Laboratorios virtuales de aprendizaje aplicados a la logística

Cristian Alejandro Rincón Rojas

Director

Miryam Mercedes Acosta Martínez

Línea de Investigación

Diseño y Gestión de Redes de Suministro

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Maestría en Logística y Redes de Valor

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente de sabiduría en cada paso de este camino académico. Sin Su presencia constante en mi vida, este logro no habría sido posible.

A mi familia y seres queridos, por su amor incondicional, su apoyo permanente y su confianza en mis capacidades. A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por acompañarme, por motivarme y por sostenerme en los momentos más exigentes de este proceso. Esta meta es el reflejo del sacrificio compartido y del compromiso con el crecimiento personal y profesional.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por brindarme un espacio académico accesible, flexible y de calidad, que me ha permitido avanzar en mi formación profesional.

Extiendo un especial agradecimiento a mi directora de monografía, Miryam Mercedes Acosta Martínez, por su valiosa orientación, compromiso y acompañamiento a lo largo de este proceso investigativo. Su guía fue fundamental para alcanzar los objetivos propuestos y dar forma a este trabajo con el rigor y la claridad necesarios.

También agradezco a los tutores de la UNAD que, con sus aportes y compromiso académico, contribuyeron al desarrollo de las competencias necesarias para culminar esta etapa formativa.

Gracias a todos quienes, desde el anonimato, fueron parte de este logro a través de su ejemplo, palabras de aliento y motivación indirecta. Este trabajo representa no solo una meta cumplida, sino el inicio de nuevos desafíos.

Resumen

Esta monografía aborda la imperante necesidad de fortalecer las competencias prácticas en logística y Supply Chain Management para los estudiantes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), un desafío crucial inherente a su modelo de educación a distancia. Su propósito central es analizar y sistematizar la información existente sobre la implementación de laboratorios virtuales, buscando cerrar efectivamente la brecha entre la teoría y la práctica en estos campos esenciales. Mediante una metodología cualitativa y exploratoria, basada en una revisión sistemática de literatura académica y el análisis comparativo de casos de estudio exitosos, se identificaron mejores prácticas, lecciones aprendidas y tendencias tecnológicas aplicables a la enseñanza de la logística virtual. La investigación concluye que los laboratorios virtuales son herramientas altamente efectivas para potenciar habilidades prácticas, fomentar la toma de decisiones y preparar a los estudiantes para los desafíos de la Industria 4.0. Los hallazgos subrayan la diversidad de tipologías y la probada eficacia pedagógica de estos entornos, afirmando su viabilidad técnica y económica a largo plazo, especialmente dada la escala y dispersión geográfica de la UNAD. Factores críticos de éxito, como una infraestructura tecnológica robusta, la capacitación docente integral y una meticulosa alineación curricular, fueron igualmente identificados. En consecuencia, esta monografía ofrece un marco teórico-metodológico y culmina con un conjunto de recomendaciones estratégicas y operativas, incluyendo un modelo de implementación por fases, diseñado para guiar a la UNAD en la integración de estas herramientas innovadoras. Este trabajo constituye un aporte significativo, permitiendo a la universidad fortalecer su liderazgo y capacidad para formar profesionales altamente competentes en un mercado laboral dinámico y exigente.

Palabras Clave: Laboratorio virtual, logística, simulación, educación a distancia, cadena de suministro

Abstract

This monograph addresses the imperative need to strengthen practical skills in logistics and supply chain management for students at the National Open and Distance University (UNAD), a crucial challenge inherent to its distance learning model. Its central purpose is to analyze and systematize existing information on the implementation of virtual laboratories, seeking to effectively close the gap between theory and practice in these essential fields. Using a qualitative and exploratory methodology, based on a systematic review of academic literature and the comparative analysis of successful case studies, best practices, lessons learned, and technological trends applicable to the teaching of virtual logistics were identified. The research concludes that virtual laboratories are highly effective tools for enhancing practical skills, fostering decision-making, and preparing students for the challenges of Industry 4.0. The findings underscore the diversity of typologies and the proven pedagogical effectiveness of these environments, affirming their long-term technical and economic viability, especially given the scale and geographic dispersion of UNAD. Critical success factors, such as a robust technological infrastructure, comprehensive teacher training, and meticulous curricular alignment, were also identified. Consequently, this monograph offers a theoretical and methodological framework and concludes with a set of strategic and operational recommendations, including a phased implementation model, designed to guide UNAD in the integration of these innovative tools. This work constitutes a significant contribution, allowing the university to strengthen its leadership and capacity to train highly competent professionals in a dynamic and demanding labor market.

Keywords: Virtual laboratory, logistics, simulation, distance education, supply chain

Tabla de Contenido

Introducción 15

Definición del Problema 18

Problema de Investigación 18

Descripción y Contextualización del Problema 18

Objetivos 21

Objetivo General 21

Objetivos Específicos 21

Justificación 22

Marco Referencial 27

Marco Contextual u Objeto Práctico 29

Sector 30

Empresa 36

Marco Teórico u Objeto Teórico 41

Conceptualización 45

Estado del Arte 53

Enfoque Metodológico para la Construcción del Estado del Arte. 53

Internacionales 58

Locales 61

Metodología 69

Diseño Metodológico 69

Población y Unidades de Análisis 69

Estrategia de Búsqueda y Selección de Información 70

Fuentes de Información 70
Criterios de Selección 70
Bases de Datos y Cadenas de Búsqueda 73
Caracterización de la Muestra Documental 75
Distribución Temporal de Publicaciones 75
Distribución por Base de Datos 76
Variables e Hipótesis del Estudio 76
Variables de Estudio 77
Hipótesis 77
Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos 77
Técnicas de Recolección 77
Instrumentos de Recolección 79
Procedimientos de Análisis 81
Fases de la Metodología 83
Fase 1 Tendencias y Aplicabilidad de Laboratorios Virtuales Logísticos 84
Fase 2 Examen de Casos de Éxito en Formación Logística 85
Fase 3 Formulación de Recomendaciones Estratégicas para la UNAD 85
Resultados 86
Analizar la Literatura Científica Reciente 86
Marco Conceptual de Laboratorios Virtuales en Logística 89
Análisis Cronológico de Publicaciones 90
Segmentación por Bases de Datos 92
Tendencias Metodológicas en Laboratorios Virtuales 94

Aplicabilidad de Laboratorios Virtuales a la Enseñanza de la Logística 100
Examinar Casos de Éxito 104
Identificación y Caracterización de Casos de Éxito 105
Prácticas Replicables y Lecciones Aprendidas de los Casos de Éxito 125
Resultados Pedagógicos y Desafíos en los Casos de Éxito 135
Viabilidad Financiera de Laboratorios Virtuales en Logística 145
Tipos de Costos Asociados a la Implementación 147
Consideraciones de Viabilidad Financiera y Retorno de la Inversión (ROI) 150
Formular Recomendaciones Estratégicas 151
Contextualización de las Necesidades y Oportunidades en la UNAD 153
Tendencias y Características Técnicas de Laboratorios Virtuales para Inspiración 156
Tipologías y Características Técnicas Generales de los Laboratorios Virtuales 158
Tendencias de Softwares en los Laboratorios Virtuales Analizados. 203
Lenguajes de Programación en Laboratorios Virtuales. 205
Propuesta de Integración Curricular con la UNAD 212
Diseño de Escenarios Prácticos Específicos por Área Logística 218
Estrategias Pedagógicas para la Integración Efectiva 224
Recomendaciones Estratégicas y Operativas para la UNAD 229
Recomendaciones Estratégicas de Alto Nivel 230
Recomendaciones Operativas y Técnicas 235
Modelo de Implementación por Fases 241
Desafíos en la Implementación Sostenible de Laboratorios Virtuales en Logística 246
Conclusiones 253

Bibliografía 257

Apéndice 270

Lista de Tablas

Tabla 1 *Características de la UNAD Relevantes para Laboratorios Virtuales en Logística* 39

Tabla 2 *Comparativa de la Formación Logística Tradicional con Laboratorios Virtuales* 48

Tabla 3 *Estado del Arte Sobre Laboratorios Virtuales en Educación Logística* 64

Tabla 4 *Criterios para la Selección de Referencias Bibliográficas* 70

Tabla 5 *Cadenas de Búsqueda en Bases de Datos* 73

Tabla 6 *Técnicas de Recolección de Datos en la Investigación* 78

Tabla 7 *Instrumentos de Recolección de Datos* 79

Tabla 8 *Procedimientos de Análisis de Datos* 81

Tabla 9 *Tipologías de Laboratorios Virtuales Identificadas y Frecuencia de Aparición* 95

Tabla 10 *Áreas de la Logística en la Literatura con Laboratorios Virtuales* 100

Tabla 11 *Características Clave de los Casos de Éxito en Formación Logística* 107

Tabla 12 *Prácticas Replicables en Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística* .. 126

Tabla 13 *Lecciones Clave Sobre Laboratorios Virtuales en Logística* 131

Tabla 14 *Resultados Pedagógicos Reportados en los Casos de Éxito* 136

Tabla 15 *Desafíos Superados en la Implementación de Laboratorios Virtuales* 142

Tabla 16 *Categorías de Costos en la Implementación de Laboratorios Virtuales* 147

Tabla 17 *Características Técnicas de Laboratorios Virtuales Representativos* 161

Tabla 18 *Frecuencia de Menciones de Softwares* 203

Tabla 19 *Frecuencia de Menciones de Lenguajes de Programación* 207

Tabla 20 *Aplicación de Laboratorios Virtuales en Cursos de Logística de la UNAD* 214

Tabla 21 *Escenarios Prácticos y Habilidades en Laboratorios Virtuales de Logística* 219

Tabla 22 *Estrategias Pedagógicas Para Integrar Laboratorios Virtuales en Logística* 225

Tabla 23 *Lineamientos Clave Para la Integración de Laboratorios Virtuales en Logística*.... 231

Tabla 24 *Recomendaciones Técnicas y Operativas para Laboratorios Virtuales en Logística* 236

Tabla 25 *Fases de Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística – UNAD*..... 241

Tabla 26 *Desafíos en la Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística a Distancia* 247

Lista de Figuras

Figura 1 *Marco Referencial sobre Laboratorios Virtuales en Logística* 28

Figura 2 *Conceptos Clave de Logística en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje* 46

Figura 3 *Fases Metodológicas* 84

Figura 4 *Número de Publicaciones por Año* 91

Figura 5 *Publicaciones por Base de Datos* 92

Lista de Apéndices

Apendice A *Publicaciones Clasificadas por Áreas de la Logística* 270

Introducción

El siglo XXI se caracteriza por una acelerada transformación digital, que ha reconfigurado todos los aspectos de la sociedad, incluyendo el sector educativo. En este escenario, la educación superior ha experimentado una evolución significativa, impulsada por la necesidad de adaptar sus metodologías a las nuevas demandas tecnológicas y a las características de un estudiantado cada vez más inmerso en entornos digitales (García Aretio, 2020; Espinoza Bravo et al., 2024). Las instituciones de educación superior a distancia, como la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en Colombia, se encuentran en la vanguardia de esta transformación, adoptando modelos pedagógicos innovadores que buscan cerrar la brecha entre la teoría y la práctica en contextos virtuales (Motta Artunduaga, 2020; Leal Afanador, 2021).

Tradicionalmente, la formación en disciplinas técnicas y de ingeniería ha dependido en gran medida de laboratorios físicos para el desarrollo de competencias prácticas y la experimentación (Herrera et al., 2020; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017). Sin embargo, la educación a distancia presenta desafíos inherentes para replicar estas experiencias de manera efectiva, aquí es donde los laboratorios virtuales emergen como una solución prometedora. Estos entornos simulados ofrecen a los estudiantes la oportunidad de interactuar con equipos, procesos y sistemas de manera remota, superando barreras geográficas y temporales, y permitiendo una formación práctica más accesible y flexible (Infante Jiménez, 2014; Álvarez Sánchez et al., 2023; Hernández-de-Menéndez et al., 2019).

En el campo de la logística y la gestión de la cadena de suministro, la relevancia de las habilidades prácticas es aún más crítica. La dinámica actual del mercado, caracterizada por la globalización, la complejidad de las redes y la irrupción de la Industria 4.0, exige profesionales con competencias avanzadas en optimización, simulación y toma de decisiones en tiempo real

(Ivanov et al., 2020; Wang et al., 2022). Los programas de logística, por lo tanto, deben ir más allá de la enseñanza teórica, integrando herramientas que permitan a los estudiantes experimentar con escenarios reales, gestionar flujos de materiales, optimizar rutas y solucionar problemas complejos de la cadena de suministro (Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017; Chopra, 2019). Es en este punto donde los laboratorios virtuales de aprendizaje se presentan como una herramienta fundamental, capaz de proporcionar una experiencia inmersiva y práctica que no siempre es posible replicar en entornos físicos (May, 2021; Pan et al., 2023; Rodriguez-Garcia et al., 2024).

En este contexto, la UNAD, como institución pionera en educación a distancia en Colombia, enfrenta el reto de innovar en sus programas de logística y cadena de suministro para formar profesionales altamente competentes. La implementación de laboratorios virtuales se perfila como una estrategia clave para lograr este objetivo, permitiendo a los estudiantes desarrollar habilidades operativas y estratégicas esenciales para el éxito en el dinámico mundo de la logística.

Sin embargo, la integración efectiva de laboratorios virtuales en los programas académicos de logística de la UNAD requiere de una comprensión profunda de las mejores prácticas y los casos de éxito a nivel global. Es necesario analizar cómo otras instituciones y sectores han implementado estas herramientas, qué metodologías han resultado efectivas y cuáles son los factores críticos de éxito y los desafíos a superar.

Esta monografía se propone abordar estas preguntas, ofreciendo una revisión sistemática de la literatura que identifique y analice los enfoques más relevantes en el diseño y aplicación de laboratorios virtuales en el ámbito de la logística y la cadena de suministro.

El propósito de esta investigación es analizar y sistematizar la información existente sobre la implementación de laboratorios virtuales en los cursos de Logística y Supply Chain

Management de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Este estudio busca establecer una base teórica y metodológica que sirva como referencia para futuros desarrollos en la integración de tecnologías de simulación virtual en la educación superior a distancia.

El documento se estructura de la siguiente manera: primero, se presenta el marco teórico y conceptual, que incluye una revisión exhaustiva de literatura sobre educación virtual, laboratorios virtuales y enseñanza de logística. Posteriormente, se describe la metodología cualitativa empleada, destacando el análisis comparativo de casos y la revisión bibliográfica. El análisis de resultados discute las implicaciones pedagógicas y tecnológicas de los laboratorios virtuales, y finalmente, las recomendaciones que ofrecen un conjunto de directrices prácticas para su implementación en la UNAD y conclusiones.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, este trabajo no solo responde a las necesidades formativas de la UNAD, sino que también contribuye a la transformación de la enseñanza virtual en logística, ofreciendo un modelo replicable para otras instituciones. La integración de laboratorios virtuales se plantea como una estrategia clave para enfrentar los desafíos de la educación a distancia, promoviendo el desarrollo de competencias prácticas en un entorno completamente digital.

Definición del Problema

Problema de Investigación

En este capítulo se presenta la descripción y contextualización del problema que motiva esta monografía sobre la aplicación de laboratorios virtuales en la enseñanza de la logística en la UNAD. La educación a distancia, y en particular la educación virtual, se ha consolidado como un tema central en los debates educativos contemporáneos, impulsando a las instituciones a profundizar en modalidades de enseñanza remota. En este contexto, la integración efectiva de tecnologías como los laboratorios virtuales en la formación logística se presenta como un desafío crucial y una oportunidad para enriquecer el proceso de aprendizaje (Anjos et al., 2024).

Descripción y Contextualización del Problema

La educación superior se enfrenta a la imperante necesidad de adaptarse a un entorno global en constante evolución, marcado por la transformación digital y los avances tecnológicos. En este contexto, la formación en disciplinas técnicas y de ingeniería, incluida la logística y la cadena de suministro, presenta desafíos particulares en cuanto a la adquisición de competencias prácticas (Herrera et al., 2020). Tradicionalmente, la experimentación y el desarrollo de habilidades operativas en estas áreas se han llevado a cabo en laboratorios físicos. Sin embargo, esto implica una serie de limitaciones en términos de infraestructura, costos y accesibilidad (Salazar Jiménez et al., 2024; Kharki et al., 2021).

La creciente demanda de educación a distancia ha exacerbado esta situación. Si bien esta modalidad ofrece flexibilidad, dificulta la replicación de experiencias prácticas inmersivas y contextualizadas (Infante Jiménez, 2014; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017). La necesidad de implementar soluciones innovadoras que permitan mantener la calidad de la formación práctica en entornos no presenciales se hizo evidente con la transición hacia modelos educativos

remotos, exponiendo las deficiencias en la disponibilidad de herramientas para el aprendizaje virtual (Salazar Jiménez et al., 2024).

En el ámbito específico de la logística y la cadena de suministro, la brecha entre la teoría y la práctica es aún más pronunciada. La complejidad inherente a la gestión de flujos de materiales, información y capital, junto con la rápida evolución de la Industria 4.0, exige que los futuros profesionales no solo comprendan los conceptos, sino que también sean capaces de aplicarlos en escenarios dinámicos y realistas (Ivanov et al., 2020; Pacheco-Velazquez et al., 2024; Wang et al., 2022).

Las operaciones logísticas, que abarcan desde el almacenamiento y el transporte hasta la distribución y la gestión de inventarios, requieren de un alto grado de habilidad operativa y de toma de decisiones. Estas cualidades son difíciles de desarrollar exclusivamente a través de la enseñanza teórica (Holguín Anzules et al., 2024; Jasiński et al., 2019). La carencia de laboratorios especializados o la dificultad de acceso a entornos reales para prácticas limita la capacidad de los estudiantes para visualizar y resolver problemas complejos. Esto puede resultar en una formación incompleta y menos competitiva en el mercado laboral (Jasso et al., 2023; Li et al., 2019; Mao et al., 2022; Pan et al., 2023).

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), como una de las principales instituciones de educación a distancia en Colombia, ha asumido un rol fundamental en la expansión del acceso a la educación superior (Reid García et al., 2022; Motta Artunduaga, 2020). No obstante, para sus programas de logística y cadena de suministro, persiste el desafío de proporcionar experiencias prácticas robustas que complementen la sólida formación teórica que ofrece. Si bien la UNAD ha implementado estrategias y herramientas innovadoras para la educación virtual, la necesidad de fortalecer el componente práctico a través de laboratorios

virtuales y simuladores es una prioridad inminente para asegurar la pertinencia y calidad de sus egresados (Leal Afanador, 2021; Molano Bermúdez, 2024; Hernández Muñoz et al., 2022).

El problema central de esta monografía radica en la insuficiencia de herramientas prácticas y entornos experimentales simulados en la modalidad a distancia para el desarrollo de competencias operativas y estratégicas en los programas de Logística y Supply Chain Management de la UNAD. Esta carencia limita la capacidad de los estudiantes para aplicar conceptos teóricos en escenarios realistas, lo que potencialmente afecta su preparación para los desafíos de la Industria 4.0.

De lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo contribuyen los laboratorios virtuales al fortalecimiento de las competencias prácticas en los programas de Logística y Supply Chain Management en la educación superior a distancia, y cuáles son las directrices para su implementación efectiva en la UNAD?

Para responder a esta pregunta, la presente monografía realizará una revisión bibliográfica exhaustiva. Este análisis se centrará en estudios académicos y casos de éxito, buscando identificar los elementos clave que deben considerarse al diseñar e implementar laboratorios virtuales para fortalecer la enseñanza de la logística en la UNAD.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el impacto de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la logística, mediante la revisión y comparación de casos exitosos en la educación superior y sus implicaciones para la cadena de suministro, con el fin de proponer recomendaciones para su futura implementación en los programas de logística de la UNAD.

Objetivos Específicos

Analizar la literatura científica reciente sobre laboratorios virtuales en la educación superior para reconocer tendencias metodológicas y su aplicabilidad a la enseñanza de la logística.

Examinar casos de éxito en la implementación de laboratorios virtuales en programas de formación logística a nivel superior, con énfasis en prácticas replicables y resultados pedagógicos.

Formular recomendaciones estratégicas para la integración de laboratorios virtuales en los programas de Logística de la UNAD, orientadas al fortalecimiento del componente práctico en la educación a distancia.

