidoObj` envía al objeto `persistenciaObj` la solicitud de almacenamiento del pedido mediante el mensaje `guardarPedido(pedido)`. Este mensaje permite persistir la información en la base de datos del sistema.

El objeto `persistenciaObj`, tras completar el proceso de almacenamiento, envía una respuesta al objeto `pedidoObj` mediante el mensaje `confirmarGuardado`, indicando que el pedido ha sido registrado exitosamente en la base de datos.

Finalmente, el objeto `pedidoObj` notifica al objeto `vendedorObj` el resultado del proceso a través del mensaje `notificarResultado`, informando que el pedido fue registrado correctamente. De esta manera, se completa el flujo de interacción entre los objetos, garantizando la correcta ejecución del caso de uso.

13. ANÁLISIS DE RIESGOS

Para el análisis de riesgos del proyecto se adopta una escala matricial que relaciona la probabilidad de ocurrencia con la gravedad o impacto que puede generar cada riesgo. Ambas variables se califican en una escala de 1 a 5, de la siguiente manera:

- **Probabilidad**
 - Muy alta = 5
 - Alta = 4
 - Media = 3
 - Baja = 2
 - Muy baja = 1
- **Gravedad / impacto**
 - Muy alto = 5
 - Alto = 4
 - Medio = 3
 - Bajo = 2
 - Muy bajo = 1

El nivel de riesgo se obtiene multiplicando la probabilidad por la gravedad (Probabilidad × Impacto). El resultado se ubica en la matriz de la plantilla y se clasifica según los rangos establecidos:

Tabla 22. Nivel de riesgos

			GRAVEDAD (IMPACTO)				
			MUY BAJO 1	BAJO 2	MEDIO 3	ALTO 4	MUY ALTO 5
PROBABILIDAD	MUY ALTA	5	5	10	15	20	25
	ALTA	4	4	8	12	16	20
	MEDIA	3	3	6	9	12	15
	BAJA	2	2	4	6	8	12
	MUY BAJA	1	1	2	3	4	5

Fuente. Elaboración propia, 2026

- Los valores más altos (zona roja) corresponden a un riesgo muy grave, que exige medidas preventivas urgentes y no permite iniciar o continuar el proyecto sin haber aplicado acciones de control claras.
- Los valores intermedios altos (zona naranja) representan un riesgo importante, para el cual las medidas preventivas son obligatorias y deben mantenerse bajo seguimiento durante toda la ejecución del proyecto.

- Los valores medios (zona amarilla) indican un riesgo apreciable; en estos casos se recomienda estudiar la posibilidad de introducir medidas preventivas para reducir el nivel de riesgo y, si no es viable, al menos vigilarlo periódicamente.
- Los valores más bajos (zona blanca) se consideran riesgo marginal, que se vigilará, pero no requiere, en principio, la aplicación de medidas preventivas específicas.
- Con base en esta escala, en los apartados siguientes se valoran los riesgos identificados para el proyecto, asignando a cada uno un nivel de probabilidad, impacto y el tipo de tratamiento que corresponde según la matriz.

13.1 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES

Con el fin de estructurar adecuadamente la gestión de riesgos del sistema LogiCheck, los riesgos identificados fueron clasificados en diferentes categorías o factores, de acuerdo con su origen. Esta clasificación permite comprender mejor la naturaleza de cada riesgo y facilita la definición de estrategias de tratamiento adecuadas, siguiendo lineamientos alineados con la norma ISO 31000.

A. Factor Humano

Corresponde a los riesgos asociados a las personas involucradas en el desarrollo y uso del sistema.

- Falta de experiencia técnica en visión artificial.
- Retiro o ausencia de un miembro del equipo.

B. Factor Técnico/Tecnológico

Incluye riesgos relacionados con el funcionamiento del software, hardware y herramientas tecnológicas.

- Daño o corrupción de la base de datos.
- Fallo en dispositivos de captura de video.
- Mala calidad del video procesado.
- Fallas eléctricas.
- Limitación de recursos tecnológicos.

C. Factor Económico

Agrupar riesgos relacionados con la disponibilidad de recursos financieros.

- Limitaciones presupuestales para la implementación del sistema.
- Conectividad a internet inestable.
- Robo o daño de computadores.

13.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS POR FACTORES

La evaluación de riesgos del proyecto se realizó considerando diferentes factores que pueden afectar el desarrollo e implementación de la solución, tales como factores técnicos, humanos, organizacionales y externos. Para ello, se construyó una matriz de riesgos en la que se analizan cada uno de los riesgos identificados en función de su probabilidad de ocurrencia y su impacto sobre el sistema.

La matriz permite calcular el valor del riesgo mediante la combinación de estos dos criterios, lo que facilita su clasificación en niveles de criticidad como marginal, apreciable, importante y muy grave. Esta clasificación permite establecer prioridades y definir estrategias adecuadas de tratamiento para cada riesgo, contribuyendo a la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 23. Evaluación de riesgos por factores

#	RIESGO	Probabilidad (Ocurrencia)	Gravedad (impacto)	Valor del riesgo	Nivel del riesgo	Orden	Prioridad (para la gráfica)	Estrategia
1	Daño o corrupción base de datos	3	5	15	Muy grave	2	3	Mitigar
2	Vulnerabilidad o fuga de datos personales	2	5	10	Importante	5	5	Prevenir
3	Fallo en dispositivos de captura de video	3	5	15	Muy grave	2	2	Mitigar
4	Mala calidad del video procesado	2	4	8	Apreciable	7	9	Prevenir
5	Conectividad a internet inestable	3	4	12	Importante	4	4	Mitigar
6	Fallas eléctricas	2	4	8	Apreciable	7	8	Transferir
7	Limitación de recursos tecnológicos	2	4	8	Apreciable	7	10	Mitigar
8	Falta de experiencia técnica (visión artificial)	4	4	16	Muy grave	1	1	Mitigar
9	Robo o daño de computadores	2	5	10	Importante	5	6	Transferir
10	Retiro de un miembro	1	5	5	Apreciable	10	7	Mitigar

Fuente. Elaboración propia, 2026

13.3 GRÁFICA DE MATRIZ DE RIESGOS

La figura correspondiente a la matriz de riesgos representa de manera visual la distribución de los riesgos identificados en función de su probabilidad de ocurrencia y su impacto. La gráfica se encuentra dividida en diferentes zonas que permiten clasificar los riesgos en niveles de criticidad: riesgo mínimo, riesgo moderado y riesgo máximo.

Cada riesgo se identifica dentro de la gráfica mediante un número, el cual corresponde a la columna “Prioridad (para la gráfica)” definida en la matriz de riesgos. Esto permite relacionar cada punto representado en la gráfica con su respectivo riesgo en la tabla, facilitando su interpretación y análisis visual.