Justificación

La implementación de laboratorios virtuales en los programas académicos de logística de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) no es solo una estrategia innovadora, sino que se alinea profundamente con la trayectoria de esta institución, reconocida como pionera en educación a distancia y virtual en Colombia, y que ha incursionado consistentemente en el uso de tecnologías avanzadas para el aprendizaje. Esta monografía busca fortalecer esa trayectoria, ofreciendo soluciones a la necesidad crítica de proporcionar experiencias prácticas significativas a estudiantes que se forman en un entorno completamente remoto (Herráez, 2022). La logística y la gestión de la cadena de suministro son disciplinas inherentemente dinámicas y complejas, demandando de los futuros profesionales una comprensión profunda no solo de los conceptos teóricos, sino también de su aplicación efectiva en escenarios operativos reales (Pang y Chen, 2022; Ramirez-Montoya et al., 2024; Rodriguez-Garcia et al., 2024).

La relevancia de estas habilidades prácticas se acentúa en el contexto de la Industria 4.0, donde la optimización, la simulación avanzada y la toma de decisiones en tiempo real son competencias indispensables. La simulación de entornos y procesos complejos, como la gestión de inventarios bajo diversas condiciones de demanda, la planificación y optimización de rutas de transporte en redes de distribución globales, o la configuración eficiente de almacenes y centros de distribución, se vuelve crucial para el desarrollo de estas habilidades esenciales (Ivanov et al., 2020; Wang, 2019; Wang et al., 2022; Wlodyka y Bober, 2021). Los laboratorios virtuales ofrecen una inmersión práctica que cierra la brecha entre el conocimiento teórico y las habilidades aplicadas, preparando eficazmente a los estudiantes para los desafíos tecnológicos y operacionales del sector.

Los laboratorios virtuales ofrecen claras ventajas sobre las limitaciones inherentes a los laboratorios físicos, que históricamente han sido el pilar de la formación en disciplinas técnicas y de ingeniería (Herrera et al., 2020; Herráez, 2022). Las restricciones de infraestructura física, los altos costos asociados a la adquisición, mantenimiento y actualización de equipos especializados, los riesgos de seguridad intrínsecos a la experimentación con maquinaria real, y las barreras geográficas y temporales que impiden el acceso equitativo a instalaciones presenciales, son desafíos persistentes que los laboratorios virtuales mitigan eficazmente (Kharki et al., 2021; Salazar Jiménez et al., 2024; Zamora Musa, 2021).

En contraste, los entornos virtuales proporcionan una accesibilidad sin precedentes. Permiten a los estudiantes acceder a las prácticas las 24 horas del día, los 7 días de la semana, desde cualquier ubicación con conexión a internet, y ofrecen una flexibilidad que se adapta a los diversos horarios y responsabilidades personales de los alumnos de la UNAD (Infante Jiménez, 2014; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017). Esta capacidad de auto-ritmo y la posibilidad de repetir experimentos cuantas veces sea necesario para consolidar el aprendizaje, son características distintivas que los laboratorios físicos rara vez pueden ofrecer (Hernández-de-Menéndez et al., 2019).

Sin embargo, para garantizar que esta accesibilidad sea verdaderamente universal en el contexto de la UNAD, es crucial considerar la heterogeneidad de las capacidades tecnológicas de sus estudiantes. Si bien algunos laboratorios virtuales, particularmente aquellos que incorporan Realidad Virtual o simulaciones de alta fidelidad, demandan equipos con especificaciones técnicas elevadas y conexiones a internet robustas, la oferta institucional debe priorizar soluciones que se adapten a una gama más amplia de dispositivos y conectividades. Esto asegura una inclusión y equidad genuinas en el acceso a la formación práctica, maximizando el alcance y

el impacto de los laboratorios virtuales en toda la comunidad estudiantil. Estas consideraciones sobre el diseño y las implicaciones educativas de los laboratorios virtuales para facilitar el acceso ya eran parte fundamental de la discusión académica desde hace más de una década (Rizzi et al., 2012).

Desde una perspectiva pedagógica, la efectividad de estos entornos simulados en la mejora de las habilidades cognitivas y prácticas es notable. Facilitan la interacción activa con los contenidos, permitiendo a los estudiantes aplicar teorías aprendidas en un contexto práctico y desarrollar un pensamiento crítico y una capacidad de resolución de problemas que son fundamentales para el éxito en la gestión logística (Pan et al., 2023).

Estudios han demostrado que los laboratorios virtuales son herramientas valiosas para ayudar a los estudiantes a construir y refinar sus modelos mentales sobre conceptos complejos, así como a adquirir habilidades técnicas a través de la experimentación controlada y la retroalimentación inmediata y continua (Pontes Pedrajas, 2022; Santoyo Sanchez et al., 2021; Singhal et al., 2024). Esta interacción inmersiva y el aprendizaje activo fomentado por la simulación son cruciales para la retención del conocimiento y su aplicación práctica, contribuyendo a una comprensión más profunda y duradera de los principios logísticos (Timiraos et al., 2024).

A nivel institucional, la adopción de laboratorios virtuales ofrece ventajas estratégicas significativas para una universidad con el modelo de la UNAD. La escalabilidad es un beneficio primordial, ya que permiten atender a un número potencialmente ilimitado de estudiantes de forma simultánea, sin las restricciones de capacidad física inherentes a un laboratorio tradicional. Esto es vital para una institución con una matrícula masiva y geográficamente dispersa,

posibilitando una expansión eficiente de la oferta académica sin requerir inversiones proporcionales en infraestructura física (Infante Jiménez, 2014).

Paralelamente, se logra una sustancial reducción de costos operativos, al eliminar gastos asociados a la compra, mantenimiento y reparación de equipos físicos, la adquisición de materiales consumibles, y la necesidad de supervisión constante por personal técnico en laboratorios presenciales. Aunque existen costos de desarrollo y licencias de software, la inversión inicial se compensa rápidamente dada la capacidad de reuso y la eliminación de numerosos gastos recurrentes (Tobarra et al., 2016; Farouk et al., 2024).

La eficiencia en la evaluación del desempeño práctico también se optimiza notablemente con los laboratorios virtuales. Estos pueden integrar sistemas avanzados de seguimiento y análisis de datos que registran automáticamente las acciones de los estudiantes, el tiempo empleado en las tareas, los errores cometidos y los resultados obtenidos (García-Peñalvo et al., 2020). Esta capacidad no solo facilita una retroalimentación instantánea y personalizada para el alumno, sino que también proporciona a los docentes y evaluadores métricas objetivas del progreso y la adquisición de competencias, estandarizando el proceso de evaluación a gran escala y de manera más ágil (Singhal et al., 2024; Terkaj et al., 2024; García-Peñalvo et al., 2020). Estos factores contribuyen a la sostenibilidad educativa al ofrecer una solución flexible que se adapta a diferentes estilos de aprendizaje y a las necesidades específicas de los estudiantes a distancia, quienes a menudo deben conciliar sus estudios con otras responsabilidades (Zhang y Liu, 2024; Reid García et al., 2022).

La aplicación de plataformas de experimentación virtual en la educación de la ingeniería industrial permite la simulación de procesos complejos, facilitando la adquisición de habilidades prácticas que son intrínsecamente difíciles de replicar en un entorno físico (Terkaj et al., 2024).

Este enfoque es indispensable para la formación avanzada en logística, ya que capacita a los estudiantes para experimentar con escenarios realistas y tomar decisiones informadas basadas en datos, emulando situaciones del mundo real dentro de la cadena de suministro (Wang, 2019; Wlodyka y Bober, 2021). Un laboratorio virtual no solo permite la experimentación, sino que también puede integrar conceptos de gemelos digitales para crear réplicas virtuales de procesos logísticos reales, ofreciendo una experiencia aún más inmersiva y predictiva (Wang et al., 2022).

Como se ha destacado, el laboratorio virtual es fundamental para la logística moderna. Sirve como una herramienta clave para unir los sistemas logísticos en entornos digitales. De esta manera, los estudiantes de logística, cadena de suministro y redes de valor pueden desarrollar habilidades prácticas que podrán aplicar en el mundo real (Shcherbakov y Silkina, 2021). Esto mejora no solo la comprensión teórica, sino también la aplicación de lo aprendido en situaciones simuladas de alta fidelidad, preparando a los alumnos para los desafíos operativos y estratégicos del entorno profesional.

En síntesis, la adopción de laboratorios virtuales no solo suple eficazmente la carencia de experiencias presenciales en la educación a distancia, sino que eleva exponencialmente la calidad del aprendizaje en un entorno virtual. Proporciona una formación práctica accesible, flexible, rentable y adaptada a las demandas de la educación moderna y del mercado laboral. La UNAD, al integrar estratégicamente estos laboratorios en sus programas de logística y cadena de suministro, reafirma su compromiso con la excelencia educativa y asegura que sus egresados estén óptimamente preparados para afrontar los retos de un sector en constante evolución, cada vez más digitalizado y competitivo.

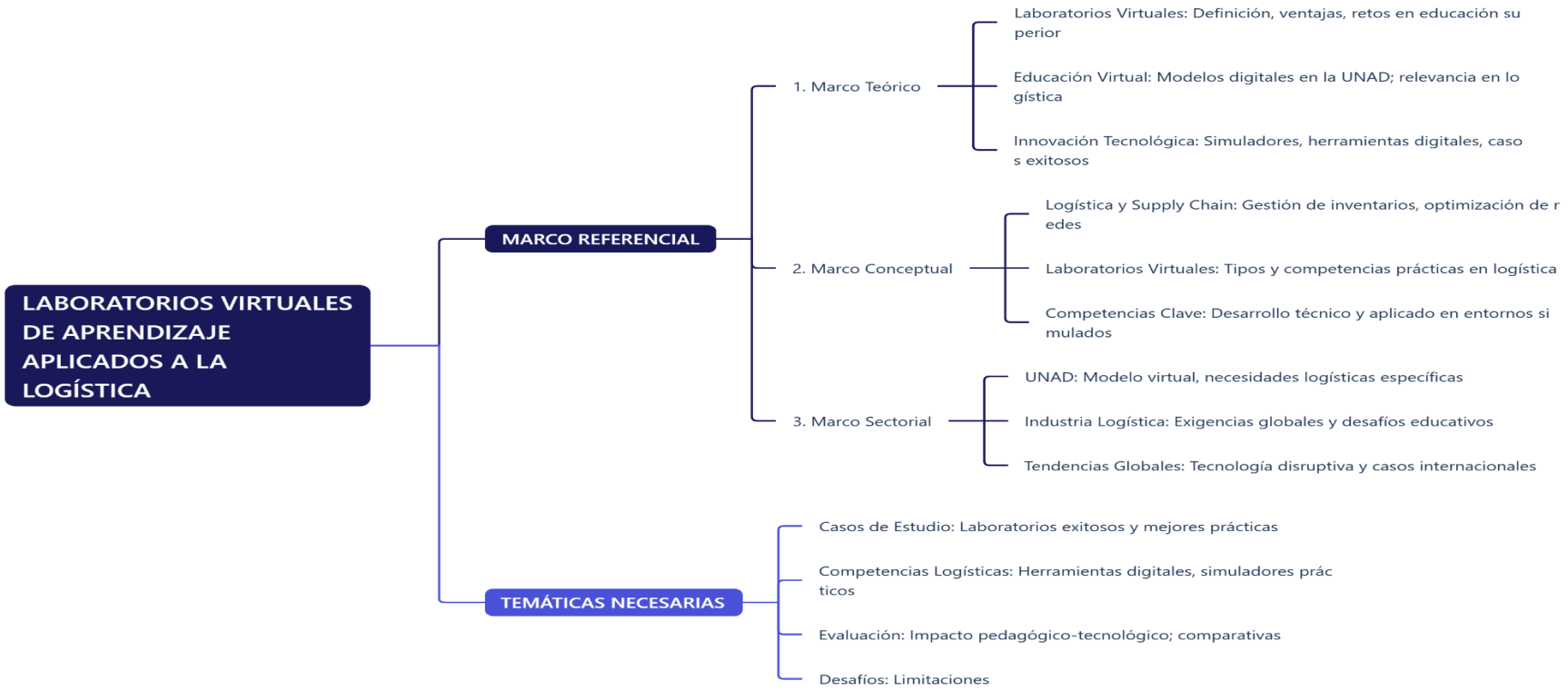
Marco Referencial

El marco referencial de esta monografía se enfoca en los aspectos teóricos, conceptuales y sectoriales que fundamentan el análisis de la implementación de laboratorios virtuales en la educación logística. La idea central es comprender cómo las herramientas tecnológicas, en particular los laboratorios virtuales, pueden contribuir a la formación de competencias prácticas en un entorno educativo a distancia, como el que ofrece la UNAD. Para ello, se abordan teorías y modelos de enseñanza aplicados al uso de tecnologías en el aprendizaje, y se exploran las principales áreas que deben considerarse para el diseño e implementación de estos laboratorios en la enseñanza de la logística.

A continuación, se presenta una representación gráfica de lo que se abordará en el marco referencial. Este mapa visualiza las conexiones entre los diferentes elementos clave del estudio, mostrando cómo los laboratorios virtuales se integran en el contexto de la educación logística en la UNAD. A través de esta estructura, se destacarán los aspectos teóricos, conceptuales y sectoriales que fundamentan el uso de estas herramientas tecnológicas en la enseñanza práctica

Figura 1

Marco Referencial sobre Laboratorios Virtuales en Logística



Nota. El diagrama ilustra la estructura del marco referencial de la investigación, organizando el análisis de los laboratorios virtuales en la educación logística en componentes teóricos, conceptuales y sectoriales.

Descripción y Análisis**:** En la Figura 1, Se detalla la estructura del marco referencial, en el cual se identifican los temas clave que guían el análisis de los laboratorios virtuales en la educación logística. En el marco teórico, se exploran los Modelos de Enseñanza y Evaluación en Laboratorios Virtuales, centrándose en cómo estos modelos facilitan el aprendizaje práctico y la evaluación en entornos digitales. También se aborda la definición y funcionalidad de los laboratorios virtuales, explicando cómo pueden simular escenarios logísticos y mejorar la comprensión de conceptos complejos.

El marco conceptual profundiza en la integración de la tecnología en la educación logística, destacando las herramientas tecnológicas que permiten estas simulaciones. Además, se analiza cómo los laboratorios virtuales fomentan la innovación en la enseñanza de la logística, crucial para adaptar la formación a las demandas actuales del mercado.

En el marco sectorial, se pone énfasis en las competencias y habilidades prácticas en logística, necesarias para que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos de forma efectiva. Se integra la educación a distancia y su impacto en la formación práctica, mostrando cómo los laboratorios virtuales son una solución para superar las limitaciones del aprendizaje en línea.

Este mapa mental conecta todos estos elementos, proporcionando un enfoque integral para entender el impacto de los laboratorios virtuales en la educación logística.

Marco Contextual u Objeto Práctico

En este espacio se explorará el marco referencial de la investigación, estructurado para dar soporte teórico y práctico al diseño e implementación de laboratorios virtuales aplicados a la enseñanza de logística en la UNAD. A partir de los desafíos de la educación a distancia en disciplinas prácticas, se desarrollará un análisis del sector logístico, las características de la empresa objeto de estudio, las teorías relevantes en el campo, la conceptualización de términos

clave y una revisión del estado del arte, que destaca las mejores prácticas y avances tecnológicos en esta área. Estos apartados buscan proporcionar una base sólida para responder a la necesidad de cerrar la brecha entre la teoría y la práctica en la formación logística virtual.

Sector

El sector logístico global desempeña un papel absolutamente fundamental en la economía mundial, erigiéndose como el motor principal que orquesta el flujo eficiente y coordinado de bienes, servicios e información a través de cadenas de suministro intrincadas y cada vez más interconectadas. A medida que el comercio y la producción se expanden sin fronteras geográficas, trascendiendo las barreras nacionales y adoptando una escala verdaderamente global, las empresas dependen críticamente de sistemas logísticos altamente eficientes para asegurar la entrega puntual de productos, minimizar costos operativos, gestionar los niveles de inventario de manera óptima y, en última instancia, fortalecer su competitividad en mercados que evolucionan con una rapidez vertiginosa (Christopher, 2016; Ivanov et al., 2020; Farouk et al., 2024).

La logística, por lo tanto, no es una función auxiliar, sino un componente estratégico y esencial que abarca desde la gestión de inventarios y la planificación de la demanda hasta la optimización de rutas, el transporte multimodal y la distribución final, siendo indispensable para el funcionamiento eficaz de las empresas y, en consecuencia, para el dinamismo de la economía global.

Este sector se encuentra en un estado de constante y radical transformación, impulsado principalmente por la acelerada digitalización y la imparable globalización. En los últimos años, los avances tecnológicos han redefinido por completo la forma en que las empresas abordan la eficiencia, la transparencia y la resiliencia de sus operaciones logísticas. Herramientas analíticas

avanzadas como el Big Data permiten procesar volúmenes masivos de información para optimizar rutas, predecir demandas con mayor precisión, identificar patrones de consumo y gestionar inventarios de manera más inteligente (Ivanov et al., 2020). El Internet de las Cosas (IoT) facilita la trazabilidad en tiempo real de productos, activos y vehículos, mejorando drásticamente la visibilidad de la cadena de suministro y permitiendo una respuesta ágil ante cualquier eventualidad o desviación, siendo estos avances componentes clave en modelos logísticos innovadores. (Santos Pástor et al., 2023).

Complementando estas innovaciones, la automatización y la robótica están revolucionando las operaciones dentro de almacenes y centros de distribución, optimizando la manipulación de mercancías y reduciendo los tiempos de ciclo. La Inteligencia Artificial (IA), por su parte, impulsa la toma de decisiones predictivas y la optimización de procesos complejos, desde la planificación de la producción hasta la asignación de recursos y la gestión de riesgos (Pacheco-Velazquez et al., 2024; Steglich, 2021). Estas tecnologías, fundamentales para la materialización de la Industria 4.0 en el ámbito logístico, no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también generan nuevos modelos de negocio y exigen un perfil profesional altamente especializado (Wang et al., 2022). Lo cual se alinea con la visión propuesta por Santos Pástor et al. (2023) sobre el uso estratégico de herramientas tecnológicas en el rediseño de procesos logísticos.

La adopción de estas tecnologías emergentes ha puesto de manifiesto la imperiosa necesidad de contar con profesionales en logística que no solo dominen los conocimientos teóricos tradicionales, sino que también posean habilidades prácticas, analíticas y de adaptabilidad robustas para gestionar los procesos logísticos de manera efectiva en un entorno crecientemente digitalizado y automatizado (Holguín Anzules et al., 2024; Jasiński et al., 2019).

La formación académica de calidad, que integre estas nuevas capacidades y prepare a los estudiantes para interactuar con estas herramientas, se ha vuelto clave para enfrentar los desafíos que impone este entorno tan dinámico y competitivo.

El sector logístico actual es un ecosistema complejo y multifacético. No solo está compuesto por las tradicionales empresas de transporte y distribución, sino también por una creciente red de proveedores de servicios logísticos de terceros (3PL) y de cuartos (4PL), operadores de almacenes especializados, consultores de cadena de suministro y desarrolladores de tecnología de vanguardia. Esta diversidad de actores, interconectados y en constante colaboración, hace que la coordinación eficiente y la comunicación estratégica entre todas las partes sean esenciales para asegurar el funcionamiento óptimo de los procesos y el logro de los objetivos de la cadena de valor global (Ivanov et al., 2020). Por lo tanto, los profesionales de la logística deben cultivar una visión holística de todos los aspectos de la cadena de suministro y desarrollar la capacidad de gestionar las interacciones complejas entre los diferentes actores, sistemas y tecnologías.

Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos y el reconocimiento de su importancia estratégica, el sector logístico global y en particular en países como Colombia, enfrenta desafíos persistentes que limitan su pleno potencial. Las deficiencias en la infraestructura física, como la red vial, portuaria y aeroportuaria, siguen siendo un obstáculo para la fluidez y eficiencia de las cadenas de suministro. A esto se suma la necesidad de una mayor integración tecnológica que permita la interoperabilidad entre sistemas, la trazabilidad punta a punta y la gestión inteligente de la información a lo largo de toda la cadena de valor (Holguín Anzules et al., 2024). Estos retos estructurales no solo demandan inversión, sino también la capacitación de una fuerza

laboral que pueda navegar y solucionar problemas en este entorno complejo y en constante transformación.

Un desafío crítico es la creciente complejidad inherente a las cadenas de suministro modernas. A medida que las empresas expanden sus operaciones a nivel mundial, la gestión de la red logística se vuelve exponencialmente más intrincada, involucrando múltiples proveedores y clientes, diversos nodos de transporte, complejas regulaciones aduaneras y la necesidad de adaptarse a mercados de destino heterogéneos. Además, eventos disruptivos imprevistos, como la pandemia de COVID-19 o conflictos geopolíticos, han puesto de manifiesto la vulnerabilidad intrínseca de las estructuras logísticas tradicionales, catalizando una adopción aún más acelerada de tecnologías digitales para mejorar la resiliencia, la visibilidad y la capacidad de respuesta (Wang et al., 2022). Hoy en día, las empresas logísticas están obligadas a adaptarse rápidamente a estos cambios tecnológicos y a la volatilidad del mercado para mantener su competitividad y eficiencia operativa.

En este contexto de transformación y desafío, la educación en logística enfrenta retos significativos. Si bien las universidades tradicionalmente ofrecen una sólida formación teórica en los principios fundamentales de la logística, el desarrollo del componente práctico sigue siendo crucial para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades directamente aplicables en el mundo real (Herrera et al., 2020).

Históricamente, este aprendizaje práctico se realizaba mediante simulaciones en el aula, pasantías o visitas a empresas. No obstante, con el avance de las tecnologías digitales y la creciente necesidad de adaptarse a modalidades de enseñanza a distancia, la implementación efectiva de este tipo de prácticas se ha vuelto cada vez más difícil y costosa. Las empresas de hoy requieren profesionales con competencias prácticas consolidadas, capaces de tomar

decisiones informadas bajo presión y de gestionar de manera eficiente los complejos procesos logísticos impulsados por la tecnología, incluyendo la capacidad de interactuar con sistemas de información avanzados, plataformas de Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA), y soluciones basadas en Blockchain para la transparencia y seguridad de la cadena (Li et al., 2019; Santos Pástor et al., 2023)..

En este sentido, la investigación sobre laboratorios logísticos ha destacado su potencial para superar las limitaciones de las prácticas tradicionales. Así, Rizzi et al. (2012) analizan, en las actas de la conferencia ImViReLL 2012, el impacto de los laboratorios virtuales, remotos y reales en la formación logística, demostrando cómo estas herramientas permiten simular procesos complejos de la cadena de suministro en entornos controlados. Este enfoque no solo facilita el desarrollo de competencias prácticas esenciales para la Industria 4.0, sino que también ofrece una solución accesible y escalable para la educación a distancia, alineándose con las necesidades de formación de profesionales logísticos en un contexto global y digitalizado.

Por lo que, los laboratorios virtuales emergen como una solución innovadora y altamente eficaz para ofrecer esa experiencia práctica inmersiva en un entorno digital. Estos laboratorios permiten a los estudiantes simular una vasta gama de procesos logísticos y experimentar con ellos sin la necesidad de estar presentes en un entorno físico real. Así, los futuros logistas pueden practicar desde la gestión estratégica de inventarios hasta la minuciosa planificación de rutas o la compleja optimización de redes de transporte y distribución, todo dentro de un entorno controlado y accesible desde cualquier lugar (Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022; Singhal et al., 2024).

La posibilidad de simular estos procesos y escenarios no solo facilita el aprendizaje iterativo y el análisis de decisiones, sino que también brinda a los estudiantes la oportunidad

invaluable de experimentar situaciones complejas que serían difíciles, costosas o imposibles de replicar en un entorno físico, como cambios repentinos en la demanda del mercado, interrupciones inesperadas en la cadena de suministro global, o la implementación de nuevas tecnologías logísticas, incluyendo la interacción con gemelos digitales de sistemas logísticos (Terkaj et al., 2024; Wang et al., 2022).

La necesidad de laboratorios virtuales en el sector logístico surge precisamente debido a la complejidad inherente de sus procesos y a la vertiginosa evolución tecnológica que lo caracteriza. La logística abarca una amplia gama de actividades, todas las cuales requieren un conocimiento profundo y, crucialmente, habilidades prácticas que, de otro modo, serían extraordinariamente difíciles de adquirir solo mediante la enseñanza teórica tradicional. Los laboratorios virtuales ofrecen la posibilidad de superar las limitaciones de los métodos pedagógicos convencionales, permitiendo que los estudiantes interactúen con simulaciones de procesos logísticos de forma segura, repetible y accesible, lo que los prepara de manera integral para enfrentar los desafíos reales y multifacéticos del sector en la era digital (Shcherbakov y Silkina, 2021).

En síntesis, el sector logístico global está experimentando un cambio profundo y acelerado impulsado por la digitalización, la globalización y la incorporación de tecnologías disruptivas. La educación en logística debe adaptarse proactivamente a estos cambios para formar profesionales con las competencias adecuadas para gestionar las cadenas de suministro en un entorno dinámico, complejo y cada vez más interconectado. Los laboratorios virtuales son una herramienta clave y estratégica para proporcionar una formación práctica indispensable que prepare a los estudiantes para estos retos. Su implementación no solo eleva la calidad de la

formación logística, sino que asegura que los futuros profesionales estén óptimamente equipados para operar y liderar en un mundo digitalizado y globalizado.

Empresa

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) se ha consolidado como un referente ineludible en la educación superior en Colombia, marcando un hito en la formación de profesionales bajo la modalidad a distancia desde su creación en 1981 (Motta Artunduaga, 2020). Su misión fundacional fue disruptiva: ofrecer acceso a la educación superior a comunidades geográficamente dispersas y a personas con limitaciones de tiempo o recursos que les impedían asistir a clases presenciales, adaptándose a las realidades de un país con marcadas disparidades en infraestructura y conectividad. Este modelo pionero ha sido ampliamente reconocido por su capacidad para responder a las necesidades educativas en contextos diversos y desafiantes, consolidando a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) como líder en la educación a distancia y virtual en el ámbito nacional (Leal Afanador, 2021).

En el corazón de esta evolución, la implementación estratégica de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha sido un pilar fundamental para cumplir con el objetivo de la UNAD de garantizar una educación de alta calidad en entornos virtuales (Reid García et al., 2022). La universidad ha mantenido un compromiso constante con la modernización de sus plataformas educativas, buscando mejorar la conectividad y el acceso a contenidos digitales interactivos. Es en este marco donde la UNAD ha incursionado progresivamente en la integración de herramientas virtuales, incluyendo laboratorios y simuladores en diversos programas, con el fin de mitigar las limitaciones inherentes al aprendizaje puramente teórico en modalidades a distancia y ofrecer a los estudiantes experiencias prácticas esenciales para desarrollar competencias aplicables directamente en el ámbito laboral.

El crecimiento exponencial de la matrícula de la UNAD, que se disparó a más de 250.000 estudiantes en 2024, es un testimonio irrefutable de su éxito y alcance inclusivo (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2024). Este impresionante aumento en la cobertura ha planteado el desafío crítico de asegurar que la calidad de la formación no se vea comprometida. Para mantener los estándares de excelencia, la UNAD ha debido invertir continuamente en una mayor capacidad tecnológica y, crucialmente, en la integración de metodologías pedagógicas innovadoras que combinen el aprendizaje autónomo con experiencias interactivas y prácticas que simulen escenarios reales, maximizando la participación activa del estudiante en su propio proceso de aprendizaje.

Durante la pandemia de COVID-19 en 2020, el modelo de la UNAD demostró una resiliencia notable, lo que le permitió continuar sus operaciones sin interrupciones significativas, mientras que numerosas instituciones presenciales enfrentaron grandes dificultades para adaptarse a la nueva realidad. Este período puso de manifiesto la importancia estratégica de contar con una infraestructura tecnológica robusta, flexible y adaptable en el ámbito educativo virtual. Aunque los laboratorios virtuales ya formaban parte del ecosistema educativo de la UNAD en algunas disciplinas, la contingencia aceleró el reconocimiento de su valor, no solo como herramientas esenciales para la continuidad pedagógica en tiempos de crisis, sino también como un modelo de innovación educativa con un alto potencial de escalabilidad y replicación en otros programas y disciplinas (Reid García et al., 2022; García-Peñalvo et al., 2020).

La UNAD cuenta con una robusta y diversificada oferta académica directamente relacionada con el sector logístico y la cadena de suministro, preparando profesionales para los desafíos actuales y futuros de esta disciplina. Entre sus programas más relevantes, adscritos a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI), se encuentran la Tecnología en

Logística Industrial, la Ingeniería Industrial, que proporciona una base sólida en optimización de procesos y gestión de operaciones; la Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, que profundiza en la gestión estratégica de cadenas de suministro complejas; y la Maestría en Logística y Redes de Valor, orientada a la investigación y el desarrollo de soluciones avanzadas. Por su parte, la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN) ofrece la Tecnología en Gestión Industrial y la Tecnología en Gestión de Transporte, un programa técnico directamente enfocado en la gestión de la movilidad de bienes (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], s.f.).

Dentro de las mallas curriculares de estos programas, se encuentran cursos fundamentales para la formación logística como Diseño de Redes Logísticas, Gestión de Inventarios, Transporte y Distribución, Logística Internacional, y Planificación de la Cadena de Suministro, todos los cuales subrayan la necesidad crítica de componentes prácticos robustos para una formación integral que alinee a los egresados con las demandas de la Industria 4.0 (UNAD, s.f.).

La necesidad imperiosa de implementar laboratorios virtuales en la formación logística en la UNAD se fundamenta en la naturaleza eminentemente práctica de esta disciplina. Los estudiantes no solo requieren una sólida base teórica en los principios de la gestión de la cadena de suministro, sino también habilidades técnicas y operativas concretas para enfrentar escenarios reales en áreas como la gestión eficiente de inventarios, el diseño estratégico de rutas de distribución, el análisis detallado de cadenas de suministro complejas y la resolución ágil de problemas logísticos que surgen en el día a día de las operaciones (Herrera et al., 2020).

Sin estas herramientas prácticas, existe el riesgo de que los egresados carezcan de las competencias cruciales para integrarse exitosamente al dinámico sector empresarial logístico,

donde la adaptabilidad, el dominio de tecnologías emergentes y la capacidad de tomar decisiones informadas son esenciales (Ivanov et al., 2020; Wang et al., 2022).

Por lo tanto, la implementación estratégica de laboratorios virtuales en los programas de logística de la UNAD no es simplemente una respuesta pragmática a las necesidades actuales del sector educativo y a las demandas del mercado laboral, sino también un compromiso estratégico y a largo plazo de la universidad con la excelencia académica y la pertinencia profesional. Este enfoque innovador permite a la UNAD fortalecer su misión fundacional de inclusión y democratización del conocimiento, al tiempo que responde de manera efectiva a las crecientes demandas del sector logístico, asegurando que sus egresados no solo estén sólidamente formados en los principios teóricos, sino también plenamente capacitados para desempeñarse con eficacia y liderazgo en contextos profesionales dinámicos, tecnológicos y cada vez más competitivos.

Tabla 1

Características de la UNAD Relevantes para Laboratorios Virtuales en Logística

Característica de la UNAD	Descripción	Relevancia para laboratorios virtuales en logística	Autores relevantes
Modelo educativo	Educación a Distancia	Facilita la adopción de herramientas digitales avanzadas; los laboratorios virtuales son una extensión natural y necesaria de su metodología virtual para la formación práctica.	Motta Artunduaga (2020), Leal Afanador (2021)
Alcance y población	Presencia nacional, amplia cobertura geográfica. Gran número de estudiantes diversos y dispersos	La escalabilidad de los laboratorios virtuales es crucial para atender a una población masiva sin las limitaciones de capacidad física o geográfica.	UNAD (2024)

Característica de la UNAD	Descripción	Relevancia para laboratorios virtuales en logística	Autores relevantes
	(más de 250.000 estudiantes).		
Oferta académica	Amplia gama de programas en ECBTI (Ing. Industrial, Esp. y Maestría en Logística) y ECACEN (Tec. en Gestión de Transporte).	Estas disciplinas demandan componentes prácticos robustos; los laboratorios virtuales permiten simular escenarios complejos y desarrollar habilidades específicas y actualizadas en logística y cadena de suministro.	UNAD (s.f.)
Enfoque institucional	Misión centrada en la educación inclusiva y de calidad, democratización del conocimiento y desarrollo regional.	Los laboratorios virtuales promueven la equidad en el acceso a la formación práctica de alta calidad, alineándose con la misión social de la UNAD de acceso y pertinencia.	Motta Artunduaga (2020), Leal Afanador (2021)
Incursiones previas	Experiencia en el uso de simuladores y herramientas virtuales en algunas áreas; plataforma LMS consolidada.	La infraestructura y experiencia tecnológica existente de la UNAD proporciona una base sólida para la integración de plataformas de laboratorio virtual más avanzadas y especializadas en logística.	Reid García et al. (2022)
Desafío central	Brecha en el componente práctico en disciplinas de ingeniería y logística en modalidad virtual.	Los laboratorios virtuales ofrecen la solución más efectiva para cerrar esta brecha formativa, proporcionando experiencias prácticas realistas y controladas adaptadas a la virtualidad.	Herrera et al. (2020), Ivanov et al. (2020), Wang et al. (2022)

Nota. La tabla resume los aspectos institucionales y académicos de la UNAD que fundamentan la pertinencia de implementar laboratorios virtuales en programas de logística.

Descripción y Análisis: La Tabla 1, ofrece una visión estratégica fundamental al detallar cómo las características inherentes de la UNAD no solo justifican, sino que potencian la necesidad y viabilidad de implementar laboratorios virtuales en sus programas de logística. Su consolidado modelo de educación a distancia y su vasta cobertura nacional demandan soluciones altamente escalables y accesibles para la formación práctica, donde los laboratorios virtuales emergen como una extensión natural y necesaria de su metodología educativa (Leal Afanador, 2021).

El análisis resalta que la UNAD, con su misión de democratizar el conocimiento y su experiencia previa en herramientas virtuales, está singularmente posicionada para abordar la brecha en el componente práctico de disciplinas como la ingeniería y la logística (Herrera et al., 2020). En esencia, la adopción de estas herramientas innovadoras no solo solucionaría un desafío central en la formación virtual, sino que también reafirmaría el compromiso institucional con la equidad y la calidad educativa, capitalizando su infraestructura existente para ofrecer experiencias de aprendizaje prácticas y de vanguardia.

Marco Teórico u Objeto Teórico

La formación en logística dentro de la educación superior a distancia plantea retos sustanciales en cuanto al desarrollo de competencias prácticas. Si bien las plataformas virtuales han demostrado su eficacia en la transmisión de contenidos teóricos, persiste una brecha importante en lo que respecta a la formación experiencial. Esta situación adquiere mayor relevancia en programas como los ofrecidos por la UNAD, donde la virtualidad es el pilar de la modalidad educativa y, al mismo tiempo, un desafío para disciplinas de carácter técnico-operativo (Herrera et al., 2020; Leal Afanador, 2021).

En este contexto, los laboratorios virtuales de aprendizaje surgen como una solución innovadora, orientada a reproducir entornos simulados que permiten la adquisición de habilidades prácticas en escenarios controlados. Su implementación responde a una necesidad concreta: proporcionar a los estudiantes espacios donde puedan experimentar, tomar decisiones y observar las consecuencias de sus acciones sin requerir infraestructura física ni presencialidad directa (Infante Jiménez, 2014; Hernández-de-Menéndez et al., 2019).

A medida que los procesos logísticos se vuelven más complejos, dinámicos e interconectados, se hace indispensable que la formación académica incluya herramientas tecnológicas que simulen estas condiciones. En efecto, la logística moderna no puede entenderse sin considerar variables como la automatización, la trazabilidad, el análisis de datos y la sincronización en tiempo real. Por tanto, los programas formativos deben ofrecer mecanismos que preparen al estudiante para enfrentar estas exigencias de manera práctica y contextualizada (Zamora Musa, 2021).

Desde una perspectiva pedagógica, los laboratorios virtuales se fundamentan en enfoques constructivistas y activos del aprendizaje. Estos enfoques promueven la interacción del estudiante con el conocimiento a través de la experiencia, la resolución de problemas y la reflexión sobre la acción (Hernández-de-Menéndez et al., 2019). En ambientes virtuales, esta interacción se potencia mediante el uso de simulaciones, retroalimentación inmediata y la posibilidad de repetir escenarios múltiples veces (Pontes Pedrajas, 2022), como ocurre con los entornos Go-Lab que permiten explorar conceptos científicos mediante simulaciones guiadas (Torres-Payoma et al., 2022).

Asimismo, la incorporación de estos entornos simulados en la formación logística permite el desarrollo de habilidades como la toma de decisiones bajo presión, el análisis de

variables en tiempo real y la priorización de recursos limitados. Este tipo de competencias son fundamentales en contextos reales, donde los operadores logísticos enfrentan constantes desafíos de adaptación y respuesta rápida ante cambios del entorno (Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017).

Por otro lado, los laboratorios virtuales contribuyen al fortalecimiento de habilidades transversales como el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la gestión del tiempo. Muchos de los modelos actuales de simulación permiten el trabajo colaborativo en línea, reproduciendo escenarios donde los estudiantes deben coordinar funciones logísticas específicas, comunicarse de forma efectiva y tomar decisiones en conjunto (Santoyo Sanchez et al., 2021).

Además, su implementación en entornos virtuales permite superar limitaciones estructurales como la necesidad de espacios físicos, materiales de alto costo o supervisión presencial. Esto los convierte en una opción viable y sostenible, especialmente para instituciones con modelos de cobertura nacional y poblaciones estudiantiles diversas, como es el caso de la UNAD (Kharki et al., 2021).

El valor pedagógico de estas herramientas también se refleja en los procesos de evaluación. A través del seguimiento automatizado de las decisiones del estudiante, se puede analizar su desempeño en términos de eficiencia, calidad, costo y tiempo, lo que facilita una evaluación formativa y procesual. Este enfoque ofrece mayor profundidad que las evaluaciones tradicionales basadas únicamente en pruebas escritas (Tobarra et al., 2016; García-Peñalvo et al., 2020).

En el ámbito logístico, la simulación de procesos como el abastecimiento, almacenamiento, transporte y distribución permite observar de forma integrada la cadena de suministro. El estudiante no solo comprende los conceptos, sino que aprende a gestionar las

interrelaciones entre distintas funciones y a anticipar los efectos sistémicos de sus decisiones (Holguín Anzules et al., 2024; Jasiński et al., 2019).

De igual forma, estos entornos permiten replicar situaciones de incertidumbre y disrupción en la cadena de suministro, como variaciones abruptas en la demanda, fallas en la distribución o retrasos inesperados en la entrega. Estas complejidades, difíciles de abordar únicamente desde la teoría, son cada vez más comunes en un entorno global volátil e influenciado por las tecnologías de la Industria 4.0, que requieren cadenas más resilientes. La capacidad de preparar al estudiante para enfrentar y mitigar este tipo de eventos, a través de escenarios virtuales, es una ventaja significativa en el desarrollo de competencias profesionales reales (Wlodyka y Bober, 2021; Ivanov et al., 2020; Wang et al., 2022).

La flexibilidad que ofrecen los laboratorios virtuales también impacta positivamente en la motivación y autonomía del estudiante. Al poder acceder en cualquier momento, desde cualquier lugar, se adaptan al ritmo individual de aprendizaje y fomentan la autogestión del conocimiento, aspecto clave en la educación a distancia (Zhang y Liu, 2024; Bozkurt & Sharma, 2020; García Vélez et al., 2023).

En los últimos años, su uso ha sido documentado en diferentes experiencias de formación en ingeniería y gestión, donde se ha observado una mejora notable en el rendimiento académico, la retención de contenidos y la transferencia de aprendizajes a situaciones reales. Estos resultados validan la pertinencia de incorporar estos recursos en la enseñanza de la logística (Pan et al., 2023).

La literatura especializada también advierte que la efectividad de estas herramientas no depende únicamente de su disponibilidad tecnológica, sino del diseño instruccional que las acompaña. Para ser efectivos, los laboratorios virtuales deben estar alineados con los objetivos

de aprendizaje, tener guías claras de uso y articularse con el plan de estudios general del programa (Jasso et al., 2023).

Así, la implementación de laboratorios virtuales en los programas de logística no debe entenderse como una simple incorporación de tecnología, sino como una transformación metodológica que exige capacitación docente, adaptación curricular y evaluación continua de los resultados (Molano Bermúdez, 2024).

Esta transformación no solo mejora la calidad del proceso formativo, sino que también posiciona a la UNAD como una institución comprometida con la innovación educativa. La posibilidad de ofrecer una formación técnica práctica y pertinente en modalidad 100% virtual representa una ventaja competitiva tanto para la universidad como para sus egresados (Reid García et al., 2022).