Esta representación gráfica permite identificar de forma rápida los riesgos más críticos y aquellos que requieren mayor atención dentro del proyecto.

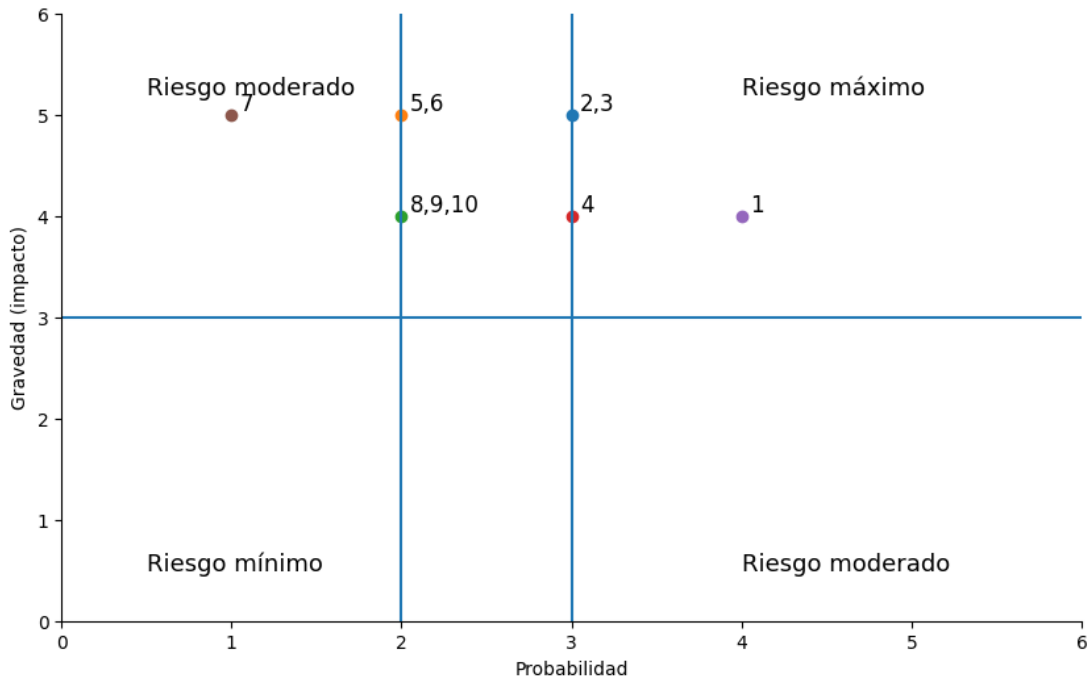


Figura 9. Gráfica de matriz de riesgos

Fuente. Elaboración propia, 2026

La figura presenta una matriz de riesgos en la que se ubican los riesgos identificados del sistema según su probabilidad de ocurrencia (eje horizontal) y su impacto (eje vertical). La gráfica está dividida en diferentes zonas que permiten clasificar los riesgos en niveles de criticidad: riesgo mínimo, riesgo moderado y riesgo máximo, facilitando su visualización y priorización.

Adicionalmente, cada riesgo se representa mediante un número dentro de la matriz, el cual corresponde a la identificación definida en la tabla de riesgos. Estos números están asociados específicamente con la columna “Prioridad (para la gráfica)”, lo que permite relacionar cada punto de la gráfica con su respectivo riesgo en la tabla.

13.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

- Del análisis realizado se identificó que los riesgos más críticos del proyecto corresponden a aquellos con un nivel de riesgo igual o superior a 15, entre los que se destacan el daño o corrupción de la base de datos, el fallo en dispositivos de captura de video y la falta de experiencia técnica en visión artificial. Estos riesgos pueden afectar significativamente el funcionamiento del sistema, por lo que requieren la implementación de acciones inmediatas de mitigación.
- Se identifican riesgos importantes como la conectividad a internet inestable, la vulnerabilidad o fuga de datos personales y el robo o daño de computadores, los cuales requieren atención y seguimiento constante para evitar impactos negativos en el desarrollo y operación del sistema.

- Los riesgos clasificados como apreciables, tales como la mala calidad del video procesado, las fallas eléctricas, la limitación de recursos tecnológicos y el retiro de un miembro del equipo, se consideran aceptables dentro del proyecto, aunque deben ser monitoreados de manera periódica

14 ANÁLISIS DEL PROYECTO

14.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

El estudio de factibilidad del presente proyecto permite determinar la viabilidad del desarrollo e implementación del sistema propuesto, considerando los recursos disponibles, las restricciones técnicas, la normativa vigente, los costos asociados y el tiempo requerido para su ejecución. Este análisis resulta fundamental, ya que permite establecer si la solución tecnológica planteada puede llevarse a cabo de manera realista dentro del contexto de la Ferretería Durán y en el marco académico del proyecto de grado.

En este sentido, la factibilidad no solo se limita a evaluar si el sistema puede ser construido desde el punto de vista técnico, sino también si su desarrollo es posible conforme a las condiciones operativas, legales, económicas y temporales del proyecto. Por ello, el estudio de factibilidad se orienta a verificar si existen las condiciones necesarias para diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio basada en visión artificial que apoye el proceso de verificación del despacho de materiales.

A partir de este análisis, se busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Es viable desarrollar e implementar el sistema propuesto? Para ello, se examinan de manera específica la factibilidad técnica, la factibilidad legal, la factibilidad económica y la factibilidad temporal, con el fin de sustentar de forma integral la pertinencia y posibilidad real de ejecución del sistema LogiCheck.

14.2.1 FACTIBILIDAD LEGAL Y ÉTICA

La factibilidad legal y ética del proyecto LogiCheck tiene como propósito garantizar que el desarrollo y despliegue del sistema se realice conforme a la normativa vigente en Colombia, así como a principios éticos relacionados con el manejo de la información y la seguridad de los datos.

En cuanto a la normativa aplicable, el proyecto se rige principalmente por la Ley 1581 de 2012, la cual establece las disposiciones generales para la protección de datos personales en Colombia, así como por el Decreto 1377 de 2013, que reglamenta parcialmente dicha ley y define lineamientos para el tratamiento adecuado de la información personal (Congreso de la República de Colombia, 2012; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2013).

El sistema LogiCheck maneja principalmente información operativa relacionada con facturas, materiales despachados y registros de verificación. No obstante, en algunos casos puede involucrar datos personales asociados a los usuarios del sistema o responsables de los despachos. Por esta razón, se implementarán mecanismos de autorización para el tratamiento de datos, así como políticas de privacidad que regulen el uso adecuado de la información, garantizando los derechos de los titulares, tales como el acceso, actualización y supresión de los datos (Congreso de la República de Colombia, 2012).

En relación con las licencias de software, las herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema, como Python, frameworks de desarrollo y bibliotecas de visión artificial, son de código abierto, lo cual permite su uso sin restricciones legales y evita conflictos relacionados con

licenciamiento. Este aspecto favorece la viabilidad del proyecto, ya que reduce costos y facilita su implementación en entornos académicos y organizacionales.

Desde el punto de vista de la seguridad de la información, el sistema contempla la implementación de mecanismos de control de acceso mediante usuarios y roles, así como el almacenamiento seguro de los datos. Estas medidas buscan proteger la información frente a accesos no autorizados, garantizando su confidencialidad e integridad.

En cuanto al cumplimiento ético, el desarrollo del sistema se fundamenta en principios como la confidencialidad, la integridad y el uso responsable de la información. La confidencialidad implica que los datos serán protegidos contra divulgaciones no autorizadas, la integridad garantiza que la información no sea alterada de manera indebida, y el uso responsable asegura que los datos serán utilizados exclusivamente para fines operativos relacionados con el control de despachos.

Adicionalmente, el uso de cámaras para el procesamiento de video en el área de despacho se realizará con fines estrictamente operativos, relacionados con la verificación de materiales, evitando la vulneración de derechos fundamentales de los trabajadores y garantizando un uso adecuado de las imágenes captadas, en concordancia con los principios de protección de datos personales.

En consecuencia, se concluye que el proyecto es legal y éticamente viable, ya que cumple con la normativa vigente, utiliza herramientas con licencias adecuadas y establece medidas que garantizan la protección, seguridad y uso responsable de la información.

14.2.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA (PRESUPUESTO)

A) Recursos Humanos (Costos de Personal)

Tabla 24. Recursos humanos (Costos de personal)

Rol	Horas estimadas	Valor/hora	Costo total
Desarrollador frontend	220	\$ 35.000	\$ 2.100.000
Desarrollador backend	40	\$ 40.000	\$ 6.400.000
Total			\$ 8.500.000

Fuente. Elaboración propia, 2026

Esta tabla presenta la estimación de los costos asociados al recurso humano necesario para el desarrollo del sistema LogiCheck. Se consideran las horas de trabajo requeridas para las actividades de desarrollo frontend y backend, así como el valor promedio por hora en el contexto colombiano. Esta distribución permite dimensionar el esfuerzo técnico del proyecto y calcular el costo total del desarrollo.

B) Materiales (Hardware y Software)

Tabla 25. Materiales (Hardware y Software)

Recurso	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cámara básica	Dispositivo para captura de video en despacho	2	\$ 200.000	\$ 400.000
Equipo de cómputo	Uso de equipo existente	1	\$ 0	\$ 0
Software	Python, YOLO, VS Code (código abierto)	-	\$ 0	\$ 0
Total				\$ 400.000

Fuente. Elaboración propia, 2026

En esta tabla se detallan los recursos materiales necesarios para la implementación del sistema, incluyendo dispositivos de captura de video, equipos de cómputo y herramientas de software. Se destaca el uso de dos cámaras para la detección de objetos en el proceso de despacho y el aprovechamiento de software de código abierto, lo cual reduce significativamente los costos del proyecto.

C) Recursos Institucionales y Financieros

Tabla 26. Recursos institucionales y financieros

Recurso	Descripción	Costo mensual	Costo total (4 mese)
Energía eléctrica	Consumo de PC + cámaras (uso promedio diario)	\$ 70.000	\$ 320.000
Servicio de internet	Plan hogar (50–100 Mbps)	\$ 80.000	\$ 320.000
Total			\$ 640.000

Fuente. Elaboración propia, 2026

La tabla muestra los costos estimados asociados a los servicios necesarios para la operación del sistema, como el consumo de energía eléctrica y el servicio de internet. Estos valores

corresponden a un uso promedio durante el tiempo de desarrollo del proyecto y permiten evidenciar los costos operativos, los cuales son asumidos dentro del entorno institucional.

14.2.3 FACTIBILIDAD TÉCNICA

La factibilidad técnica del proyecto LogiCheck evalúa la disponibilidad de tecnologías, infraestructura y conocimientos necesarios para el desarrollo del sistema, así como la identificación de posibles riesgos técnicos asociados a su despliegue. Para ello, se consideran las herramientas tecnológicas requeridas, la compatibilidad con sistemas existentes, la infraestructura necesaria y la capacidad del equipo de desarrollo para ejecutar el proyecto.

En cuanto a las tecnologías propuestas, el sistema se desarrollará utilizando el lenguaje de programación Python, junto con un framework ligero como Flask para la construcción del backend. La gestión de la información se realizará mediante una base de datos relacional como SQLite, bajo una arquitectura cliente-servidor en tres capas, que permite separar la presentación, la lógica de negocio y el acceso a los datos. Adicionalmente, se emplea el modelo de visión artificial YOLO, el cual permite realizar la detección y conteo de objetos en imágenes y video, siendo este un componente fundamental para la verificación de los despachos. Como herramientas de desarrollo se utilizarán entornos como Visual Studio Code y sistemas de control de versiones como Git, los cuales facilitan la organización y control del código fuente.

El procesamiento de video en el sistema se realizará mediante el uso de cámaras instaladas en el área de despacho, las cuales capturan en tiempo real el proceso de carga de materiales. A partir de estas imágenes, el modelo de visión artificial permite identificar y contabilizar los productos cargados en los vehículos, generando así un registro automatizado del despacho. De igual manera, el sistema contempla la posibilidad de trabajar con videos previamente grabados, lo cual permite realizar verificaciones posteriores y fortalecer la trazabilidad del proceso.

Respecto a la infraestructura necesaria, el sistema puede ejecutarse en equipos de cómputo con características estándar, siempre que cuenten con capacidad suficiente para el procesamiento de video. En escenarios donde se requiera un mayor rendimiento, es posible hacer uso de equipos con unidades de procesamiento gráfico (GPU), lo que permite escalar el sistema de acuerdo con las necesidades del entorno.

En términos de compatibilidad, el sistema LogiCheck se integra con el ERP Siigo Nube mediante el procesamiento de facturas en formato PDF, lo cual permite aprovechar la información existente sin necesidad de realizar modificaciones en el sistema actual de la empresa. Esto facilita la implementación de la solución y reduce la complejidad operativa.

En cuanto al conocimiento técnico, el equipo de desarrollo cuenta con bases en programación, bases de datos y desarrollo de software, lo que permite abordar el proyecto de manera adecuada. Aunque el componente de visión artificial implica un mayor nivel de complejidad, este ha sido contemplado dentro del cronograma, asignándole mayor tiempo para su desarrollo, pruebas y ajustes.

Por otra parte, se identifican riesgos técnicos como la variabilidad en las condiciones de iluminación, la calidad de las imágenes captadas por las cámaras, la precisión del modelo de detección y el rendimiento del sistema en tiempo real. No obstante, estos riesgos pueden ser mitigados mediante una adecuada ubicación de las cámaras, la recolección de datos de calidad, el entrenamiento progresivo del modelo y la realización de pruebas continuas.