En definitiva, los laboratorios virtuales de aprendizaje representan un recurso estratégico para fortalecer la enseñanza de la logística en educación a distancia. Su adecuada implementación permite cerrar la brecha entre teoría y práctica, formar profesionales competentes y responder de manera efectiva a las exigencias del entorno logístico global.

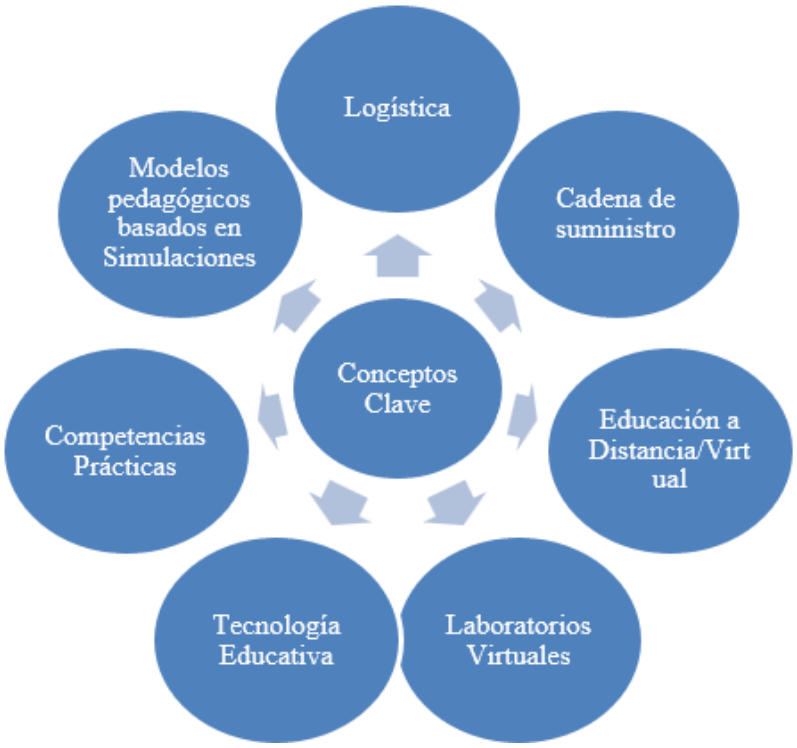
Conceptualización

La formación en logística dentro de la educación superior a distancia, especialmente en instituciones como la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), presenta retos intrínsecos al desarrollo de competencias prácticas. Si bien las plataformas virtuales demuestran gran eficacia en la transmisión de contenidos teóricos, persiste una brecha sustancial en la capacitación experiencial, indispensable para disciplinas técnico-operativas. Este desafío pedagógico demanda la integración de enfoques innovadores y tecnologías que permitan a los estudiantes adquirir habilidades aplicadas de manera efectiva.

En este contexto, la presente conceptualización se edifica sobre pilares fundamentales que sustentan la relevancia de los laboratorios virtuales de aprendizaje. Para comprender su impacto, es preciso abordar la logística y la gestión de la cadena de suministro, la educación a distancia y virtual, el papel de la tecnología educativa, el desarrollo de competencias y habilidades prácticas, y la aplicación de modelos pedagógicos basados en simulaciones. Estos conceptos se entrelazan para trazar una visión integral de cómo estas herramientas pueden transformar la enseñanza de la logística (Ver Figura 2).

Figura 2

Conceptos Clave de Logística en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje



Nota. El diagrama presenta los conceptos fundamentales de logística y cadena de suministro, y su aplicación en laboratorios virtuales para la educación.

Descripción y Análisis: La logística, como disciplina esencial en la gestión de bienes y servicios, se define ampliamente como la planificación, implementación y control eficiente de todas las actividades involucradas en el flujo de materiales e información, desde el punto de origen hasta el consumidor final. Según Bowersox et al. (2019), este proceso busca satisfacer la demanda de manera eficaz, garantizando que los productos estén disponibles en el lugar y momento adecuados. En el ámbito educativo, esta definición se amplía para incluir tanto los aspectos teóricos como prácticos que los estudiantes deben dominar.

Por consiguiente, la importancia de la logística en la formación de futuros profesionales no solo radica en comprender la teoría de la gestión de recursos, sino en la capacidad de aplicar esos conocimientos en un entorno dinámico y globalizado. Aquí es donde los laboratorios virtuales cobran una relevancia crítica, pues ofrecen un espacio controlado donde los estudiantes pueden simular procesos logísticos complejos y adquirir experiencia práctica, preparándolos para desafíos del mundo real (Jasiński et al., 2019; Rodríguez-García et al., 2024).

Adicionalmente, la cadena de suministro (Supply Chain Management, SCM) se refiere al sistema integral que gestiona todas las actividades interconectadas en el flujo de bienes y servicios, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final. Este concepto incluye etapas como la fabricación, el almacenamiento, la distribución y la coordinación estratégica entre proveedores y clientes (Chopra, 2019). Comprender la cadena de suministro en la educación logística implica no solo conocer las funciones de cada etapa, sino también entender cómo se interrelacionan estos procesos en un entorno globalizado y en constante evolución.

Así mismo, la educación logística debe preparar a los estudiantes para gestionar estas actividades de forma integral, considerando no solo la eficiencia operativa, sino también el

impacto de factores externos, como el cambio tecnológico, la sostenibilidad o las fluctuaciones en la demanda global. En este sentido, los laboratorios virtuales permiten a los estudiantes explorar y simular diferentes escenarios dentro de la cadena de suministro, mejorando significativamente su capacidad de toma de decisiones y adaptabilidad ante contextos complejos (Ivanov et al., 2020; Wang et al., 2022).

Tabla 2

Comparativa de la Formación Logística Tradicional con Laboratorios Virtuales

Aspecto	Formación logística tradicional	Formación con laboratorios virtuales	Autores relevantes
Acceso a la práctica	Limitado por la necesidad de infraestructura física, equipos costosos y presencialidad obligatoria, restringiendo oportunidades.	Acceso 24/7 desde cualquier ubicación con conexión a internet, democratizando y ampliando las oportunidades de práctica.	(Arce et al., 2022; De la Torre et al., 2015; Leal Afanador, 2021)
Costo y escalabilidad	Implica altos costos de inversión en infraestructura, equipos y mantenimiento, lo que limita su escalabilidad a grandes grupos de estudiantes.	Reduce significativamente los costos de infraestructura y equipos, permitiendo una alta escalabilidad y replicabilidad de experiencias.	(Aguirre Cabrera et al., 2011; Molano Bermúdez, 2024; Hernández Muñoz et al., 2022; Farouk et al., 2024)
Entorno de experimentación	Conlleva riesgos de errores costosos o peligrosos en entornos reales, lo que restringe la experimentación a situaciones seguras y predecibles.	Ofrece un entorno seguro y controlado que permite la experimentación, la simulación de errores y el aprendizaje iterativo sin consecuencias.	(Benito-Fuentes et al., 2024; Jasso et al., 2023)
Retroalimentación	Frecuentemente demorada, menos detallada o limitada a la observación directa del instructor, dificultando la mejora continua rápida.	Proporciona retroalimentación inmediata, detallada y automatizada sobre el desempeño, lo que facilita el aprendizaje	(García Vélez et al., 2023; Hakeemah, 2022)

Aspecto	Formación logística tradicional	Formación con laboratorios virtuales	Autores relevantes
		reflexivo y la corrección instantánea.	
Integración tecnológica	Generalmente baja o manual, con exposición limitada de los estudiantes a herramientas tecnológicas modernas utilizadas en la industria.	Alta exposición a tecnologías de la Industria 4.0, como inteligencia artificial, Big Data, gemelos digitales e Internet de las Cosas (IoT), Realidad Virtual y Aumentada.	(Baryannis et al., 2019; Chen et al., 2024; Steglich, 2021; Wang et al., 2022; Wong y Lee, 2024)
Desarrollo de competencias	Predominio en el desarrollo de habilidades teóricas; limitado en la toma de decisiones bajo presión y resolución de problemas en tiempo real.	Fomenta el desarrollo de habilidades prácticas, la toma de decisiones estratégicas bajo presión y la resolución de problemas complejos.	(Ivanov et al., 2020; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017; Pang y Chen, 2022; Rodríguez-García et al., 2024)
Flexibilidad y autonomía	Sujeta a horarios fijos y una menor adaptabilidad al ritmo individual del estudiante, lo que puede limitar la autogestión del aprendizaje.	Permite el aprendizaje a ritmo propio, acceso en cualquier momento, fomentando la autogestión, la motivación y la autonomía del estudiante.	(García Aretio, 2020; Zhang y Liu, 2024)
Colaboración	Limitada a interacciones físicas en el aula o la organización presencial de actividades, lo que puede ser complejo de gestionar para grandes grupos.	Facilita el trabajo en equipo y la coordinación de funciones logísticas específicas en entornos simulados en línea, promoviendo habilidades de comunicación.	(Mourtzis y Angelopoulos, 2023; Santoyo Sanchez et al., 2021)

Nota. La tabla muestra las principales diferencias entre la formación logística convencional y la que incorpora laboratorios virtuales, señalando ventajas, limitaciones y referentes académicos

Descripción y Análisis: En consecuencia, la Tabla 2 demuestra que los laboratorios virtuales representan herramientas pedagógicas fundamentales que posibilitan la interacción de los estudiantes con simulaciones de procesos logísticos. Estas plataformas digitales replican escenarios reales y ofrecen la posibilidad de realizar prácticas de manera segura y controlada, facilitando la adquisición de habilidades sin los riesgos y costos asociados con los entornos físicos (Pang y Chen, 2022). Tales simulaciones no solo permiten experimentar con conceptos teóricos, sino que brindan la oportunidad de enfrentarse a situaciones inesperadas y complejas, esenciales para desarrollar habilidades de resolución de problemas en contextos dinámicos (Holguín Anzules et al., 2024; May, 2021).

Por otro lado, la educación a distancia y virtual ha ganado un terreno significativo como un modelo flexible que permite a los estudiantes acceder a contenidos educativos desde cualquier lugar y en cualquier momento. Este enfoque ofrece numerosas ventajas, destacando su adaptabilidad a las necesidades de estudiantes que, por diversas razones, no pueden asistir a clases presenciales (Bozkurt y Sharma, 2020). En el contexto de instituciones como la UNAD, esta modalidad es una solución clave para democratizar el acceso a la educación superior en áreas geográficas o económicas con recursos limitados.

El aprendizaje virtual, como componente integral de este modelo, se apoya en plataformas tecnológicas que facilitan la interacción con contenidos educativos, herramientas colaborativas y simulaciones interactivas. Específicamente en el campo de la logística, el aprendizaje virtual permite a los estudiantes participar en actividades prácticas y resolver problemas logísticos a través de escenarios simulados que replican las condiciones del mercado global, asegurando una inmersión profunda en las dinámicas operativas de la industria (Alvarez Alvarez y Cabrera Ramos, 2020; Kharki et al., 2021).

Consecuentemente, la tecnología educativa, que abarca el uso de herramientas digitales y plataformas en línea, juega un papel crucial en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En la formación de estudiantes de logística, el uso de tecnologías emergentes como simuladores, sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y sistemas de gestión del transporte (TMS) se vuelve indispensable (Steglich, 2021). Estas herramientas permiten a los estudiantes experimentar de manera práctica las dinámicas de la cadena de suministro moderna, integrando teoría y práctica en tiempo real, lo que también coincide con estudios que promueven la integración de tecnologías emergentes para una gestión más eficiente del transporte y la logística (Santos Pástor et al., 2023)

Además, el uso de plataformas digitales en la educación logística no solo proporciona acceso a simulaciones avanzadas, sino que también facilita la interacción entre los estudiantes, creando un entorno de aprendizaje colaborativo esencial. Este ambiente reproduce escenarios donde los estudiantes deben coordinar funciones logísticas específicas, comunicarse de forma efectiva y tomar decisiones en conjunto, fortaleciendo así habilidades interpersonales y de equipo (Mourtzis y Angelopoulos, 2023; Santoyo Sanchez et al., 2021).

Es importante señalar que los laboratorios virtuales ofrecen una significativa rentabilidad y escalabilidad en la educación superior. Al eliminar la necesidad de infraestructuras físicas costosas y el mantenimiento de equipos de laboratorio complejos, se reduce la inversión inicial y operativa. Esto permite que más estudiantes accedan a experiencias prácticas de alta calidad, democratizando el aprendizaje en disciplinas técnicas y ampliando la cobertura educativa sin comprometer la calidad de la formación (Aguirre Cabrera et al., 2011; Arce et al., 2022; De la Torre et al., 2015).

Asimismo, la integración de tecnologías avanzadas como los gemelos digitales (Digital Twins) y la inteligencia artificial (IA) dentro de los laboratorios virtuales de logística, es una tendencia creciente. Estas tecnologías permiten crear réplicas virtuales dinámicas de sistemas logísticos reales, ofreciendo a los estudiantes escenarios de simulación altamente precisos y predictivos. Esta interacción con herramientas de vanguardia los prepara para operar en cadenas de suministro inteligentes y tecnológicamente transformadas (Baryannis et al., 2020; Chen et al., 2024; Wang et al., 2022; Wong y Lee, 2024).

En este sentido, es fundamental desarrollar competencias y habilidades prácticas que permitan a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales y resolver problemas complejos. Las competencias más relevantes en logística incluyen la capacidad para tomar decisiones informadas, resolver problemas de manera creativa, gestionar eficientemente la información y analizar grandes volúmenes de datos, esenciales para un desempeño profesional óptimo en un mercado competitivo (Ivanov et al., 2020; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017).

Finalmente, los modelos pedagógicos basados en simulaciones se consolidan como una estrategia didáctica eficaz que favorece el aprendizaje activo y el aprendizaje basado en proyectos. Estos modelos permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos en escenarios prácticos, donde deben tomar decisiones, analizar resultados y resolver problemas en tiempo real. En la logística, el uso de simulaciones en laboratorios virtuales permite que los estudiantes se enfrenten a situaciones dinámicas y cambiantes, fomentando el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y trabajo en equipo (Pan et al., 2023; Wang, 2019).

En definitiva, la integración de laboratorios virtuales en la enseñanza de la logística permite ofrecer una formación más completa y práctica, que va más allá de los enfoques tradicionales. Al proporcionar un entorno controlado y seguro donde los estudiantes pueden

interactuar con simulaciones de procesos logísticos, los laboratorios virtuales facilitan el desarrollo de competencias clave, mejorando la capacidad de los estudiantes para enfrentar los desafíos de un mercado globalizado. Además, el uso de tecnologías emergentes, la adaptación de modelos pedagógicos y el fomento del aprendizaje activo a través de simulaciones aseguran que los estudiantes estén mejor preparados para el mundo laboral.

Estado del Arte

El presente estado del arte constituye un pilar fundamental de esta monografía, cuyo propósito es analizar y sistematizar la información existente sobre la implementación de laboratorios virtuales en los cursos de Logística y *Supply Chain Management* en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Esta revisión responde a los objetivos específicos de identificar tendencias metodológicas, tecnológicas y pedagógicas, detectar vacíos en la literatura, y proponer un modelo de laboratorio virtual adaptado al contexto de la UNAD, alineado con la Industria 4.0. A partir de un análisis documental riguroso, se examina cómo estas herramientas potencian el tránsito desde la teoría hacia la práctica, al facilitar entornos simulados donde los estudiantes desarrollan competencias logísticas mediante la experimentación y resolución de problemas complejos propios de la cadena de suministro. Por lo tanto, la revisión no se limita a recopilar antecedentes, sino que mapea críticamente el campo académico, identificando convergencias, contrastes y oportunidades de innovación aplicables a la educación a distancia.

Enfoque Metodológico para la Construcción del Estado del Arte. La elaboración de este estado del arte se fundamenta en una metodología de análisis documental que combina enfoques heurístico y hermenéutico para garantizar una revisión sistemática y profunda. El enfoque heurístico, basado en la exploración estructurada, permitió descubrir patrones, tendencias y desarrollos clave en la literatura, mientras que el enfoque hermenéutico, centrado en

la interpretación contextual, facilitó desentrañar las implicaciones pedagógicas y tecnológicas de los estudios, enriqueciendo el análisis cualitativo. Esta combinación aseguró no solo la exhaustividad en la recopilación de fuentes, sino también una comprensión profunda de sus significados y relaciones, alineándose con los objetivos de la monografía.

El proceso metodológico se estructuró en varias etapas, detalladas en la Sección de, "Metodología de la Investigación", específicamente en las subsecciones "Tipos de Investigación" y "Estrategia de Búsqueda y Selección de Información". Inicialmente, se definió el alcance temático, centrado en entornos virtuales de aprendizaje, como laboratorios virtuales, simuladores, realidad aumentada, realidad virtual, gemelos digitales, entre otros, aplicados al desarrollo de competencias logísticas en educación a distancia. Esta delimitación respondió a la necesidad de comprender cómo estas tecnologías median el aprendizaje en programas de logística, particularmente en el modelo pedagógico de la UNAD, que prioriza el acceso digital y la flexibilidad.

Para guiar la búsqueda, se establecieron términos clave en español e inglés, como "laboratorio virtual", "simulador", "logística", "cadena de suministro" y "educación a distancia". Estos términos se combinaron mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT) para generar cadenas de búsqueda precisas, como "virtual lab AND logistics AND education" en Scopus, o "laboratorios virtuales AND logística" en Redalyc. Las cadenas, detalladas en la Tabla 5, permitieron abarcar múltiples dimensiones del objeto de estudio, asegurando la inclusión de estudios relevantes tanto en contextos globales como latinoamericanos.

Se definieron criterios de inclusión y exclusión estrictos para garantizar la pertinencia de las fuentes. Se incluyeron publicaciones desde 2014, en español o inglés, enfocadas en educación superior, con resultados pedagógicos reportados, y relacionadas con laboratorios virtuales o

tecnologías 4.0 aplicadas a la logística. Se excluyeron estudios sin relevancia temática, sin metodología clara, o fuera del período establecido. Estos criterios aseguraron que las fuentes seleccionadas aportaran valor al análisis, alineándose con los objetivos de identificar tendencias y vacíos aplicables a la UNAD.

La búsqueda se realizó en bases de datos académicas reconocidas: Scopus, Web of Science, Redalyc, el repositorio institucional de la UNAD y eBooks 7-24. La selección de estas bases obedeció a su prestigio en educación y tecnologías educativas, garantizando acceso a literatura actualizada y especializada. Por ejemplo, Scopus y Web of Science proporcionaron acceso a artículos indexados de alto impacto, mientras que Redalyc y el repositorio UNAD enriquecieron el análisis con estudios latinoamericanos y locales. Con 65 publicaciones provenientes de Scopus y Web of Science, y 7 del repositorio UNAD, reflejando un aumento en la producción académica entre 2019 y 2023.

El proceso de selección incluyó un cribado en tres etapas: revisión de títulos, resúmenes y textos completos. Se seleccionaron 80 referencias que cumplían los criterios de inclusión. Esta selección rigurosa aseguró que las fuentes fueran representativas de las tendencias actuales en laboratorios virtuales y logística, con un enfoque particular en su aplicación en educación a distancia. La distribución geográfica de las publicaciones, que incluye países como Brasil, México, España, Colombia, Estados Unidos y otros, permitió comparar modelos pedagógicos y tecnológicos en contextos diversos.

La inclusión de estudios no directamente relacionados con la logística se justificó por su pertinencia pedagógica y tecnológica. De las 80 referencias seleccionadas, no todas abordaban específicamente la enseñanza de la logística, pero compartían enfoques transferibles, como el uso de tecnologías inmersivas y simuladores avanzados, que resultaron relevantes para el contexto de

la UNAD. Esta convergencia temática permitió ampliar el marco de análisis, integrando experiencias valiosas adaptables al modelo de educación a distancia y a los principios de la Industria 4.0.

La extracción de datos se realizó mediante instrumentos estandarizados, como la Tabla de Revisión Analítica Especializada (TRAE) y matrices de análisis comparativo. Estas herramientas facilitaron la organización sistemática de información clave, como problemas abordados, hallazgos, variables, soluciones propuestas y relevancia para la logística. Los datos se clasificaron según tipologías de laboratorios (simuladores, entornos 3D, realidad aumentada, entre otros), enfoques pedagógicos (constructivista, aprendizaje basado en retos), competencias logísticas (gestión de inventarios, planificación de rutas, entre otras) y tecnologías aplicadas (gemelos digitales, RV).