Finalmente, las herramientas seleccionadas se caracterizan por ser de código abierto, contar con amplia documentación y tener una comunidad activa de soporte, lo cual facilita su despliegue. En consecuencia, se concluye que el proyecto es técnicamente viable, ya que se dispone de los recursos tecnológicos, la infraestructura y el conocimiento necesario para su desarrollo e implementación, permitiendo dar solución a la problemática planteada mediante una herramienta funcional y acorde al contexto del proyecto.

Conclusión económica:

El proyecto LogiCheck requiere una inversión aproximada de \$9.540.000 COP, valor consolidado a partir de los costos asociados al recurso humano, los materiales necesarios para el despliegue del sistema y los servicios operativos requeridos durante el tiempo de desarrollo. Esta inversión se considera viable dentro del contexto académico en el que se desarrolla el proyecto, especialmente debido al uso de herramientas de código abierto y al aprovechamiento de recursos existentes.

Desde el punto de vista económico, el desarrollo del sistema resulta justificable debido a los beneficios operativos que puede generar en el proceso de verificación de despachos. Entre estos beneficios se destacan la reducción de errores manuales, la optimización del tiempo en los procesos de control y la mejora en la trazabilidad de la información.

En consecuencia, se concluye que el proyecto es económicamente viable, ya que la inversión requerida es coherente con el alcance del sistema y con los beneficios que puede aportar a la operación de la empresa.

14.2.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (DIAGRAMA DE GANTT)

El diagrama de Gantt presentado corresponde a la planificación temporal del proyecto LogiCheck, el cual se desarrolla en un periodo comprendido entre el 4 de febrero de 2026 y el 15 de mayo de 2026, distribuyendo las actividades en función de su duración y nivel de complejidad.

En la fase inicial se contemplan actividades como el levantamiento de requerimientos y el análisis del sistema, las cuales permiten identificar las necesidades del proyecto y definir las bases para su desarrollo. Posteriormente, se desarrollan las actividades de diseño, incluyendo la arquitectura del sistema, la base de datos y la interfaz, las cuales se ejecutan parcialmente en paralelo con el fin de optimizar el tiempo.

A continuación, se inicia la fase de desarrollo, donde se destacan actividades como la recolección de datos y el entrenamiento del modelo de visión artificial. Esta última presenta la

mayor duración dentro del cronograma, debido a su complejidad técnica, ya que implica procesos iterativos de ajuste, validación y optimización del modelo YOLOv26.

De manera simultánea, se desarrollan los módulos principales del sistema, como el procesamiento de facturas, el análisis de video y la comparación entre los materiales detectados y los registrados en las facturas. Estas actividades se ejecutan de forma paralela para reducir los tiempos de desarrollo y permitir una integración más eficiente.

En la fase final del proyecto se realizan actividades de integración del sistema, pruebas y ajustes finales, las cuales permiten validar el correcto funcionamiento de la solución y corregir posibles errores antes de su finalización.

El diagrama de Gantt permite visualizar de manera clara la secuencia, duración y superposición de las actividades, facilitando el control del avance del proyecto y la identificación de tareas críticas, especialmente aquellas relacionadas con el desarrollo del modelo de visión artificial, las cuales requieren mayor tiempo y atención dentro del proceso. Para una visualización más detallada de la distribución temporal de las actividades, así como de la duración y secuencia de cada una de ellas, el cronograma del proyecto se presenta de manera completa como anexo externo, el cual permite apreciar de forma gráfica la planificación establecida.

El cronograma del proyecto se encuentra en el (Anexo C).

15 PRUEBAS

El presente apartado documenta el proceso de validación y verificación del sistema LogiCheck, cuyo propósito es confirmar que el software cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos en el Capítulo 11. La planificación de las pruebas constituye una fase previa e imprescindible que garantiza la objetividad, trazabilidad y sistematicidad de la evaluación (Pressman, 2020).

Se establecieron tres niveles de prueba articulados de forma progresiva: pruebas unitarias, que verifican el comportamiento aislado de cada módulo de código; pruebas de integración, que validan la correcta interacción entre módulos y su persistencia en la base de datos SQLite; y pruebas funcionales, orientadas a verificar el cumplimiento de las historias de usuario desde la perspectiva del usuario final (caja negra). Este enfoque se alinea con la metodología ágil XP (Extreme Programming), la cual promueve la validación continua del software a lo largo de cada iteración de desarrollo.

La documentación completa de esta fase, incluyendo la ejecución de las pruebas por módulo, el análisis de resultados, los resultados generales y las conclusiones del proceso de validación, se presenta en el Anexo D. Documentación de pruebas del sistema LogiCheck, donde se podrá consultar en detalle cada caso de prueba, los datos de entrada utilizados, los resultados obtenidos y el estado de cada ejecución.

La documentación completa de las pruebas se encuentra en el (Anexo D).

16 RECOMENDACIONES

16.1 RECOMENDACIONES TÉCNICAS

1. Implementar control de acceso basado en roles (RBAC)

Hallazgo: El sistema gestiona información sensible como datos de usuarios, resultados de auditorías y registros de actividad, lo cual requiere control de acceso diferenciado.

Recomendación: Implementar un modelo de control de acceso basado en roles (RBAC), definiendo perfiles como administrador, operador y gerente, junto con el uso de cifrado de contraseñas mediante algoritmos seguros como bcrypt.

Justificación: El control de acceso permite restringir funcionalidades según el perfil del usuario, mientras que el cifrado protege la información ante posibles vulneraciones de seguridad.

Beneficio esperado: Mayor seguridad en el sistema, reducción del riesgo de accesos no autorizados y cumplimiento de buenas prácticas en protección de datos.

2. Implementar copias de seguridad automatizadas

Hallazgo: Durante el análisis de riesgos se identificó la pérdida de información como un riesgo crítico asociado al manejo de auditorías y registros históricos.

Recomendación: Configurar un sistema de copias de seguridad automáticas diarias, con almacenamiento en servidores externos o en la nube, incluyendo mecanismos de recuperación ante fallos.

Justificación: Las copias de seguridad garantizan la disponibilidad de la información y permiten restaurar el sistema en caso de fallos técnicos o pérdida de datos.

Beneficio esperado: Continuidad operativa del sistema y mitigación de riesgos asociados a la pérdida de información.

3. Optimizar el procesamiento de video mediante modelos de visión artificial

Hallazgo: El sistema depende del análisis de video para la detección y conteo de materiales, lo cual puede verse afectado por condiciones de iluminación o calidad del video.

Recomendación: Optimizar el modelo de visión artificial (YOLO) mediante ajustes de entrenamiento, validación con diferentes escenarios y mejora en la calidad de captura de video.

Justificación: El desempeño del sistema está directamente relacionado con la precisión del modelo de detección, por lo que su optimización mejora la confiabilidad de los resultados.

Beneficio esperado: Mayor precisión en la verificación de materiales y reducción de falsos positivos o negativos.

4. Implementar validaciones de datos en tiempo real

Hallazgo: El ingreso de datos desde facturas o registros manuales puede generar inconsistencias si no se validan adecuadamente.

Recomendación: Incorporar validaciones automáticas en los formularios y procesos de carga de datos, verificando formatos, valores permitidos y coherencia de la información.

Justificación: Las validaciones previenen errores humanos y aseguran la integridad de la información almacenada en el sistema.

Beneficio esperado: Mejora en la calidad de los datos y reducción de inconsistencias en los procesos de verificación.

5. Implementar una arquitectura modular para facilitar el mantenimiento

Hallazgo: El sistema integra múltiples componentes como procesamiento de facturas, análisis de video y generación de reportes, lo que puede dificultar su mantenimiento si no está bien estructurado.

Recomendación: Adoptar una arquitectura modular que separe claramente las capas del sistema (presentación, lógica de negocio y datos).

Justificación:

Una arquitectura modular permite realizar cambios o mejoras sin afectar todo el sistema, facilitando su evolución.

Beneficio esperado: Facilidad de mantenimiento, escalabilidad del sistema y reducción de errores en futuras actualizaciones.

6. Implementar registro y monitoreo de eventos del sistema

Hallazgo: El sistema requiere trazabilidad de las acciones realizadas por los usuarios y de los procesos ejecutados.

Recomendación: Fortalecer el registro de eventos mediante logs detallados y mecanismos de monitoreo que permitan detectar fallos o comportamientos anómalos.

Justificación: El monitoreo permite identificar problemas en tiempo real y facilita el análisis posterior de incidentes.

Beneficio esperado: Mejor control del sistema, mayor capacidad de respuesta ante errores y fortalecimiento de la trazabilidad.

16.2 RECOMENDACIONES OPERATIVAS

1. Capacitación al personal en el uso del sistema

Hallazgo: El correcto funcionamiento del sistema depende del uso adecuado por parte de los usuarios encargados de cargar facturas y ejecutar verificaciones.

Recomendación: Desarrollar un plan de capacitación de mínimo 8 horas dirigido a los usuarios finales, enfocado en el uso del sistema, carga de facturas, ejecución de auditorías y consulta de resultados.

Justificación: La capacitación permite que los usuarios comprendan el funcionamiento del sistema y reduzcan errores durante su operación.

Beneficio esperado: Disminución de errores operativos, mayor eficiencia en el uso del sistema y mejor adopción tecnológica.

2. Establecer un procedimiento de control de cambios

Hallazgo: Durante el desarrollo del proyecto se identificaron posibles cambios en los requerimientos, lo cual puede afectar la estabilidad del sistema.

Recomendación: Implementar un procedimiento formal de gestión de cambios mediante solicitudes documentadas (Change Request), que incluyan análisis de impacto y aprobación antes de su implementación.

Justificación: El control de cambios permite gestionar modificaciones sin afectar la funcionalidad existente ni el alcance del sistema.

Beneficio esperado: Mayor estabilidad del sistema, control del alcance y reducción de errores derivados de cambios no planificados.

3. Definir procedimientos estandarizados para la carga de información

Hallazgo: El proceso de carga de facturas y videos puede presentar inconsistencias si no se siguen criterios uniformes.

Recomendación: Establecer protocolos claros para la carga de archivos, incluyendo formatos permitidos, calidad mínima de video y estructura de las facturas.

Justificación: La estandarización de procesos garantiza la correcta ejecución del sistema y mejora la calidad de los datos ingresados.

Beneficio esperado: Reducción de errores en el procesamiento, mayor precisión en la verificación y consistencia en la información.

4. Asignar responsables del sistema

Hallazgo: El sistema requiere supervisión continua para garantizar su correcto funcionamiento y actualización.

Recomendación: Designar responsables específicos para la administración del sistema, monitoreo de auditorías y gestión de incidencias.

Justificación: La asignación de roles operativos asegura que exista control sobre el sistema y respuesta oportuna ante problemas.

Beneficio esperado: Mejor gestión operativa, mayor control del sistema y reducción de tiempos de respuesta ante fallos.

5. Establecer monitoreo periódico del sistema

Hallazgo: El sistema puede presentar fallos o inconsistencias si no se supervisa de manera continua.

Recomendación: Implementar revisiones periódicas del sistema, incluyendo verificación de auditorías realizadas, revisión de logs y estado de funcionamiento general.

Justificación: El monitoreo constante permite detectar problemas de manera temprana y tomar acciones correctivas.

Beneficio esperado: Mayor confiabilidad del sistema, prevención de fallos y mejora continua del proceso operativo.

6. Documentar procedimientos de uso y soporte

Hallazgo: La ausencia de documentación puede dificultar el uso del sistema y la resolución de problemas por parte de los usuarios.

Recomendación: Elaborar manuales de usuario y guías rápidas que describan los procesos principales del sistema y las soluciones a problemas comunes.

Justificación: La documentación facilita la capacitación, el soporte técnico y la continuidad operativa.

Beneficio esperado: Mayor autonomía de los usuarios, reducción de dependencia técnica y mejora en la eficiencia operativa.

16.3 RECOMENDACIONES ORGANIZACIONALES

1. Designar un responsable interno del sistema

Hallazgo: El sistema requiere una gestión continua para garantizar su correcto funcionamiento, actualización y adaptación a nuevas necesidades.

Recomendación: Designar un “Administrador del Sistema” encargado de validar requerimientos futuros, supervisar el mantenimiento, gestionar actualizaciones y coordinar el uso adecuado de la plataforma.

Justificación: La asignación de un responsable permite centralizar la gestión del sistema, facilitando la toma de decisiones y el control de cambios.

Beneficio esperado: Mayor control organizacional, mejor gestión del sistema y reducción de fallos derivados de falta de supervisión.

2. Establecer políticas de uso del sistema

Hallazgo: El uso inadecuado del sistema por parte de los usuarios puede generar errores en la información y afectar la confiabilidad de los resultados.

Recomendación: Definir políticas claras de uso del sistema, incluyendo lineamientos sobre acceso, manejo de información, carga de datos y responsabilidades de cada rol.

Justificación: Las políticas organizacionales permiten regular el uso del sistema y asegurar que todos los usuarios actúen bajo criterios definidos.

Beneficio esperado: Mayor control sobre el uso del sistema, reducción de errores y mejora en la calidad de la información.

3. Integrar el sistema dentro de los procesos organizacionales

Hallazgo: El sistema puede no generar el impacto esperado si no se integra adecuadamente en los procesos operativos de la organización.

Recomendación: Incorporar el uso de LogiCheck dentro de los procedimientos formales de despacho y control logístico, asegurando su uso obligatorio en las actividades relacionadas.