La codificación temática se basó en un enfoque mixto, combinando categorías predefinidas y emergentes. Las categorías predefinidas se derivaron de los objetivos específicos de la monografía, mientras que las emergentes surgieron del análisis inductivo de las fuentes. Por ejemplo, se identificaron patrones en el uso de simuladores para la gestión de cadenas de suministro y en la adopción de enfoques constructivistas para fomentar el aprendizaje activo. Este proceso permitió mapear las tendencias pedagógicas y tecnológicas, destacando la contribución de autores latinoamericanos al contexto regional.

El análisis de los estudios internacionales se enfocó en identificar modelos consolidados de laboratorios virtuales. Estos estudios, provenientes de una diversidad de países, incluyendo naciones latinoamericanas como México y Brasil, así como europeas y norteamericanas como España, Estados Unidos, Alemania, y otras de la amplia cobertura geográfica de la investigación, destacaron por el uso de plataformas de simulación logística, entornos tridimensionales,

metodologías de aprendizaje colaborativo y la integración de inteligencia artificial para personalizar el aprendizaje. Este análisis permitió identificar modelos pedagógicos activos y mecanismos de evaluación basados en desempeño, que son transferibles al contexto de la UNAD y alineados con un mercado globalizado.

En el ámbito nacional, los estudios se centraron en Colombia, analizando la pertinencia de los laboratorios virtuales para superar barreras estructurales, como las brechas de conectividad y limitaciones de infraestructura, en entornos educativos virtuales. Las investigaciones locales, particularmente las vinculadas a la UNAD, evidenciaron cómo estas herramientas complementan eficazmente la formación en logística, siempre que se combinen con estrategias pedagógicas sólidas y condiciones institucionales sostenibles.

El análisis se estructuró en cuatro niveles: epistemológico, teórico, metodológico y técnico. El nivel epistemológico examinó los enfoques predominantes en la investigación sobre laboratorios virtuales; el teórico analizó marcos conceptuales; el metodológico revisó técnicas de recolección y análisis; y el técnico evaluó la operacionalización de categorías y resultados. Este enfoque multinivel aseguró una interpretación crítica, identificando convergencias (e.j, aumento de simuladores en logística) y vacíos (e.j., escasa evaluación del impacto pedagógico).

Para garantizar la calidad del análisis, se aplicaron criterios de validez y confiabilidad. La triangulación de datos, mediante la comparación de fuentes de diferentes bases y contextos, permitió validar los hallazgos, mientras que el uso de instrumentos estandarizados (TRAE, matrices) aseguró la consistencia en la extracción y organización de la información. Este proceso riguroso fortaleció la credibilidad de la revisión, alineándose con los estándares académicos de la UNAD.

Los hallazgos preliminares revelaron una tendencia hacia el uso de laboratorios virtuales como herramientas de innovación en la enseñanza de la logística, especialmente en contextos no presenciales. Sin embargo, se detectaron vacíos significativos, como la limitada sistematización de experiencias nacionales y la falta de estudios que evalúen el impacto pedagógico a largo plazo. Estos vacíos, que serán explorados en la subsección "Desafíos y Consideraciones", orientan las recomendaciones para el diseño de un laboratorio virtual en la UNAD.

Por lo que, esta metodología permitió no solo inventariar la producción académica, sino también generar una comprensión crítica de las tendencias y desafíos en la implementación de laboratorios virtuales, aportando una base sólida para los objetivos de la monografía y las propuestas de innovación educativa en la UNAD.

Internacionales. La transformación de la educación superior a nivel global, impulsada por avances tecnológicos y la creciente demanda de flexibilidad, ha redefinido las metodologías de enseñanza. En este contexto, la incorporación de simulaciones virtuales ha cobrado una importancia capital, especialmente en áreas de conocimiento que requieren una sólida base práctica, como la logística y la gestión de la cadena de suministro. Este enfoque permite a los estudiantes no solo enriquecer su comprensión teórica, sino también practicar habilidades cruciales en un entorno seguro y controlado (Schlüter y Kretschmer, 2020).

En el ámbito internacional, Pang y Chen (2022) subrayan cómo el uso de laboratorios virtuales en la educación superior facilita la simulación de escenarios logísticos complejos. Esto incluye la gestión de inventarios, la planificación de rutas y la optimización de recursos, elementos fundamentales para la eficiencia operativa. De manera similar, Wang (2019) y Rodríguez-García et al. (2024) destacan que estas simulaciones proporcionan un espacio controlado donde los estudiantes pueden tomar decisiones informadas, experimentar con

procesos logísticos y mejorar sus capacidades en la resolución de problemas en situaciones que emulan la realidad profesional.

Adicionalmente, este enfoque sobre las simulaciones virtuales en la educación logística se ve fuertemente respaldado por estudios que resaltan el papel de la tecnología emergente en el fomento del aprendizaje activo. Por ejemplo, Steglich (2021) y Teräs et al. (2016) demuestran cómo los simuladores avanzados, integrados en plataformas virtuales, están revolucionando la educación en logística al mejorar no solo la comprensión de los conceptos teóricos, sino también al preparar eficazmente a los estudiantes para enfrentar los desafíos prácticos del sector a través de la inmersión.

Particularmente, la capacidad de replicar desafíos del mundo real en entornos simulados es un punto de gran valor. Wlodyka y Bober (2021), en su investigación, destacan que los laboratorios virtuales permiten crear escenarios que emulan la coordinación entre distintos actores de la cadena de suministro, la toma de decisiones estratégicas bajo presión y la adaptación a cambios inesperados en la demanda o la oferta. Este enfoque es fundamental para preparar a los estudiantes para un mercado laboral dinámico y globalizado, donde la capacidad para tomar decisiones rápidas y acertadas es crucial (Jasiński et al., 2019).

En esta misma línea, Rizzi et al. (2012) destacan el impacto transformador de los laboratorios virtuales y remotos en la educación logística, al permitir la simulación de procesos complejos de la cadena de suministro en entornos controlados. Su estudio, presentado en la conferencia ImViReLL 2012, compara los laboratorios virtuales, remotos y reales, subrayando la escalabilidad y accesibilidad de los primeros como una solución idónea para la educación a distancia. Este enfoque resulta particularmente relevante para instituciones como la UNAD,

donde la inclusión y la cobertura masiva son prioritarias, alineándose con las demandas de la Industria 4.0 y la necesidad de formar profesionales competentes en un mercado globalizado.

Continuando con esta línea de investigación sobre simuladores y laboratorios virtuales, Pontes Pedrajas (2022), profundiza en cómo estas herramientas favorecen el aprendizaje activo, un aspecto clave en la educación a distancia y virtual. Hacen especial énfasis en que, en el contexto de la educación remota, las simulaciones son una herramienta indispensable para asegurar que los estudiantes adquieran competencias prácticas en la gestión de la cadena de suministro, superando las limitaciones inherentes a la no presencialidad (García Aretio, 2020).

Según su estudio, Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel (2017) argumentan que los laboratorios virtuales no solo permiten la reproducción de escenarios logísticos complejos, sino que también favorecen la toma de decisiones de manera autónoma, incentivando el aprendizaje basado en la experiencia y la resolución de problemas. Esta metodología es crucial para formar profesionales altamente competentes, capaces de gestionar operaciones logísticas en un entorno empresarial real y desafiante, contribuyendo significativamente a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica en la educación superior.

Además, la integración de la Industria 4.0 en los laboratorios virtuales ha sido un tema central en la literatura internacional. Baryannis et al. (2020) y Chen et al. (2024), entre otros, demuestran que la simulación de sistemas con tecnologías como el Big Data, la inteligencia artificial y los gemelos digitales permite a los estudiantes interactuar con escenarios logísticos avanzados. Esto los prepara para operar en entornos altamente tecnificados, fortaleciendo sus habilidades en análisis de datos y optimización de procesos en tiempo real (Shcherbakov y Silkina, 2021).

Diversos estudios de caso a nivel global han documentado el impacto positivo de los laboratorios virtuales en el rendimiento académico y la transferencia de aprendizajes. Por ejemplo, Pan et al. (2023) y Teräs et al. (2016) han demostrado que la implementación de estas herramientas mejora notablemente la retención de contenidos y la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos en situaciones reales. Estos hallazgos validan su pertinencia en la enseñanza de la logística y otras ingenierías, mostrando su eficacia pedagógica.

Finalmente, la literatura especializada internacional también advierte que la efectividad de estas herramientas no depende únicamente de su disponibilidad tecnológica, sino de un diseño instruccional robusto y una articulación clara con los objetivos de aprendizaje. Jasso et al. (2023), Tobarra et al. (2016) y Espinoza Bravo et al. (2024), entre otros, enfatizan que para que sean efectivos, los laboratorios virtuales deben estar alineados con el plan de estudios general del programa y contar con guías claras de uso, asegurando que la tecnología potencie una pedagogía intencionada y no sea solo un accesorio.

Locales. Ahora bien, en el contexto local, diversos estudios han puesto énfasis en cómo los laboratorios virtuales se están implementando en universidades y centros educativos de Colombia, adaptando esta metodología a las necesidades regionales. Este panorama refleja un esfuerzo por modernizar la educación superior y alinearla con las exigencias del sector productivo, especialmente en disciplinas que demandan una fuerte componente práctica para la formación de profesionales competentes (Leal Afanador, 2021).

En particular, la investigación de Herrera et al. (2020) es pionera al abordar la importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior colombiana. Su estudio subraya cómo estas herramientas son esenciales para complementar la formación académica, permitiendo a los estudiantes interactuar con equipos y procesos de manera virtual, lo

cual es fundamental para superar las barreras de acceso a laboratorios físicos en un país con diversas realidades geográficas y económicas.

Siguiendo esta línea, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) ha sido un actor clave en la exploración de estas metodologías innovadoras. Motta Artunduaga (2020) y Alvarez Alvarez y Cabrera Ramos (2020), por ejemplo, exploran cómo la UNAD ha buscado integrar entornos virtuales para fortalecer el aprendizaje, especialmente en programas con un marcado carácter técnico-operativo como la logística, resaltando la necesidad de desarrollar experiencias que trasciendan lo puramente teórico en un modelo 100% virtual.

Profundizando en las aplicaciones específicas, García Vélez et al. (2023) han documentado la implementación y los resultados de laboratorios virtuales en el desarrollo de habilidades logísticas en el contexto colombiano. Sus hallazgos indican que estas herramientas son cruciales para permitir a los estudiantes simular procesos de cadena de suministro y gestión de almacenes, adquiriendo experiencia práctica esencial antes de enfrentar el mercado laboral real, lo cual se alinea con las demandas de la industria local.

Asimismo, Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel (2017), en su análisis sobre la formación logística en Colombia, destacan la importancia de desarrollar competencias específicas para el sector. Argumentan que los laboratorios virtuales ofrecen una solución pertinente para que los futuros profesionales adquieran habilidades en toma de decisiones, análisis de riesgos y optimización de recursos, capacidades cruciales para la gestión eficiente de las cadenas de suministro en un entorno con desafíos geográficos y de infraestructura inherentes al país.

Desde una perspectiva de la adaptación metodológica, Molano Bermúdez (2024) aborda la transformación curricular y pedagógica que la UNAD ha emprendido para integrar eficazmente los laboratorios virtuales en sus programas. Su estudio resalta que esta no es solo

una incorporación tecnológica, sino una reestructuración de la didáctica que exige capacitación docente y un replanteamiento de las estrategias de evaluación para asegurar un aprendizaje significativo y aplicado en el contexto colombiano.

De manera similar, Santoyo Sanchez et al. (2021) han investigado cómo los entornos virtuales colaborativos, facilitados por la tecnología, promueven el trabajo en equipo y la comunicación efectiva en la formación logística en Colombia. Subrayan que la simulación de escenarios donde múltiples estudiantes deben coordinar roles y tomar decisiones conjuntas es fundamental para replicar la complejidad de las operaciones logísticas reales, preparando profesionales con habilidades transversales altamente valoradas en el mercado local.

En lo concerniente al impacto en el perfil profesional y la empleabilidad, Reid García et al. (2022) discuten cómo la educación a distancia de alta calidad, potenciada por recursos como los laboratorios virtuales, contribuye a la movilidad social de los egresados de la UNAD. Argumentan que la capacidad de ofrecer una formación práctica y pertinente, incluso en modalidad virtual, mejora la competitividad de los profesionales en el mercado laboral colombiano, donde la experiencia aplicada es un diferenciador clave.

Pacheco-Velazquez (2022) y Pacheco-Velazquez et al. (2024), por su parte, han analizado el diseño y la implementación de ambientes virtuales de aprendizaje en la UNAD para la formación en logística. Sus trabajos enfatizan la necesidad de que estos ambientes sean intuitivos y brinden experiencias inmersivas que simulen con precisión las complejidades del sector, asegurando que los estudiantes desarrollen un pensamiento crítico y una capacidad de respuesta rápida ante los escenarios operativos locales.

Adicionalmente, la infraestructura tecnológica y la conectividad en las diversas regiones de Colombia representan tanto un reto como una oportunidad para la implementación de

laboratorios virtuales. Vásquez Bernal y González Silva (2021), aunque centrados en operaciones básicas, indirectamente señalan la importancia de herramientas que puedan adaptarse a las realidades de pequeñas y medianas empresas en Latinoamérica, lo cual es vital para la aplicabilidad de los laboratorios virtuales en diferentes contextos productivos del país.

Finalmente, Zamora Musa (2021), al abordar los desafíos de la logística moderna en Colombia, refuerza la necesidad de que los programas académicos preparen a los estudiantes para variables como la automatización, la trazabilidad y la sincronización en tiempo real. Esto valida la pertinencia de los laboratorios virtuales como herramientas indispensables que simulan estas condiciones, permitiendo a los futuros profesionales colombianos enfrentar las exigencias y complejidades de un entorno logístico que evoluciona rápidamente a nivel local y global.

Tabla 3

Estado del Arte Sobre Laboratorios Virtuales en Educación Logística

Autor(es) (año)	Contexto	Enfoque principal / aporte clave	Área de logística / competencia abordada	Hallazgos relevantes / conclusiones
Schlüter y Kretschmer (2020)	Internacional	Transformación de la educación superior por simulaciones virtuales.	General, impacto pedagógico.	Enriquecen la comprensión teórica y permiten práctica segura de habilidades cruciales.
Pang y Chen (2022); Wang (2019); Rodríguez-García et al. (2024)	Internacional	Uso de laboratorios virtuales para simular escenarios logísticos complejos.	Gestión de inventarios, planificación de rutas, optimización de recursos.	Ofrecen espacio para decisiones informadas y mejora en resolución de problemas complejos.
Steglich (2021); Teräs et al. (2016)	Internacional	Rol de la tecnología emergente (simuladores)	General, comprensión teórica,	Revolucionan la educación al mejorar comprensión y

Autor(es) (año)	Contexto	Enfoque principal / aporte clave	Área de logística / competencia abordada	Hallazgos relevantes / conclusiones
		en el aprendizaje activo en logística.	preparación práctica.	preparar para desafíos prácticos.
Wlodyka y Bober (2021); Jasiński et al. (2019)	Internacional	Capacidad de laboratorios virtuales para replicar desafíos del mundo real.	Coordinación cadena de suministro, toma de decisiones estratégica.	Fundamentales para preparar estudiantes para un mercado dinámico y globalizado.
Pontes Pedrajas (2022); García Aretio (2020)	Internacional	Laboratorios virtuales como facilitadores del aprendizaje activo en educación a distancia.	Aprendizaje activo, adquisición de competencias prácticas.	Indispensables para adquirir competencias prácticas en gestión de cadena de suministro a distancia.
Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel (2017)	Internacional / Regional	Desarrollo de competencias prácticas y toma de decisiones autónoma.	General, resolución de problemas, gestión de operaciones.	Crucial para formar profesionales competentes, cerrando brecha teoría-práctica.
Baryannis et al. (2020); Chen et al. (2024); Shcherbakov y Silkina (2021)	Internacional	Integración de la Industria 4.0 (IA, Gemelos Digitales) en laboratorios virtuales.	Sistemas logísticos avanzados, análisis de datos, optimización.	Prepara a estudiantes para operar en entornos tecnificados y fortalece habilidades de análisis.
Pan et al. (2023); Teräs et al. (2016)	Internacional	Impacto positivo de laboratorios virtuales en el rendimiento académico y transferencia de aprendizaje.	Retención de contenidos, aplicación de conocimientos.	Mejora notablemente la retención y capacidad de aplicación de conocimientos en situaciones reales.
Jasso et al. (2023);	Internacional	Importancia del diseño instruccional y	Diseño instruccional,	Su efectividad depende de un diseño robusto

Autor(es) (año)	Contexto	Enfoque principal / aporte clave	Área de logística / competencia abordada	Hallazgos relevantes / conclusiones
Tobarra et al. (2016)		alineación pedagógica de laboratorios virtuales.	objetivos de aprendizaje.	y alineación clara con el plan de estudios.
Rizzi et al. (2012)	Internacional	Comparación del impacto de laboratorios virtuales, remotos y reales en la educación logística, destacando escalabilidad y accesibilidad.	Simulación de procesos logísticos, educación a distancia, Industria 4.0.	Los laboratorios virtuales y remotos ofrecen soluciones escalables y accesibles para la formación práctica en logística, ideales para educación a
Herrera et al. (2020)	Local (Colombia)	Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior colombiana.	Acceso a la práctica, complementariedad formativa.	Esenciales para complementar la formación y superar barreras de acceso a laboratorios físicos.
Motta Artunduaga (2020); Alvarez Alvarez y Cabrera Ramos (2020); Pacheco-Velazquez (2022); Pacheco-Velazquez et al. (2024)	Local (UNAD, Colombia)	Integración de entornos virtuales para formación técnico-operativa en la UNAD.	Logística, ambiente de aprendizaje, simulación inmersiva.	Necesidad de experiencias que trasciendan lo teórico y simulen complejidades del sector.
García Vélez et al. (2023)	Local (Colombia)	Implementación y resultados de laboratorios virtuales en	Cadena de suministro, gestión de almacenes.	Cruciales para adquirir experiencia práctica antes de enfrentar el

Autor(es) (año)	Contexto	Enfoque principal / aporte clave	Área de logística / competencia abordada	Hallazgos relevantes / conclusiones
		habilidades logísticas.		mercado laboral real.
Molano Bermúdez (2024)	Local (UNAD, Colombia)	Transformación curricular y pedagógica para integrar laboratorios virtuales en la UNAD.	Didáctica, capacitación docente, estrategias de evaluación.	Implica una reestructuración pedagógica, no solo incorporación tecnológica.
Santoyo Sanchez et al. (2021)	Local (Colombia)	Promoción de trabajo en equipo y comunicación en entornos virtuales colaborativos.	Colaboración, coordinación de funciones, toma de decisiones conjuntas.	Fundamentales para replicar la complejidad de operaciones logísticas y formar habilidades transversales.
Reid García et al. (2022)	Local (UNAD, Colombia)	Contribución de la educación a distancia y LV a la movilidad social y empleabilidad.	Calidad educativa, competitividad profesional.	Mejora la competitividad de profesionales en el mercado laboral colombiano.
Vásquez Bernal y González Silva (2021)	Local (LatAm/Colombia)	Adaptación de herramientas a realidades de pequeñas y medianas empresas.	Operaciones logísticas básicas, aplicabilidad tecnológica.	Subrayan la importancia de herramientas adaptables a diversos contextos productivos.
Zamora Musa (2021)	Local (Colombia)	Desafíos de la logística moderna y la preparación de futuros profesionales.	Automatización, trazabilidad, sincronización en tiempo real.	Validan la pertinencia de LV para simular condiciones exigentes del entorno logístico local.

Nota. La tabla resume estudios internacionales y locales sobre laboratorios virtuales, indicando enfoques, áreas abordadas y hallazgos relevantes.

Descripción y Análisis: La Tabla 3, al sintetizar el estado del arte, revela una sólida base de evidencia internacional que valida el potencial transformador de los laboratorios virtuales en la educación logística. Los estudios analizados consistentemente demuestran cómo estas herramientas enriquecen la comprensión teórica, permiten la práctica segura de habilidades cruciales y simulan escenarios complejos, desde la gestión de inventarios hasta la planificación de rutas y la optimización de recursos. Se destaca su capacidad para ofrecer un espacio donde los estudiantes pueden tomar decisiones informadas y mejorar significativamente la resolución de problemas complejos. Adicionalmente, se subraya el rol fundamental de las tecnologías emergentes y la integración de la Industria 4.0 en estos entornos, preparando a los futuros profesionales para operar en un mercado laboral dinámico, globalizado y altamente tecnificado.

Complementariamente, la síntesis del estado del arte en el contexto local, particularmente para Colombia y la UNAD, refuerza y contextualiza los hallazgos internacionales. Las investigaciones locales enfatizan la importancia de los laboratorios remotos y virtuales para complementar la formación, superar barreras de acceso a laboratorios físicos y promover la movilidad social y empleabilidad de los graduados.

Se evidencia una clara necesidad de experiencias que trasciendan lo teórico y simulen las complejidades del sector logístico colombiano, así como la pertinencia de herramientas adaptables a diversos contextos productivos, incluyendo PYMES. Este análisis valida que la integración de laboratorios virtuales en la UNAD implica no solo una incorporación tecnológica, sino una reestructuración pedagógica profunda para formar profesionales altamente competitivos que puedan enfrentar los desafíos logísticos locales.

Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, se implementó un diseño metodológico riguroso que permitió analizar, sintetizar y sistematizar la información relevante sobre la integración de laboratorios virtuales en la educación superior en logística.

Diseño Metodológico

El diseño metodológico de esta investigación se fundamenta en un enfoque cualitativo y exploratorio, y se enmarca en un tipo de investigación de revisión documental y comparativa. El enfoque cualitativo se adopta para buscar una comprensión profunda de un fenómeno complejo a partir de fuentes documentales y estudios de caso, permitiendo un análisis integral del impacto de los laboratorios virtuales en la formación de competencias logísticas y su integración en modelos educativos innovadores. Por su parte, el enfoque exploratorio se justifica debido a la constante evolución tecnológica y la necesidad de indagar sobre metodologías que optimicen la enseñanza en logística y supply chain, sentando bases para futuras intervenciones (Bozkurt y Sharma, 2020). Este diseño de revisión documental y comparativa permite la sistematización de la información existente, identificando tendencias, mejores prácticas y metodologías aplicables a la educación superior a distancia.

Población y Unidades de Análisis

La población objeto de estudio está conformada por el corpus de literatura científica y académica existente sobre la implementación de laboratorios virtuales en la educación superior, con énfasis en el ámbito de la logística y la cadena de suministro. Las unidades de análisis son los 80 artículos científicos, tesis, monografías, capítulos de libro y conference papers identificados y seleccionados, que abordan la evaluación del impacto pedagógico de los

laboratorios virtuales, su aplicabilidad en programas de formación y su integración con metodologías de enseñanza innovadoras.

Estrategia de Búsqueda y Selección de Información

Fuentes de Información. Las fuentes de información utilizadas se categorizan en primarias y secundarias. Para esta revisión, los estudios científicos originales (artículos, tesis, conference papers incluidos en el listado de 80 referencias) se consideraron las fuentes primarias de datos, de las cuales se extrajo la información directa sobre metodologías y hallazgos. Las fuentes secundarias incluyeron otros trabajos de revisión, documentos técnicos de organismos educativos y reportes de tendencias que contextualizan el uso de tecnologías aplicadas a la educación superior (Bozkurt y Sharma, 2020).

Criterios de Selección. La selección de las 80 referencias se realizó mediante un proceso riguroso, aplicando criterios de inclusión y exclusión estrictamente definidos para asegurar la pertinencia y calidad de la literatura analizada. En la Tabla 4 se especifican estos criterios.

Tabla 4

Criterios para la Selección de Referencias Bibliográficas

Criterio	Descripción del criterio	Justificación para inclusión	Justificación para exclusión
C1: Temática y relevancia para el estudio	El documento es fundamental para la comprensión y desarrollo del estudio sobre la aplicación de laboratorios virtuales de aprendizaje en el ámbito de la logística. Se incluyen aquellas referencias que abordan directamente los laboratorios virtuales, simuladores, o entornos de aprendizaje basados	El contenido del documento contribuye significativamente a uno o varios de los siguientes aspectos: (a) el diseño, implementación, evaluación o impacto de laboratorios virtuales/simuladores/tecnologías 4.0 en el aprendizaje; (b) la fundamentación de principios de logística, cadena de suministro, gestión de operaciones, o procesos logísticos; (c) la comprensión de modelos de	El documento trata sobre temáticas ajenas a los laboratorios virtuales de aprendizaje, la logística, la cadena de suministro, o los diseños curriculares en educación superior, y no aporta un

Criterio	Descripción del criterio	Justificación para inclusión	Justificación para exclusión
	en tecnologías 4.0 (como Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Gemelos Digitales, u otras simulaciones computarizadas avanzadas) en el contexto educativo. Adicionalmente, se incluyen documentos que, sin centrarse directamente en laboratorios virtuales, son esenciales para establecer el marco teórico y práctico de la logística, la cadena de suministro, la gestión de operaciones, los procesos logísticos, o los diseños curriculares en educación superior, proporcionando el contexto indispensable para el desarrollo e implementación de un laboratorio virtual de aprendizaje en logística.	diseño curricular o pedagógicos en educación superior.	conocimiento fundamental o complementario al estudio.
C2: Nivel educativo	El estudio se desarrolla o aplica en el contexto de la educación superior (universitaria, pregrado, posgrado, especialización) o, si es de otro nivel educativo, ofrece conocimientos fundamentales sobre diseño, implementación, pedagogía o tecnología de laboratorios virtuales cuya transferencia a la educación superior es directamente aplicable y relevante para la formación de	El documento se aplica en un contexto de educación universitaria, o su contenido (metodológico, tecnológico o pedagógico) es directamente transferible y valioso para la educación superior en el ámbito de la logística y los laboratorios virtuales.	El estudio se limita a niveles educativos básicos (primaria, secundaria) o formación profesional no universitaria, y no ofrece conocimientos o principios que sean transferibles o directamente relevantes para la educación superior.

Criterio	Descripción del criterio	Justificación para inclusión	Justificación para exclusión
	profesionales en áreas afines a la logística.		
C3: Idioma	El documento está escrito en español, inglés.	El idioma del documento es español, inglés.	El documento está en un idioma diferente a los especificados.
C4: Tipo de publicación y fuentes	El documento es un artículo científico (de revista indexada), capítulo de libro, tesis de posgrado (maestría, doctorado), documento de conferencia arbitrado, o libro académico/Ebook. Proviene de las bases de datos o fuentes: Scopus, Web of Science, Redalyc, UNAD o ebooks 7-24.	El documento es una publicación académica revisada por pares o una fuente académica reconocida (libro/Ebook), y su origen está en una de las bases de datos/fuentes especificadas.	El documento es un artículo de opinión, blog, noticia, sitio web no académico, preprint no arbitrado, o material no revisado por pares, o no proviene de las bases de datos/fuentes especificadas.
C5: Período de publicación	El documento ha sido publicado a partir del año 2014 hasta la fecha actual.	La fecha de publicación del documento está dentro del rango especificado.	La fecha de publicación del documento es anterior a 2014.

Nota. La tabla sintetiza los criterios de inclusión y exclusión aplicados en la selección de referencias para la investigación.

Descripción y Análisis: La Tabla 4, es fundamental al evidenciar la rigurosidad metodológica aplicada en la selección de la literatura que sustenta esta investigación. La definición explícita de criterios de inclusión y exclusión, abarcando la relevancia temática, el nivel educativo de las aplicaciones, los idiomas considerados, los tipos de publicación y el período de vigencia, asegura que el cuerpo de conocimiento analizado sea pertinente, de alta calidad académica y actualizado. Este enfoque sistemático no solo garantiza la validez y fiabilidad de los hallazgos presentados, sino que también contextualiza la investigación dentro de

las tendencias más recientes en laboratorios virtuales aplicados a la educación logística. Al establecer límites claros y justificables para la búsqueda bibliográfica, se fortalece la credibilidad de las conclusiones derivadas y se proporciona una base sólida para las recomendaciones formuladas, reflejando un proceso investigativo transparente y robusto.

Bases de Datos y Cadenas de Búsqueda. Para la estrategia de búsqueda de información, se utilizaron bases de datos de alto impacto académico como Scopus, Web of Science, el repositorio institucional de la UNAD, Redalyc y la plataforma de libros electrónicos ebooks 7-24. Se aplicaron operadores booleanos de forma combinada para acotar la selección de estudios relevantes. A continuación, la Tabla 5 detalla las cadenas de búsqueda específicas empleadas en cada base de datos o plataforma, adaptadas sintácticamente a sus funcionalidades para optimizar la recuperación de documentos pertinentes.

Tabla 5

Cadenas de Búsqueda en Bases de Datos

Base de datos/plataforma	Cadenas de búsqueda (términos en español e inglés)
Scopus	TITLE (“virtual lab*” OR “simulators” OR “virtual simulation” OR “virtual environment*” OR “mixed reality” OR “virtual reality” OR “augmented reality” OR “digital twin”) AND TITLE (“logistics” OR “supply chain” OR “transportation” OR “warehouse” OR “operations management” OR “Logistics Processes”) AND TITLE (“education” OR “distance education” OR “learning” OR “virtual education” OR “training” OR “pedagogy” OR “higher education” OR “university”))
Web of Science	TS=((“virtual lab*” OR “simulators” OR “virtual simulation” OR “virtual environment” OR “mixed reality” OR “virtual reality” OR “augmented reality” OR “digital twin*”) AND (“logistics” OR

Base de datos/plataforma	Cadenas de búsqueda (términos en español e inglés)
	“supply chain” OR “transportation” OR “warehouse” OR “operations management” OR “Logistics Processes”) AND (“education” OR “learning” OR “distance education” OR “virtual education” OR “training” OR “pedagogy” OR “higher education” OR “university”))
Redalyc	Título (((“laboratorio virtual*” OR “simulador*” OR “simulación virtual” OR “entorno virtual” OR “realidad mixta” OR “realidad virtual” OR “realidad aumentada” OR “gemelo digital”) Y (“logística” OR “cadena de suministro” OR “transporte” OR “almacén” OR “gestión de operaciones” OR “Procesos Logísticos”) Y (“educación” OR “Educación a distancia” OR “Educación Virtual” OR “aprendizaje” OR “formación” OR “pedagogía” OR “educación superior” OR “universidad”))
UNAD (Repositorio Institucional)	Título ((“laboratorio virtual” OR “simulador” OR “realidad virtual” OR “realidad aumentada”) AND (“logística” OR “cadena de suministro” OR “Procesos Log´siticos” OR “educación superior” OR “Educación a distancia” OR “Educación Virtual”))
ebooks 7-24	Título "virtual lab logistics education" OR "supply chain simulation higher education" OR "logistics virtual learning" OR "educational technology logistics" OR “ Logistics” OR “Supply Chain Management” OR “Logistics Processes”

Nota. La tabla presenta las cadenas de búsqueda aplicadas en distintas bases de datos y plataformas para la identificación de literatura relevante en la investigación.

Descripción y Análisis: La Tabla 5, es crucial al presentar la estrategia de búsqueda bibliográfica que sustentó la revisión sistemática de este estudio, reflejando una aproximación exhaustiva y meticulosa. La construcción de cadenas de búsqueda detalladas, que combinan términos clave en español e inglés relacionados con 'laboratorios virtuales/simuladores',

'logística/cadena de suministro' y 'educación/aprendizaje', asegura una cobertura integral de la literatura pertinente. Esta especificidad en los términos, junto con el uso de operadores booleanos, fue diseñada para maximizar la relevancia de los resultados obtenidos y minimizar el ruido de información no pertinente, garantizando así que se identificaran las publicaciones más influyentes y actualizadas en el campo.

La aplicación de estas cadenas en diversas bases de datos subraya la rigurosidad del proceso de recolección de información. La selección de plataformas como Scopus y Web of Science garantizó el acceso a literatura internacional de alto impacto, mientras que Redalyc y el Repositorio Institucional de la UNAD permitieron capturar perspectivas relevantes del contexto local y regional. Asimismo, la inclusión de ebooks 7-24 amplió el espectro de fuentes académicas. La adaptación de las cadenas a la sintaxis específica de cada base de datos demuestra un compromiso con la precisión metodológica, asegurando que la revisión del estado del arte se basara en una fundamentación sólida y transparente, esencial para la validez de las conclusiones de la monografía.

Caracterización de la Muestra Documental

La aplicación de la estrategia de búsqueda y los criterios de selección resultó en un corpus de 80 documentos científicos que constituyen la base de la presente revisión. Estos documentos fueron categorizados y analizados según su distribución temporal y su procedencia de las bases de datos consultadas.

Distribución Temporal de Publicaciones. El análisis cuantitativo de la segmentación de referencias evidenció una evolución progresiva en la producción académica sobre laboratorios virtuales aplicados al ámbito logístico y educativo, con una concentración significativa de publicaciones en los años más recientes. Se identificó que la producción de documentos

pertinentes inició en el año 2014 con 3 publicaciones, seguida por 1 en 2015, 3 en 2016, 1 en 2017 y 1 en 2018. Posteriormente, se observó un notable aumento con 8 publicaciones en 2019 y 9 en 2020, lo que evidencia la creciente adopción y estudio de tecnologías digitales en el sector. La tendencia de producción científica se mantuvo robusta con 13 publicaciones en 2021, 16 en 2022 y 9 en 2023. Finalmente, en lo que va del año 2024, se identificaron 16 publicaciones, sumando un total de 80 referencias. Esta distribución temporal sugiere que la investigación en este ámbito continúa siendo altamente relevante para la comunidad académica y se encuentra en constante evolución, reflejando el interés emergente en la integración de tecnologías 4.0 en la educación logística.

Distribución por Base de Datos. Dentro de la segmentación por bases de datos, Scopus fue la fuente más prolífica, con un total de 43 publicaciones, consolidándose como la principal fuente de información para este estudio. Le siguió Web of Science con 22 publicaciones, lo que subraya su importancia en la recuperación de literatura de alto impacto. En menor medida, pero igualmente importantes por su relevancia en el contexto de la educación a distancia y la investigación iberoamericana, se encuentran el repositorio UNAD con 7 publicaciones, Redalyc con 6 publicaciones y, finalmente, las plataformas de Ebooks 7-24 con 2 publicaciones. El uso predominante de Scopus se debe a su amplio registro de estudios revisados por pares y su cobertura exhaustiva en áreas como innovación educativa y aprendizaje digital en logística.

Variables e Hipótesis del Estudio

Para abordar la complejidad del objeto de estudio y estructurar el análisis de manera rigurosa, se hace indispensable la definición precisa de los elementos que guían la investigación. En esta sección, se presentan las variables clave que fueron consideradas para comprender la relación entre los laboratorios virtuales y el desarrollo de competencias en logística, así como las

hipótesis formuladas que orientaron la exploración y el análisis de la literatura. Este marco conceptual y propositivo permite establecer los parámetros sobre los cuales se evaluó el impacto de la implementación de laboratorios virtuales en el contexto educativo.

Variables de Estudio. Las variables consideradas en este estudio se estructuran de la siguiente manera: la variable independiente es la implementación de laboratorios virtuales en programas académicos de logística y supply chain; la variable dependiente es el impacto en la adquisición de competencias prácticas y la mejora del aprendizaje en los estudiantes. Además, se consideraron variables de control como la accesibilidad tecnológica, la familiaridad de los estudiantes con entornos virtuales y las estrategias pedagógicas empleadas en cada institución.

Hipótesis. La hipótesis nula (H0) establece que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de los estudiantes que utilizan laboratorios virtuales en comparación con aquellos que reciben formación tradicional. Por otro lado, la hipótesis alterna (H1) plantea que el uso de laboratorios virtuales mejora la adquisición de competencias logísticas, facilitando la comprensión de procesos operacionales clave y la toma de decisiones estratégicas en la gestión de la cadena de suministro.

Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos

La recolección y análisis de datos se llevó a cabo mediante un procedimiento sistemático diseñado para extraer la información más relevante de las 80 referencias seleccionadas y sintetizarla de manera coherente con los objetivos de la investigación.

Técnicas de Recolección. Para la recolección de datos, se emplearon técnicas de revisión sistemática de literatura, utilizando criterios de búsqueda avanzados y clasificación temática de referencias. Específicamente, se aplicaron las siguientes técnicas, detalladas en la Tabla 6.

Tabla 6

Técnicas de Recolección de Datos en la Investigación

Técnica de recolección	Descripción	Finalidad en la investigación
Búsqueda avanzada y filtrado sistemático	Implementación de cadenas de búsqueda complejas con operadores booleanos en bases de datos académicas, seguida de un proceso de cribado por título, resumen y texto completo.	Identificar y seleccionar de manera exhaustiva y reproducible los documentos más pertinentes al tema de investigación, minimizando sesgos y maximizando la cobertura.
Mapeo conceptual de estudios previos	Visualización y organización de las interconexiones entre los temas centrales, autores clave, metodologías empleadas y hallazgos principales identificados en la literatura.	Obtener una visión holística de las tendencias emergentes, identificar vacíos de investigación, áreas de concentración y la evolución del conocimiento en el campo de los laboratorios virtuales de aprendizaje en logística.
Clasificación temática y categorización	Organización de los documentos seleccionados en categorías predefinidas y emergentes, basándose en los objetivos del estudio y el contenido predominante de cada referencia.	Agrupar el conocimiento de forma lógica para facilitar el análisis comparativo y la síntesis de resultados, abordando aspectos como tipos de laboratorios, tecnologías utilizadas, impactos pedagógicos, y desafíos/oportunidades.

Nota. La tabla resume las técnicas de recolección de datos aplicadas en el estudio: búsqueda sistemática, mapeo conceptual y clasificación temática.

Descripción y Análisis: La Tabla 6, es fundamental al ilustrar las técnicas de recolección de datos que sustentaron la fase de revisión sistemática de esta monografía, evidenciando un enfoque metodológico riguroso y transparente. La combinación de la búsqueda avanzada y el filtrado sistemático, el mapeo conceptual de estudios previos y la clasificación temática y categorización, aseguró una identificación exhaustiva y una organización lógica de la información. Este proceso no solo permitió minimizar sesgos y maximizar la cobertura de la literatura relevante sobre laboratorios virtuales en logística, sino que también facilitó la identificación de tendencias emergentes, vacíos de investigación y la síntesis coherente de los hallazgos clave. En última instancia, la meticulosa aplicación de estas técnicas contribuye significativamente a la fiabilidad y solidez de las conclusiones y recomendaciones presentadas.

Instrumentos de Recolección. Como instrumentos para la evaluación y sistematización de la información extraída de los documentos seleccionados, se emplearon fichas de síntesis documental y matrices de análisis comparativo. La Tabla 7, detalla la aplicación de estos instrumentos.

Tabla 7

Instrumentos de Recolección de Datos

Instrumento de recolección	Descripción	Campos/elementos clave extraídos	Finalidad en la investigación
Fichas de síntesis documental (trae)	Plantillas estandarizadas diseñadas para extraer y organizar la información clave de cada una de las 80	Base de datos; Autores de la publicación; año de publicación; título de la publicación; referencia para citación; síntesis del abstract de la publicación; Resumen del contenido de la	Estandarizar la extracción de datos, facilitar la recuperación rápida de información detallada por cada referencia y asegurar

Instrumento de recolección	Descripción	Campos/elementos clave extraídos	Finalidad en la investigación
	referencias seleccionadas. Tabla de revisión analítica especializada.	publicación (Problema, Hallazgos, Variables involucradas, Discusión / Solución) Relevancia Específica laboratorios virtuales de aprendizaje aplicados a la logística.	la coherencia en la interpretación inicial de los documentos.
Matrices de análisis comparativo	Estructuras tabulares que permitieron cotejar sistemáticamente las características, metodologías, hallazgos y conclusiones de múltiples estudios en paralelo.	Comparación de: tipos de laboratorios virtuales, tecnologías empleadas, disciplinas de aplicación (con énfasis en logística), resultados de aprendizaje, desafíos y limitaciones, oportunidades identificadas, recomendaciones para implementación, modelos pedagógicos subyacentes.	Facilitar la identificación de similitudes, diferencias, patrones y tendencias entre los estudios, permitiendo una visión comparativa del estado del arte y la consolidación de hallazgos transversales.

Nota. La tabla presenta los instrumentos utilizados para la recolección de datos: fichas de síntesis documental y matrices de análisis comparativo.