Justificación:

La integración con los procesos garantiza que el sistema sea utilizado de manera constante y efectiva.

Beneficio esperado: Mayor aprovechamiento del sistema, mejora en los procesos logísticos y reducción de inconsistencias en los despachos.

4. Establecer mecanismos de seguimiento y evaluación

Hallazgo: La ausencia de seguimiento puede dificultar la identificación de oportunidades de mejora en el uso del sistema.

Recomendación: Implementar evaluaciones periódicas del desempeño del sistema, mediante indicadores como número de auditorías realizadas, errores detectados y tiempos de procesamiento.

Justificación: El seguimiento permite medir el impacto del sistema y tomar decisiones basadas en datos.

Beneficio esperado: Mejora continua del sistema, optimización de procesos y toma de decisiones más informada.

5. Promover la cultura de uso de tecnologías digitales

Hallazgo: La resistencia al cambio por parte del personal puede afectar la adopción del sistema.

Recomendación: Fomentar una cultura organizacional orientada al uso de herramientas tecnológicas mediante capacitaciones, acompañamiento y sensibilización del personal.

Justificación: La adopción tecnológica depende no solo del sistema, sino también de la disposición de los usuarios a utilizarlo.

Beneficio esperado: Mayor aceptación del sistema, mejora en su uso y aprovechamiento de sus funcionalidades.

16.4 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

1. Implementar comunicación segura mediante HTTPS

Hallazgo: El sistema maneja información sensible como datos de usuarios y resultados de auditorías, lo cual puede ser vulnerable si la comunicación no está protegida.

Recomendación: Configurar el sistema para operar exclusivamente bajo el protocolo HTTPS, utilizando certificados digitales válidos.

Justificación: El uso de HTTPS permite cifrar la información transmitida entre el cliente y el servidor, evitando la interceptación de datos.

Beneficio esperado: Protección de la información en tránsito y reducción del riesgo de ataques como interceptación o suplantación.

2. Implementar auditoría de accesos al sistema

Hallazgo: El sistema requiere control sobre quién accede y qué acciones realiza cada usuario.

Recomendación: Registrar los accesos al sistema, incluyendo fecha, hora, usuario y acciones realizadas.

Justificación: La auditoría de accesos permite identificar comportamientos anómalos y facilita la investigación de incidentes de seguridad.

Beneficio esperado: Mayor control sobre el uso del sistema y capacidad de detección de accesos no autorizados.

3. Fortalecer el registro de logs del sistema

Hallazgo: El seguimiento de eventos es clave para garantizar la trazabilidad y detectar fallos o incidentes.

Recomendación: Implementar un sistema de logs detallado que registre eventos críticos como errores, accesos, ejecuciones de auditorías y cambios en la información.

Justificación: Los logs permiten analizar el comportamiento del sistema y facilitan la resolución de problemas.

Beneficio esperado: Mejor capacidad de monitoreo, detección de fallos y fortalecimiento de la trazabilidad.

4. Establecer una política de contraseñas seguras

Hallazgo: El uso de contraseñas débiles puede comprometer la seguridad del sistema.

Recomendación: Definir una política de contraseñas que incluya longitud mínima, combinación de caracteres, expiración periódica y cifrado mediante algoritmos seguros.

Justificación: Las contraseñas seguras reducen el riesgo de accesos no autorizados por ataques de fuerza bruta o suplantación.

Beneficio esperado: Mayor protección de las cuentas de usuario y reducción de vulnerabilidades de acceso.

5. Actualizar periódicamente dependencias y componentes del sistema

Hallazgo: Las librerías y herramientas utilizadas pueden presentar vulnerabilidades si no se mantienen actualizadas.

Recomendación: Realizar actualizaciones periódicas de dependencias, frameworks y librerías utilizadas en el sistema.

Justificación: Las actualizaciones corrigen fallos de seguridad conocidos y mejoran la estabilidad del sistema.

Beneficio esperado: Reducción de vulnerabilidades y mejora en la seguridad general del sistema.

6. Implementar control de acceso a nivel de funcionalidades

Hallazgo: No todos los usuarios requieren acceso a todas las funcionalidades del sistema.

Recomendación: Restringir el acceso a módulos y funciones según el rol del usuario (RBAC), limitando acciones como eliminación de registros o configuración del sistema.

Justificación: El control de acceso minimiza el riesgo de uso indebido del sistema.

Beneficio esperado: Mayor seguridad operativa y protección de la información crítica.

16.5 RECOMENDACIONES DE ESCALABILIDAD

Se recomienda planificar la expansión progresiva del dataset de visión artificial para incorporar nuevas categorías de productos ferreteros. Para mitigar fraudes por sustitución visual (como empaques idénticos de productos no modelados), se sugiere integrar una verificación híbrida que combine visión artificial con lectores de código de barras o balanzas de peso. Finalmente, aunque la aplicación de escritorio actual garantiza latencia cero en video RTSP, procesamiento GPU nativo y operación offline sin costos de nube, se propone planificar a futuro una migración progresiva hacia una arquitectura web con API REST cuando la empresa requiera monitoreo remoto multi-sede y cuente con la infraestructura correspondiente.

17 CONCLUSIONES

- Se logró analizar el proceso actual de despacho y registro de materiales en la Ferretería Durán, identificando como principales problemáticas la dependencia de la verificación manual, la alta probabilidad de errores en el conteo de materiales pesados y voluminosos de alta rotación (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria), y la limitada estructuración de la información logística. Este análisis permitió evidenciar la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas que optimicen la precisión, reduzcan inconsistencias y mejoren el control del proceso de despacho.
- Se diseñó la arquitectura funcional y técnica de la aplicación de escritorio, definiendo de manera estructurada los módulos de captura de información, procesamiento mediante visión artificial, almacenamiento en base de datos y visualización de resultados. Este diseño permitió establecer una base sólida para el desarrollo del sistema, garantizando la integración adecuada de sus componentes y la coherencia con los requerimientos del entorno logístico.
- Se desarrolló y probó un prototipo funcional de la aplicación de escritorio, el cual permitió detectar, registrar y visualizar los materiales despachados pertenecientes a las tres categorías delimitadas (cemento, tubería de presión y tubería sanitaria) mediante el modelo YOLOv26. Durante las pruebas en entorno controlado, el sistema demostró un nivel de precisión adecuado para la auditoría de dichas categorías, reconociéndose las limitaciones del alcance frente a productos no entrenados o interferencias ambientales de iluminación y oclusión.
- Se logró diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio orientada a la visualización y verificación automatizada del proceso de despacho mediante visión artificial para las tres líneas de materiales seleccionadas (bultos de cemento, tubería de presión y tubería sanitaria). La solución demostró ser técnicamente viable y pertinente para la Ferretería Durán, cumpliendo con los objetivos fijados dentro de la delimitación establecida y sentando las bases para la futura expansión a nuevas categorías de producto y eventuales servicios web en la nube.
- Se logró diseñar y desarrollar una aplicación de escritorio orientada a la visualización y verificación automatizada del proceso de despacho mediante visión artificial, contribuyendo al control y validación de la entrega de materiales. La solución propuesta demostró ser viable y pertinente dentro del contexto de la Ferretería Durán, al mejorar la precisión del proceso, reducir la intervención manual y fortalecer el control logístico mediante el uso de tecnologías de detección de objetos.

18 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coyle, J. J. (2021). *Supply Chain Management: A Logistics Perspective (11th ed.)*. Obtenido de Cengage Learning.:
https://faculty.cengage.com/works/9780357442135?_gl=1*dmn77r*_ga*MTgyNTMzMzUwMy4xNzcyMTU3NTYy*_ga_668HWQ0W99*czE3NzIxNTc1ODIkbzEkZzAkDE3NzIxNTc3MjgkajYwJGwwJGgw*_fplc*bGIIkZSMEwxdExuekxXRGx0d0NNMjRMWHpGMUdzb1hOZSUyQkQIMkJBaTQ2ZFYyamFNRDVzJTJGVVQwRU1OaWR
- Enago Academy. (22 de Enero de 2025). <https://www.enago.com>. Obtenido de <https://www.enago.com/academy/latam/write-thesis-statement/>
- Gallegos, P. C. (2025). <https://comunicacionacademica.uc.cl>. (C. P. Lobato, Ed.) Recuperado el 24 de Enero de 2025, de <https://comunicacionacademica.uc.cl>:
https://comunicacionacademica.uc.cl/images/recursos/espanol/escritura/recurso_en_pdf_extenso/17_Como_elaborar_una_conclusion.pdf
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (16 de Marzo de 2022). ecollection-icontec-org.unipiloto.basesdedatosezproxy.com. Obtenido de ecollection-icontec-org.unipiloto.basesdedatosezproxy.com: <https://ecollection-icontec-org.unipiloto.basesdedatosezproxy.com/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=A465F2DDA6B0FDB83A33B01BCED1EBDEC9E021851AB8BA96&Req=>
- Instituto PACCELLY. (2025). <https://sbbd9736625373ac7.jimcontent.com>. Recuperado el 23 de Enero de 2025, de <https://sbbd9736625373ac7.jimcontent.com/download/version/1573572800/module/16926968196/name/CAP%C3%8DTULO%205.pdf>
- Ivanov, D. (2021). *Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value*. . Obtenido de Springer Nature.:
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-72331-6>
- Muñoz, A. G. (2016). <https://www.ucm.es>. Obtenido de <https://www.ucm.es>:
<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135806/4%20el-desarrollo.pdf>
- Pressman, R. S. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach (9th ed.)*. . Obtenido de McGraw-Hill Education. : <https://www.mheducation.com/highered/product/software-engineering-practitioner-s-approach-pressman-maxim/M9781259872976.html>
- Redmon, J. D. (2016). *You only look once: Unified, real-time object detection*. Obtenido de Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
- Rivera, G. P. (Mayo de 1998). www.uv.mx. Recuperado el 23 de Enero de 2025, de https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/documents/2/Marco_Teorico_Referencial.pdf
f

- Rodriguez, V. (3 de Mayo de 2023). <https://es.linkedin.com/pulse/consejos-y-mejores-pr%C3%A1cticas-para-redactar-de-tesis-inincim>
- Torres, R. A., & Monroy, M. J. (13 de Octubre de 2020). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/atotonilco/article/download/5265/9468/>
- Universidad Autónoma del Estado de México. (s.f.). <http://ri.uaemex.mx>. Recuperado el 23 de Enero de 2025, de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/103743/secme-27284_1.pdf?sequence=1#:~:text=Se%20refiere%20a%20la%20ubicaci%C3%B3n,o%20se%20realiza%20la%20investigaci%C3%B3n.
- Universidad del ISTMO. (2025). <https://cmsudi.udelistmo.edu>. Recuperado el 23 de Enero de 2025, de https://cmsudi.udelistmo.edu/sites/default/files/formato_inscripcion_y_guia_de_tesis.pdf
- Universidad para la Cooperación Internacional. (4 de Junio de 2015). www.ucipfg.com. Obtenido de www.ucipfg.com/Repositorio: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD-12/BLOQUE_ACADEMICO/UNIDAD_1/002.pdf
- World Economic Forum. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>
- McKinsey & Company. (2022). *The state of AI in 2022—and a half decade in review*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai-in-2022-and-a-half-decade-in-review>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46816>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Prioridades para la digitalización empresarial en América Latina y el Caribe*. <https://publications.iadb.org/es/prioridades-para-la-digitalizacion-empresarial-en-america-latina-y-el-caribe>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2022). *Importante fortalecimiento de la economía digital y formación tecnológica de los colombianos, realizó MinTIC en 2021*. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-208488.html>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Encuesta de micronegocios*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/micronegocios>

- International Data Corporation. (2024). *A deep dive into IDC's global AI and generative AI spending*.
<https://www.idc.com/resource-center/blog/a-deep-dive-into-idcs-global-ai-and-generative-ai-spending/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). *Proyecciones de población municipal basadas en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 – Municipio de Apulo*.
<https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2023/cundinamarca/apulo>
- Gobernación de Cundinamarca. (2025). *Apulo*.
<https://www.cundinamarca.gov.co/municipios/Apulo#General-pane>
- McCombes, S. (2023, June 22). *Descriptive research: Definition, types, methods & examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/descriptive-research/>
- Coursera Staff. (2026, March 23). *Purpose of research: Understanding its role and importance in knowledge building*. Coursera.
<https://www.coursera.org/articles/purpose-of-research>
- George, T. (2023, June 22). *Semi-structured interview | Definition, guide & examples*. Scribbr. <https://www.scribbr.com/methodology/semi-structured-interview/>
- Sánchez-Guardiola Paredes, C., Aguaded Ramírez, E. M., & Rodríguez-Sabiote, C. (2021). Content validation of a semi-structured interview to analyze the management of suffering. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11393. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111393>
- McLeod, S. (2024, September 30). *Thematic analysis: A step by step guide*. Simply Psychology. <https://www.simplypsychology.org/thematic-analysis.html>
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2025). *SME digitalisation for competitiveness*. OECD.
<https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/networks/oecd-digital-for-smes-global-initiative/D4SME-2025-Policy-Highlights.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2025, mayo 16). *CONPES 4144: La hoja de ruta de Colombia en inteligencia artificial para los retos actuales y la transformación futura*.
<https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/conpes-4144-hoja-de-ruta-colombia-inteligencia-artificial-retos-actuales-transformacion-futura.aspx>
- United Nations. (2024, June 28). *The Sustainable Development Goals Report 2024*.
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/>
- Ficili, I., Galletta, A., Fiumara, G., Celesti, A., Villari, M., & Puliafito, A. (2025). From sensors to data intelligence: Leveraging IoT, cloud, and edge computing with AI. *Sensors*, 25(6), Article 1763. <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/6/1763>