Descripción y Análisis: La Tabla 7, es fundamental al ilustrar los instrumentos específicos que permitieron la sistematización y el análisis de la vasta información recopilada en esta monografía. La implementación de fichas de síntesis documental estandarizadas aseguró una extracción coherente de datos clave de cada referencia, incluyendo problemas, hallazgos y

variables relevantes para los laboratorios virtuales en logística. Complementariamente, las matrices de análisis comparativo facilitaron el cotejo sistemático de múltiples estudios, permitiendo la identificación de similitudes, diferencias, patrones y tendencias transversales. La aplicación conjunta de estos instrumentos fue crucial para transformar la literatura dispersa en un cuerpo de datos estructurado y analizable, garantizando así la profundidad, la coherencia y la validez de la síntesis del estado del arte y las conclusiones derivadas de la investigación.

Procedimientos de Análisis. El análisis de datos se realizó mediante una categorización temática inductiva y deductiva, un proceso que permitió organizar y dar sentido a la vasta cantidad de información recopilada. La Tabla 8, describe los procedimientos de análisis aplicados.

Tabla 8

Procedimientos de Análisis de Datos

Procedimiento de análisis	Descripción	Finalidad en la investigación
Categorización temática inductiva y deductiva	Deductiva: Los hallazgos de las referencias se agruparon inicialmente según categorías predefinidas, basadas en los objetivos específicos de la investigación (ej., fundamentos teóricos de laboratorios virtuales, tendencias en logística 4.0, casos de éxito en educación logística, mejores prácticas pedagógicas, impacto en competencias y desempeño estudiantil). Inductiva: A partir de la lectura y el análisis de contenido, surgieron categorías emergentes que no estaban inicialmente contempladas,	Organizar sistemáticamente la información, identificar patrones y correlaciones entre la implementación de laboratorios virtuales y los resultados de aprendizaje, y reconocer las tendencias tecnológicas y pedagógicas más relevantes.

Procedimiento de análisis	Descripción	Finalidad en la investigación
	permitiendo capturar aspectos no anticipados pero relevantes de la literatura.	
Síntesis narrativa integrada	Se realizó una integración de los hallazgos categorizados, elaborando una narrativa coherente que conectó los datos extraídos para responder directamente a la pregunta de investigación y a los objetivos específicos.	Consolidar la información fragmentada, presentar una visión comprensiva del estado del arte en el campo, y establecer las bases para las conclusiones y recomendaciones de la monografía.
Análisis crítico y comparativo	Se evaluó la calidad metodológica de los estudios (cuando aplicable), se identificaron fortalezas, debilidades y limitaciones de los enfoques presentados en la literatura, y se contrastaron diferentes perspectivas y resultados.	Identificar consensos y controversias en la literatura, detectar vacíos de conocimiento, y proponer líneas de investigación futuras, además de fundamentar las recomendaciones para la implementación de laboratorios virtuales en logística.

Nota. La tabla resume los procedimientos de análisis de datos aplicados: categorización temática, síntesis narrativa y análisis crítico-comparativo.

Descripción y Análisis: La Tabla 8, enriquece la investigación al describir los procedimientos de análisis de datos que transformaron la información recopilada en hallazgos significativos para esta monografía. La combinación estratégica de la categorización temática inductiva y deductiva permitió organizar la vasta literatura de manera estructurada, identificando

patrones preestablecidos y descubriendo categorías emergentes que enriquecieron la comprensión del fenómeno. Este proceso, complementado por una síntesis narrativa integrada, aseguró la coherencia y la capacidad de respuesta a la pregunta de investigación. Finalmente, el análisis crítico y comparativo de los estudios fortaleció la solidez de las conclusiones, al permitir la identificación de consensos, controversias y vacíos de conocimiento, sentando una base robusta para las recomendaciones finales.

A partir de la revisión sistemática analizada en la metodología, se identificaron tendencias clave en la integración de laboratorios virtuales en la educación logística, destacando la necesidad de capacitación docente, el desarrollo de modelos híbridos de enseñanza y la adaptación de herramientas tecnológicas a las necesidades específicas del sector logístico. Estos hallazgos permitirán fundamentar estrategias de implementación y optimización de los laboratorios virtuales en el ámbito académico, proporcionando lineamientos basados en evidencia empírica y en la experiencia de instituciones que han liderado estos procesos.

Fases de la Metodología

El desarrollo del proyecto está estructurado en tres fases principales, cada una directamente vinculada a un Objetivo Específico de la investigación, y con actividades claramente definidas. La metodología cualitativa y exploratoria adoptada garantiza un análisis sistemático y fundamentado, apoyado en la revisión documental y el análisis de casos de estudio. Para una comprensión visual y resumida de estas fases, sus objetivos y actividades clave, se presenta a continuación el Diagrama de Fases Metodológicas (Ver Figura 3).

Figura 3

Fases Metodológicas

Nota. La figura ilustra las fases metodológicas de la investigación, detallando los objetivos específicos y las actividades clave asociadas a cada una.

Fase 1 Tendencias y Aplicabilidad de Laboratorios Virtuales Logísticos

Esta fase se centró en la exploración exhaustiva de la literatura relevante sobre la implementación de laboratorios virtuales en ingeniería y tecnología, con énfasis en su pertinencia para la enseñanza de la logística. Las actividades clave incluyeron la revisión bibliográfica inicial en bases de datos académicas, la identificación de casos de estudio representativos por su diversidad y el impacto documentado, y el desarrollo de criterios para su evaluación. Los entregables principales de esta fase fueron la tabla de revisión analítica especializada y un informe analítico comparativo.

Fase 2 Examen de Casos de Éxito en Formación Logística

La segunda fase se dedicó a examinar casos de éxito en la implementación de laboratorios virtuales en programas de formación logística a nivel superior, con énfasis en prácticas replicables y resultados pedagógicos. Las actividades principales comprendieron la identificación de ejemplos destacados de implementación exitosa dentro de la muestra documental, el desarrollo de un marco de análisis para casos de éxito que permitiera la evaluación de sus características, y la documentación exhaustiva de las lecciones aprendidas y las mejores prácticas. La información recopilada se sintetizó en un informe que proponía elementos replicables, para asegurar su precisión y aplicabilidad.

Fase 3 Formulación de Recomendaciones Estratégicas para la UNAD

Esta fase final se enfocó en formular recomendaciones para la integración de laboratorios virtuales en los programas de Logística de la UNAD, considerando las necesidades de fortalecimiento del componente práctico en la educación a distancia y las mejores prácticas identificadas. Las actividades incluyeron la revisión de documentos institucionales sobre las modalidades de práctica actuales (in situ, simulada, remota) y el diseño de propuestas de integración de laboratorios virtuales basadas en las tendencias y mejores prácticas identificadas. Finalmente, se realizó el análisis de los resultados para proporcionar recomendaciones concretas, culminando con la preparación y presentación de un informe final que integra todos los hallazgos y propuestas de mejora.

En conjunto, estas actividades garantizan un abordaje integral y estructurado que no solo analiza el estado actual de los laboratorios virtuales y las prácticas en la UNAD, sino que también ofrece soluciones concretas y aplicables para mejorar la formación práctica en logística y cadenas de suministro.

Resultados

La presente sección detalla los hallazgos obtenidos a lo largo de las fases metodológicas de la monografía, estructurados en correspondencia con cada objetivo específico propuesto.

Analizar la Literatura Científica Reciente

Sobre laboratorios virtuales en la educación superior para reconocer tendencias metodológicas y su aplicabilidad a la enseñanza de la logística.

Este apartado inaugura la presentación de los resultados obtenidos, enfocándose en el análisis exhaustivo de la bibliografía científica reciente sobre laboratorios virtuales en la educación superior. Su propósito fundamental radica en identificar las tendencias metodológicas predominantes que emergen de esta investigación documental y, simultáneamente, determinar su aplicabilidad directa en el contexto de la enseñanza de la logística, un área vital dentro de la educación superior contemporánea. Esta aproximación sistemática establece una base sólida para las recomendaciones que se derivarán posteriormente.

La imperante necesidad de fortalecer las competencias prácticas en los estudiantes de logística, frente a una cadena de suministro cada vez más compleja y globalizada, subraya la urgencia de explorar herramientas pedagógicas innovadoras. Es en este escenario donde los entornos virtuales de aprendizaje se presentan no solo como una alternativa viable, sino como una solución prometedora. Tienen el potencial de mitigar las limitaciones inherentes a la educación a distancia y de cerrar eficazmente la brecha existente entre la formación teórica y la exigencia de habilidades aplicadas en el ámbito profesional, un desafío constante en el sector.

Para abordar este objetivo de investigación, el estudio se fundamentó en una base documental sólida y cuidadosamente seleccionada, compuesta por ochenta publicaciones académicas y científicas. Este acervo bibliográfico representa una muestra exhaustiva y

pertinente, cuya selección rigurosa de bases de datos de alto impacto garantiza la validez y la solidez de la información analizada, constituyendo el pilar fundamental de los hallazgos que se presentarán en las subsecciones siguientes de este capítulo.

La riqueza de este material bibliográfico fue revelada mediante un proceso de sistematización meticuloso, en el que se empleó la Tabla de Revisión Analítica Especializada (TRAE). Esta herramienta metodológica no solo facilitó la extracción y organización de datos cruciales de cada documento, sino que también aseguró la consistencia y la comparabilidad de la información recabada. Ello permitió, a su vez, una interpretación coherente y fundamentada de las tendencias y patrones emergentes a lo largo de los distintos periodos de publicación.

Un primer análisis de este conjunto de referencias académicas revela patrones significativos en la evolución del interés académico por las plataformas virtuales de simulación. La producción científica ha mostrado una dinámica particular en los últimos años, con periodos de intensa publicación que indican no solo una creciente adopción de estas tecnologías, sino también una fase de madurez y expansión acelerada en el ámbito de la investigación y la implementación pedagógica de estas soluciones educativas.

Además, la procedencia de estas ochenta publicaciones, segmentada por las distintas bases de datos académicas, ofrece una perspectiva crucial sobre las plataformas de mayor influencia en la difusión de conocimiento especializado. Esta distribución no solo valida la diversidad de las fuentes consultadas durante la etapa de revisión, sino que también orienta sobre los canales más prolíficos y relevantes para la investigación futura en el ámbito de los laboratorios virtuales aplicados a la educación superior.

Adentrándonos en el contenido de la bibliografía analizada, un pilar central de este estudio es la identificación y categorización de las diversas tipologías de laboratorios virtuales

que han sido implementadas exitosamente. Desde avanzados simuladores de procesos hasta entornos inmersivos de realidad virtual, esta variedad metodológica refleja una constante búsqueda de soluciones didácticas adaptadas a distintas necesidades de aprendizaje y disciplinas específicas, evidenciando la versatilidad de la tecnología.

Estas tipologías no deben interpretarse como meras clasificaciones estáticas; por el contrario, representan tendencias metodológicas activas que guían el diseño, la aplicación y la continua evolución de estas herramientas didácticas. Comprender a fondo estas tendencias es vital para discernir cómo los laboratorios virtuales pueden ser integrados eficazmente, y con la mayor pertinencia, en la formación de los futuros profesionales de la logística, maximizando su potencial formativo.

Finalmente, la aplicabilidad a la enseñanza de la logística se erige como el criterio evaluativo último para la valoración de estas tendencias metodológicas identificadas. Se busca determinar cómo los hallazgos extraídos de la literatura reciente pueden traducirse directamente en estrategias pedagógicas concretas y funcionalmente adaptadas, destinadas a fortalecer las habilidades prácticas de los estudiantes en áreas neurálgicas como la gestión de inventarios, la optimización del transporte y la compleja administración de la cadena de suministro.

En los siguientes apartados, se desglosará con mayor minuciosidad la caracterización detallada de los estudios identificados, se profundizará en cada una de las tendencias metodológicas reconocidas y se analizará de forma específica la aplicación de los laboratorios virtuales en la formación logística, fundamentando cada hallazgo con los datos y análisis sistemáticos derivados de la revisión documental realizada, culminando así la exposición de los resultados del objetivo principal.

Marco Conceptual de Laboratorios Virtuales en Logística

El estudio del impacto de los laboratorios virtuales, remotos y reales en la logística no es una temática reciente, sino que ha sido objeto de análisis y conferencias especializadas desde inicios de la década pasada, consolidando así su relevancia fundamental en la formación y la investigación del sector (Rizzi et al., 2012). Dentro de este contexto ya establecido y con miras a optimizar el aprendizaje práctico, los laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA) representan entornos simulados diseñados para replicar la estructura, los procesos y las interacciones de sistemas logísticos complejos, permitiendo a los estudiantes experimentar situaciones del mundo real sin las limitaciones de tiempo, espacio o riesgo asociadas a los laboratorios físicos (Tobarra et al., 2016; Ramírez-Montoya et al., 2024).

La transformación digital ha redefinido los paradigmas educativos, impulsando la adopción de herramientas innovadoras que permiten superar las barreras geográficas y temporales del aprendizaje tradicional. En este contexto, los laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA) han emergido como una solución fundamental, especialmente en disciplinas que requieren una fuerte componente práctica, como la ingeniería y, de manera crucial, la logística y la gestión de la cadena de suministro (Herrera et al., 2020; Molano Bermúdez, 2024; Espinoza Bravo et al., 2024). La presente sección establece el marco conceptual de los LVA, su evolución y las tendencias actuales, apoyándose en un análisis cuantitativo de la literatura científica.

Los LVA se definen como entornos interactivos y simulados que permiten a los estudiantes realizar experimentos, manipular variables y observar resultados en un ambiente digital seguro y controlado (Herráez, 2022). Su principal ventaja radica en la capacidad de replicar experiencias prácticas que, de otro modo, serían costosas, peligrosas o inaccesibles en un laboratorio físico (Benito-Fuentes et al., 2024; Kharki et al., 2021). Estos entornos virtuales no

solo facilitan la comprensión de conceptos teóricos complejos, sino que también promueven el desarrollo de habilidades esenciales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones, al simular escenarios del mundo real (Hakeemah, 2022; Infante Jiménez, 2014; Bozkurt & Sharma, 2020).

En el ámbito de la logística, los LVA se vuelven particularmente valiosos, ya que esta disciplina demanda una comprensión profunda de procesos dinámicos y complejos, como la gestión de inventarios, la optimización de rutas, la operación de almacenes y la coordinación de cadenas de suministro globales (Christopher, 2016; Bowersox et al., 2019). Mediante simulaciones avanzadas, los estudiantes pueden interactuar con sistemas logísticos virtuales, experimentar con diferentes estrategias y observar el impacto de sus decisiones en tiempo real, lo que refuerza significativamente su aprendizaje práctico y su preparación para los desafíos de la Industria 4.0 (Pacheco-Velazquez, 2022; Álvarez Sánchez et al., 2023).

Análisis Cronológico de Publicaciones. El análisis de las 80 referencias seleccionadas para esta monografía revela una notable evolución y un creciente interés en la aplicación de LVA en la educación. La distribución temporal de las publicaciones es un claro indicador de esta tendencia (Ver Figura 4).

Figura 4

Número de Publicaciones por Año

Nota. La figura muestra la distribución anual de las publicaciones entre las referencias seleccionadas sobre laboratorios virtuales de aprendizaje en educación.

Descripción y Análisis: Como se exhibe en la Figura 4, los datos de los años 2014 a 2018 muestran una fase inicial o de menor producción académica sobre el tema, con un promedio de 1.8 publicaciones por año. No obstante, a partir de 2019, se observa una clara inflexión, con un aumento sostenido en la cantidad de investigaciones, superando las 8 publicaciones anuales de forma consistente. Los picos en 2022 y 2024, ambos con 16 publicaciones, son particularmente indicativos de una consolidación y un interés masivo en los LVA aplicados a la educación, reflejando una respuesta académica a la creciente necesidad de herramientas educativas digitales y prácticas (Espinoza Bravo et al., 2024; García-Peñalvo et al., 2020).

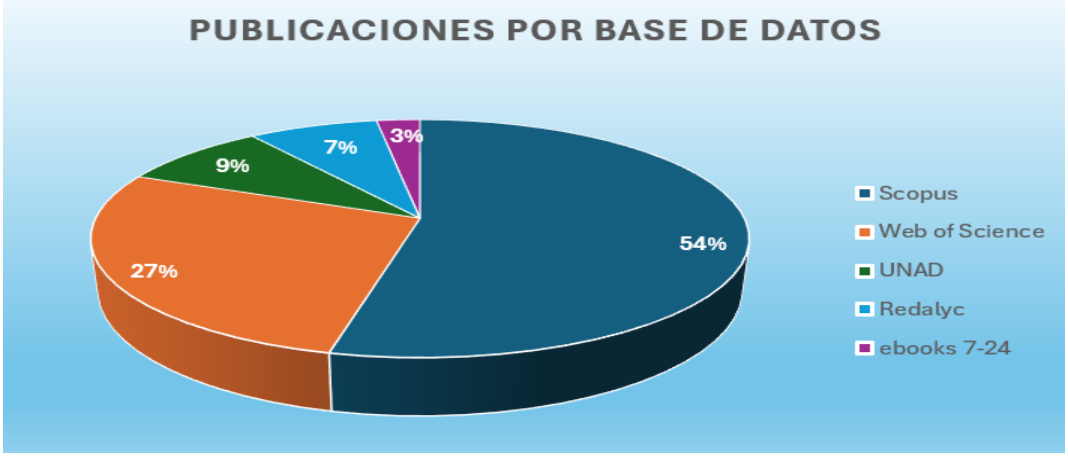
Este notable crecimiento cuantitativo en la última quinquenal (2019-2024) subraya la madurez y la relevancia de los LVA como una solución viable y efectiva para impartir competencias prácticas en logística. La tendencia ascendente no solo se asocia con la evolución tecnológica de las plataformas de simulación (Chen et al., 2024; Singhal et al., 2024), sino

también con la demanda del sector productivo de profesionales de logística con habilidades operativas y de toma de decisiones desarrolladas en entornos complejos y dinámicos, que los LVA pueden replicar fielmente (Rodriguez-Garcia et al., 2024; Pacheco-Velazquez et al., 2024).

Segmentación por Bases de Datos. En cuanto a las fuentes de publicación, el análisis de las bases de datos de origen de estas 80 referencias proporciona una perspectiva sobre la rigurosidad y el alcance geográfico de la investigación (Ver Figura 5).

Figura 5

Publicaciones por Base de Datos



Nota. El gráfico detalla el número de publicaciones por cada base de datos de origen de las 80 referencias seleccionadas.

Descripción y Análisis: La Figura 5, demuestra la clara predominancia de Scopus (43 publicaciones) y Web of Science (22 publicaciones) es un indicador de que la mayor parte de la literatura revisada proviene de bases de datos indexadas de alto impacto y reconocimiento global. Esto asegura que los conceptos y hallazgos discutidos en esta monografía se sustentan en una base científica sólida y en investigaciones que han pasado por procesos de revisión por pares rigurosos. La fuerte presencia en estas bases sugiere que la aplicación de laboratorios virtuales en

la educación y en la logística no es solo una tendencia emergente, sino un área de estudio consolidada a nivel internacional (Rodriguez-Garcia et al., 2024).

Además de las bases de datos globales, la presencia de publicaciones de la UNAD (7 publicaciones) y Redalyc (6 publicaciones) es fundamental para contextualizar la investigación. Las referencias de la UNAD, como los trabajos de Benitez Rodriguez y Diaz Raga (2021) o Molano Bermúdez (2024), resaltan el compromiso institucional con el desarrollo de soluciones propias en educación a distancia, aportando una perspectiva de implementación práctica y local. Redalyc, por su parte, ofrece una visión valiosa de la investigación latinoamericana, enriqueciendo el panorama con contextos y aplicaciones específicas de la región. Las publicaciones en formato de Ebooks (2 publicaciones) complementan esta base al proporcionar perspectivas más amplias o compilaciones temáticas (Chopra, 2019; Christopher, 2016). La combinación de estas fuentes de alto impacto y de carácter regional asegura una comprensión integral del estado del arte, que es tanto globalmente relevante como pertinentemente adaptable al contexto educativo de la UNAD.

En síntesis, el análisis cuantitativo de la producción científica en LVA para logística revela una explosión en la investigación reciente, particularmente desde 2019, que se nutre principalmente de fuentes académicas de prestigio mundial como Scopus y Web of Science, complementadas por valiosos aportes de la academia latinoamericana, incluyendo la propia UNAD. Esta tendencia no solo valida la eficacia y la necesidad de los laboratorios virtuales para la formación en logística, sino que también ofrece un panorama robusto de conocimientos y metodologías que la UNAD puede capitalizar para el fortalecimiento de sus programas académicos, asegurando una formación de vanguardia para sus estudiantes.