- OpenCV.ai. (2024, February 29). Computer vision in warehousing and logistics. OpenCV.ai. <https://www.opencv.ai/blog/computer-vision-in-warehousing-and-logistics>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (s. f.). Digitalisation of SMEs. OECD. <https://www.oecd.org/en/topics/digitalisation-of-smes.html>
- Robinson, S., Lawton, G., & Essex, D. (2024, March 6). What is supply chain analytics and why is it important? TechTarget. <https://www.techtarget.com/searcherp/definition/supply-chain-analytics>
- Akkerman, F., Prak, D., & Mes, M. (2025). *Dynamic reordering and inspection for the multi-item Inventory Record Inaccuracy problem*. *European Journal of Operational Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221724007367>
- Božić, D., Živičnjak, M., Stanković, R., & Ignjatić, A. (2024). *Impact of the Product Master Data Quality on the Logistics Process Performance*. *Logistics*, 8(2), 43. <https://www.mdpi.com/2305-6290/8/2/43>
- Driver and Vehicle Standards Agency. (2023). *Securing loads on HGVs and goods vehicles*. GOV.UK. <https://www.gov.uk/guidance/securing-loads-on-hgvs-and-goods-vehicles>
- Health and Safety Executive. (2024). *Manual handling at work*. <https://www.hse.gov.uk/msd/manual-handling/index.htm>
- Health and Safety Executive. (2025). *Manual handling at work*. <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg143.htm>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025). *Tax Administration Digitalisation and Digital Transformation Initiatives: Data management and standards*. https://www.oecd.org/en/publications/2025/06/tax-administration-digitalisation-and-digital-transformation-initiatives_87f43a78/full-report/component-9.html
- Tadjine, C., Ouafi, A., Benlamoudi, A., & Taleb-Ahmed, A. (2025). *Computer vision in warehouse management automation: A survey on implemented methods with prototyping hardware*. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197625018883>
- Villegas-Ch, W., Maldonado Navarro, A., & Sanchez-Viteri, S. (2024). *Optimization of inventory management through computer vision and machine learning technologies*. *Intelligent Systems with Applications*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667305324001121>
- Aldubaikhi, A., & Patel, S. (2025). *Advancements in small-object detection (2023–2025): Approaches, datasets, benchmarks, applications, and practical guidance*. *Applied Sciences*, 15(22), 11882. <https://doi.org/10.3390/app152211882>

- Ali, M. L., et al. (2024). *The YOLO framework: A comprehensive review of object detection systems*. *Computers*, 13(12), 336. <https://www.mdpi.com/2073-431X/13/12/336>
- DHL. (2024, November 4). *What is logistics? Meaning, processes, functions & examples*. <https://www.dhl.com/discover/en-global/logistics-advice/import-export-advice/what-is-logistics>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales [DIAN]. (2024, marzo 6). *Concepto 1509 de 2024 DIAN*. https://normograma.dian.gov.co/dian/compilacion/docs/oficio_dian_1509_2024.htm
- Edozie, E., Shuaibu, A. N., John, U. K., & Sadiq, B. O. (2025). Comprehensive review of recent developments in visual object detection based on deep learning. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 249. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11284-w>
- IBM. (2024). *What is business process automation?* <https://www.ibm.com/think/topics/business-process-automation>
- IBM. (2024). *What is data visualization?* <https://www.ibm.com/think/topics/data-visualization>
- Lawton, K. (2024, December 17). *Solving the pain points of a physical inventory*. *The New Warehouse*. <https://thenewwarehouse.com/2024/12/17/solving-the-pain-points-of-a-physical-inventory/>
- Microsoft. (2024, August 19). *Windows apps—Packaging, deployment, and process*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/apps/get-started/intro-pack-dep-proc>
- OECD. (2025). *The role of traceability in critical mineral supply chains*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/02/the-role-of-traceability-in-critical-mineral-supply-chains_4e5cc44a/edb0a451-en.pdf
- ScienceDirect Topics. (s. f.). *Construction material*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/construction-material>
- Tadjine, C., Ouafi, A., Benlamoudi, A., & Taleb-Ahmed, A. (2025). Computer vision in warehouse management automation: A survey on implemented methods with prototyping hardware. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 160(Part B), 111886. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111886>
- Congreso de la República de Colombia. (1999, 18 de agosto). *Ley 527 de 1999: Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones*. Función Pública. Enlace oficial: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4276>.
- Congreso de la República de Colombia. (2009, 30 de julio). *Ley 1341 de 2009: Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones – TIC – y se dictan otras disposiciones*. Función Pública. Enlace oficial: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>.

- Congreso de la República de Colombia. (2012, 11 de julio). *Ley 1562 de 2012: Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48365>.
- Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). *Ley 1581 de 2012: Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1072 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). *Decreto 1074 de 2015: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Comercio, Industria y Turismo*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=76608>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2016, 11 de octubre). *Decreto 1625 de 2016: Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario en materia tributaria*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=83233>.
- Presidencia de la República de Colombia. (2020, 5 de marzo). *Decreto 358 de 2020: Por el cual se reglamentan disposiciones del sistema de facturación y se sustituye el capítulo correspondiente del Decreto 1625 de 2016*. Función Pública. Enlace oficial:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=110414>.
- Unidad Administrativa Especial Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2023, 1 de noviembre). *Resolución 000165 de 2023: Por la cual se desarrolla el sistema de facturación, se adoptan anexos técnicos y se dictan otras disposiciones en materia de facturación electrónica*. Normograma DIAN. Enlace oficial:
https://normograma.dian.gov.co/dian/compilacion/docs/resolucion_dian_0165_2023.htm
- Almeida, F., & Bálint, B. (2024). Approaches for Hybrid Scaling of Agile in the IT Industry: A Systematic Literature Review and Research Agenda. *Information*, 15(10), 592.
<https://doi.org/10.3390/info15100592>
- Hernández-Flórez, N., & Klimenko, O. (2025). *Metodología de la investigación, enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. Nexus: Multidisciplinary Research Journal, 4(1).
<https://nexushouseeditorial.com/index.php/nexus/es/article/view/24>

ANEXOS

Anexo A. Fichas de historias de usuario

Se presenta en un archivo externo en formato Excel.

Anexo B. Diccionario de datos

Se presenta de manera detallada en el Manual Técnico del proyecto, en la sección 3.1 c. ii. Diccionario de datos.

Anexo C. Cronograma de actividades (Diagrama de gantt)

Se presenta en un archivo externo en formato Excel.

Anexo D. Pruebas

Se presenta en un archivo externo en formato Word.