En conjunto, estos datos cuantitativos no solo validan la creciente importancia de los laboratorios virtuales en el ámbito educativo global, sino que también confirman la existencia de un cuerpo de conocimiento robusto y en constante expansión. Esta base es crucial para comprender cómo los LVA pueden ser implementados y adaptados eficazmente en los cursos de Logística y Supply Chain Management de la UNAD, cerrando la brecha entre la teoría y la práctica en un entorno de educación superior a distancia. La identificación de estas tendencias y fuentes permite establecer un punto de partida sólido para las recomendaciones específicas que se presentarán en esta monografía.

Tendencias Metodológicas en Laboratorios Virtuales

El análisis de contenido de las publicaciones recopiladas en la Revisión Analítica de la Evidencia (TRAE), centrándose exclusivamente en aquellas que abordan directamente una tipología de laboratorio virtual, ha permitido identificar y categorizar las principales metodologías y enfoques más recurrentes en el ámbito de la educación práctica con apoyo tecnológico. Esta categorización fundamenta y establece la base conceptual para la comprensión de estas herramientas. El proceso de selección implicó descartar aquellas referencias que, si bien son valiosas para el contexto general de la logística, cadena de suministro o educación, no describen ni analizan un tipo específico de laboratorio virtual o su aplicación directa.

A continuación, se presenta la Tabla 9, que resume las tipologías de laboratorios virtuales identificadas en la literatura filtrada, junto con su frecuencia de aparición y una muestra representativa de los autores por tipología.

Tabla 9

Tipologías de Laboratorios Virtuales Identificadas y Frecuencia de Aparición

Tipología de laboratorio virtual	Descripción breve	Autores representativos	Número de publicaciones	Porcentaje (%)
Simuladores basados en software	Entornos virtuales que imitan procesos o sistemas complejos en un PC, permitiendo la experimentación sin hardware físico.	Aguirre Cabrera et al. (2011), Ammouriova et al. (2022), Benito-Fuentes et al. (2024), Chan (2021), Chen et al. (2024), Franz et al. (2014), Hakeemah (2022), Holguín Anzules et al. (2024), Infante Jiménez (2014), Major y Hubálovská (2023), Jasiński et al. (2019), Mao et al. (2022), Hernández Muñoz et al. (2022), Zhang y Liu (2024), Ordoñez Reyes y Cajigal Tamayo (2020), Orrego Riofrio et al. (2024), Ostapenko (2019), Pacheco-Velazquez (2022), Pacheco-Velazquez et al. (2024), Pan et al. (2023), Pang y Chen (2022), Pontes Pedrajas (2022), Ramírez-Montoya et al. (2024), Rodriguez-Garcia et al. (2024), Salazar Jiménez et al. (2024), Santoyo Sanchez et al. (2021), Singhal et al. (2024), Steglich (2021), Wang (2019), Rizzi et al. (2012).	29	47.54%

Tipología de laboratorio virtual	Descripción breve	Autores representativos	Número de publicaciones	Porcentaje (%)
Laboratorios remotos (hardware)	Permiten el control a distancia de equipos y experimentos físicos reales a través de una interfaz virtual.	Benitez Rodriguez y Diaz Raga (2021), De la Torre et al. (2015), Herrera et al. (2020), Kharki et al. (2021), Molano Bermúdez (2024), Montemayor-Ibarra (2021), Sekaran y Hildas (2023), Viegas et al. (2018), Zamora Musa (2021), Rizzi et al. (2012).	9	14.75%
Realidad virtual/aumentada (rv/ra)	Entornos inmersivos o superposición digital que ofrecen experiencias altamente interactivas y realistas.	Alvarez Alvarez y Cabrera Ramos (2020), Anjos et al. (2024), Farouk et al. (2024), Guo (2019), He (2022), Hernández-de-Menéndez et al. (2019), Jasso et al. (2023), Li et al. (2019), May (2021), Mourtzis y Angelopoulos (2023), Terkaj et al. (2024), Wlodyka y Bober (2021), Wong y Lee (2024)	13	21.31%
Gamificación educativa	Uso de elementos de juego, mecánicas y principios de diseño de juegos en contextos de aprendizaje para motivar y comprometer a los usuarios.	Boden et al. (2022), Schlüter y Kretschmer (2020), Teräs et al. (2016)	3	4.91%
Entornos híbridos	Combinación de dos o más metodologías,	Arce et al. (2022), De la Torre et al. (2015), Molano Bermúdez (2024),	7	11.47%

Tipología de laboratorio virtual	Descripción breve	Autores representativos	Número de publicaciones	Porcentaje (%)
	como simulación con control remoto o RV con datos reales, para una experiencia de aprendizaje integral.	Zhang y Liu (2024), Pacheco-Velazquez (2022), Tobarra et al. (2016), Timiraos et al. (2024), Rizzi et al. (2012).		
total			61	100%

Nota. La tabla clasifica las tipologías de laboratorios virtuales de aprendizaje identificadas en la literatura, detallando su descripción, autores representativos y frecuencia de aparición.

Descripción y Análisis: El análisis de la Tabla 9, basado en las 61 publicaciones directamente relevantes a las tipologías de laboratorios virtuales, revela tendencias metodológicas claras y una evolución en los enfoques para la educación práctica. El campo de los laboratorios aplicados a la logística ha evolucionado considerablemente, abarcando diversas modalidades que incluyen entornos virtuales, remotos y la integración con sistemas reales, cuya relevancia e impacto en la formación y la investigación del sector ha sido objeto de análisis especializado desde hace más de una década (Rizzi et al., 2012).

Dentro de este panorama consolidado, los Simuladores Basados en Software emergen como la tipología dominante, representando el 47.54% de las publicaciones filtradas. Esta prevalencia se explica por su versatilidad, la facilidad de acceso y despliegue (generalmente solo requieren un PC y software), y su capacidad para modelar y experimentar con una vasta gama de procesos sin los costos o riesgos asociados al hardware físico (Farouk et al., 2024). En el contexto de la logística, estos simuladores permiten a los estudiantes diseñar cadenas de suministro, optimizar rutas, gestionar inventarios o visualizar flujos de material, desarrollando

habilidades críticas de toma de decisiones y análisis sistémico en un entorno seguro y repetible. Así lo demuestran trabajos como los de Ammouriova et al. (2022), Franz et al. (2014) y Jasiński et al. (2019). Su adaptabilidad los hace ideales para la educación a distancia, cerrando la brecha entre la teoría y la práctica en programas virtuales.

La Realidad Virtual/Aumentada (RV/RA) se posiciona como la segunda tendencia más fuerte, abarcando el 21.31% de los estudios. La creciente accesibilidad de la tecnología de RV/RA ha impulsado su adopción para crear experiencias de aprendizaje más inmersivas y realistas. Estos entornos permiten a los estudiantes entrar en escenarios simulados, interactuar con objetos 3D y practicar procedimientos operativos complejos, lo cual es invaluable en la capacitación para el manejo de equipos logísticos, la gestión de almacenes o la planificación portuaria. Investigaciones de Guo (2019), He (2022) y Jasso et al. (2023) son ejemplos claros de esta aplicación. La inmersión y el realismo de la RV/RA mejoran la retención del conocimiento y la transferencia de habilidades, ofreciendo una experiencia práctica que se asemeja mucho al mundo real sin las limitaciones físicas.

Los Laboratorios Remotos (Hardware) y los Entornos Híbridos comparten una presencia similar, cada uno con un 14.75% de las publicaciones. Los laboratorios remotos son fundamentales en disciplinas donde la interacción con equipos físicos es insustituible. Permiten a los estudiantes controlar dispositivos e instrumentos reales a distancia, obteniendo datos y observando fenómenos empíricos, como se observa en los trabajos de Benitez Rodriguez y Diaz Raga (2021) y Herrera et al. (2020). Si bien su implementación puede ser más compleja y costosa que los simuladores de software, ofrecen una autenticidad invaluable para la validación práctica de conceptos.

Por otro lado, los entornos híbridos representan una tendencia hacia la optimización de la experiencia de aprendizaje al combinar lo mejor de diferentes mundos con un 11.47%. Esto puede implicar la integración de simulaciones de software con módulos de RV, o el uso de laboratorios remotos complementados con entornos virtuales para la preparación. Esta combinación permite abordar diferentes dimensiones de una competencia, desde la conceptualización hasta la manipulación virtual o remota, ofreciendo flexibilidad y riqueza didáctica, un enfoque que se explora en publicaciones como las de Arce et al. (2022) y Tobarra et al. (2016).

Finalmente, la Gamificación Educativa, aunque con una menor representación (4.91%), es una tendencia emergente y prometedora. Su enfoque en el uso de elementos de juego (puntos, insignias, niveles, narrativas) busca aumentar la motivación intrínseca del estudiante, el compromiso con la tarea y la persistencia en el aprendizaje (García Vélez et al., 2023). Cuando se aplica a laboratorios virtuales, especialmente en el ámbito logístico, la gamificación puede transformar ejercicios de simulación en desafíos atractivos, mejorando la comprensión de conceptos complejos y la toma de decisiones estratégicas en un entorno lúdico. Boden et al. (2022) y Teräs et al. (2016) ofrecen ejemplos de esta aplicación.

En síntesis, la educación en logística está adoptando predominantemente simuladores de software por su eficiencia y escalabilidad, mientras que la RV/RA gana terreno por su capacidad inmersiva. Los laboratorios remotos mantienen su valor por la necesidad de interacción con hardware real, y las soluciones híbridas y la gamificación se perfilan como enfoques innovadores para enriquecer y personalizar las experiencias de aprendizaje práctico en entornos virtuales, adaptándose a las crecientes demandas de la formación de profesionales para la Industria 4.0.

Aplicabilidad de Laboratorios Virtuales a la Enseñanza de la Logística

Esta subsección conecta directamente las tendencias metodológicas identificadas con su potencial de aplicación en los programas de formación en logística. Las tipologías de laboratorios virtuales, previamente detalladas (Simuladores Basados en Software, Laboratorios Remotos, Realidad Virtual/Aumentada, Gamificación Educativa y Entornos Híbridos), ofrecen un marco robusto para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la logística. Estas herramientas permiten a los estudiantes trascender los límites de la teoría, enfrentándose a desafíos prácticos en un entorno controlado y seguro.

La simulación y la interacción inmersiva posibilitan la experimentación con escenarios complejos de la cadena de suministro, la gestión de inventarios, el transporte y el almacenamiento, desarrollando habilidades cruciales para la toma de decisiones, la optimización de procesos y la resolución de problemas en un contexto profesional dinámico. La capacidad de estos laboratorios para replicar la realidad operativa de la logística es clave para cerrar la brecha entre el conocimiento académico y las demandas del sector industrial.

Tabla 10

Áreas de la Logística en la Literatura con Laboratorios Virtuales

Área de la logística / SCM	Número de publicaciones (enfoque único predominante)	Autores (enfoque único predominante)
Gestión de inventarios	5	Jasiński et al. (2019), Pacheco-Velazquez (2022), Steglich (2021), Holguín Anzules et al. (2024), Wang (2019)
Planificación de rutas y transporte	6	Ammouriova et al. (2022), Jasso et al. (2023), Mao et al. (2022), Pang y Chen (2022), Wong y Lee (2024)

Área de la logística / SCM	Número de publicaciones (enfoque único predominante)	Autores (enfoque único predominante)
Gestión de almacenes	6	Boden et al. (2022), Guo (2019), He (2022), May (2021), Schlüter y Kretschmer (2020), Wlodyka y Bober (2021)
Optimización de la cadena de suministro	5	Baryannis et al. (2020), Ivanov et al. (2020), Shcherbakov y Silkina (2021), Teräs et al. (2016), Wang et al. (2022)
Integración/múltiples áreas logísticas (logística general, procesos logísticos, gestión de la cadena de suministro integral, operaciones logísticas)	22	Aguirre Cabrera et al. (2011), Alvarez Alvarez y Cabrera Ramos (2020), Benito-Fuentes et al. (2024), Bowersox et al. (2019), Chopra (2019), Christopher (2016), Franz et al. (2014), Hakeemah (2022), Hernández-de-Menéndez et al. (2019), Li et al. (2019), Pan et al (2023), Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel (2017), Pacheco-Velazquez et al. (2024), Pang y Chen (2022), Ramírez-Montoya et al. (2024), Rodriguez-Garcia et al. (2024), Santos Pástor et al. (2023), Singhal et al. (2024), Terkaj et al. (2024), Vásquez Bernal y González Silva (2021). Para la lista completa de 22 publicaciones, ver Apéndice A.2.
Total de publicaciones logísticas analizadas	44	

Nota. La tabla muestra la distribución de publicaciones por áreas de la logística y cadena de suministro identificadas en las referencias analizadas. Para la lista completa de autores, ver Apéndice A.

Descripción y Análisis: El análisis de la Tabla 10, resultado de un riguroso proceso de filtrado de las 80 publicaciones iniciales y la clasificación predominante de las 44 referencias directamente relacionadas con la logística, ofrece una comprensión más nítida de cómo los

laboratorios virtuales se aplican en este campo. La distinción entre enfoques únicos y múltiples es clave para entender las prioridades en la investigación y el desarrollo de herramientas educativas.

La Optimización de la Cadena de Suministro y la Planificación de Rutas y Transporte, con 5 y 6 publicaciones respectivamente, representan áreas de fuerte enfoque en la literatura. En el ámbito de la cadena de suministro, los laboratorios virtuales abordan desde la resiliencia, como exploran Ivanov et al. (2020), y la innovación, según Shcherbakov y Silkina (2021), hasta la implementación de tecnologías avanzadas como los gemelos digitales, destacada por Wang et al. (2022).

Estos entornos permiten a los estudiantes comprender las complejidades de la gestión integral de la cadena de valor. En transporte, las aplicaciones se centran en la optimización de flotas y rutas, como demuestran Ammouriova et al. (2022) y Pang y Chen (2022), así como en la simulación de operaciones logísticas específicas como las portuarias, estudiada por Jasso et al. (2023), o ferroviarias, presentada por Mao et al. (2022). Esto es crucial para desarrollar habilidades en la eficiencia del movimiento de mercancías.

La Gestión de Almacenes también cuenta con 6 publicaciones, lo que subraya la relevancia de este eslabón físico en la cadena. Los laboratorios virtuales, especialmente aquellos basados en realidad virtual y juegos serios, son utilizados para el entrenamiento en el diseño y operación de almacenes, tal como muestran He (2022) y May (2021), la manipulación segura de equipos, según Guo (2019), y la mejora de la productividad del espacio, como exponen Schlüter y Kretschmer (2020). Estas herramientas son fundamentales para la formación en la eficiencia operativa de los centros de distribución.

La Gestión de Inventarios presenta 5 publicaciones, destacando su importancia en la minimización de costos y la optimización del flujo de materiales. Los laboratorios virtuales permiten a los estudiantes experimentar con diferentes políticas de inventario, analizar el impacto de la variabilidad de la demanda y la oferta, y tomar decisiones para evitar desabastecimientos o excesos de stock, como ilustran Steglich (2021) y Jasiński et al. (2019). Estos entornos fomentan el desarrollo de habilidades analíticas y de decisión cruciales para una gestión eficaz de los recursos, incluyendo la gestión de materiales en entornos de producción (Holguín Anzules et al., 2024).

Finalmente, la categoría de Integración/Múltiples Áreas Logísticas abarca la mayor proporción, con 22 publicaciones. Este número considerable destaca la tendencia predominante en la investigación: la mayoría de los laboratorios virtuales en logística están diseñados para ofrecer una visión holística de la cadena de suministro.

Esto incluye publicaciones que abordan la logística de manera general, como las obras de Bowersox et al. (2019) y Christopher (2016), el uso de simuladores para la educación logística integral, presentado por Ramírez-Montoya et al. (2024) y Rodriguez-Garcia et al. (2024), la preparación para los desafíos de la Industria 4.0 que inherentemente integran múltiples procesos, según Pacheco-Velazquez et al. (2024), y el estudio de operaciones logísticas fundamentales, como detalla Vásquez Bernal y González Silva (2021). Este enfoque integrado es esencial para capacitar a los estudiantes en el pensamiento sistémico, la comprensión de interdependencias y la capacidad de optimizar flujos complejos a lo largo de toda la cadena de valor.

En síntesis, la aplicación de laboratorios virtuales en la enseñanza de la logística es diversa y profunda, con un fuerte énfasis en la cadena de suministro, el transporte, la gestión de almacenes y los inventarios. La preponderancia de un enfoque integrador destaca la necesidad de

preparar a los futuros profesionales para la complejidad interconectada del sector logístico moderno, fomentando habilidades prácticas y estratégicas en un entorno de aprendizaje seguro y dinámico.

Examinar Casos de Éxito

En la implementación de laboratorios virtuales en programas de formación logística a nivel superior, con énfasis en prácticas replicables y resultados pedagógicos.

La exploración de las tendencias metodológicas y la aplicabilidad de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la logística, abordada en la sección precedente, sienta las bases para profundizar en implementaciones concretas que han demostrado ser efectivas. Este apartado se enfoca en el análisis exhaustivo de los "casos de éxito" identificados en la literatura científica reciente. La selección de estos casos se ha realizado con el objetivo de trascender la identificación de herramientas, para comprender cómo se diseñan, implementan y evalúan las soluciones de laboratorio virtual que efectivamente transforman el proceso de aprendizaje en el ámbito logístico.

El propósito central de esta sección es desentrañar las prácticas replicables y las estrategias innovadoras que han caracterizado a estas implementaciones exitosas. Más allá de la descripción superficial, se busca identificar los componentes metodológicos, tecnológicos y pedagógicos que han demostrado ser cruciales para alcanzar resultados sobresalientes. Este análisis detallado no solo iluminará el "qué" se ha logrado, sino, fundamentalmente, el "cómo" se ha conseguido, proporcionando un marco de referencia invaluable para educadores e instituciones interesadas en optimizar sus programas de formación en logística.

Un aspecto crucial de este análisis es la cuantificación y cualificación de los resultados pedagógicos obtenidos. Los casos de éxito se examinarán para identificar métricas claras de

mejora en el rendimiento estudiantil, el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión conceptual. Adicionalmente, se identificarán los desafíos inherentes a la implementación de estas herramientas y las estrategias que permitieron superarlos, transformando obstáculos en valiosas lecciones aprendidas. Este enfoque pragmático busca ofrecer una guía fundamentada en evidencia para la replicación de buenas prácticas.

En síntesis, esta sección aspira a ser una fuente de conocimiento aplicado, extrayendo la esencia de las experiencias exitosas para fomentar la innovación y la mejora continua en la educación logística. A través de la caracterización detallada de los casos, la disección de sus prácticas replicables y la sistematización de sus lecciones y resultados, se consolidará una comprensión profunda sobre el potencial transformador de los laboratorios virtuales, brindando directrices claras para la implementación de soluciones de vanguardia en la formación de futuros profesionales del sector.

Identificación y Caracterización de Casos de Éxito

Este apartado se dedica a la identificación sistemática y la descripción inicial de las implementaciones de laboratorios virtuales que, a partir de un análisis riguroso de la literatura revisada, califican como "casos de éxito" en la formación logística a nivel superior. Para la presente investigación, un caso de éxito se define como un proyecto o iniciativa que no solo describe la implementación de un laboratorio virtual, sino que también reporta evidencia concreta de resultados pedagógicos positivos, mejoras significativas en el aprendizaje o el desarrollo de habilidades de los estudiantes, o que es explícitamente reconocido por sus autores como una buena práctica evaluada y satisfactoria.

El proceso de selección de estos casos implicó una lectura y evaluación crítica profunda de los artículos, comprendiendo la metodología de implementación, las estrategias didácticas

empleadas y, fundamentalmente, las evidencias de impacto reportadas. Este análisis cualitativo y detallado permitió identificar aquellas experiencias que realmente destacan por su efectividad y por ofrecer aprendizajes replicables para la comunidad educativa. Esta caracterización inicial es fundamental, ya que proporciona el conjunto de datos base sobre el cual se desarrollará un análisis más profundo de prácticas, lecciones aprendidas y resultados específicos en las secciones subsiguientes.

La información presentada en esta subsección, incluyendo la identificación de cada caso y sus características principales, es el resultado directo de este proceso de evaluación. Se busca ofrecer una visión concisa pero completa de cada implementación destacada, resaltando elementos clave como el tipo de laboratorio virtual empleado, las áreas específicas de la logística abordadas, el nivel educativo de los estudiantes participantes, y las metodologías utilizadas para evaluar su impacto y validar su éxito pedagógico. Esta síntesis inicial es crucial para sentar las bases de una discusión más detallada sobre las contribuciones de cada caso se visualizan en la Tabla 11.

Tabla 11

Características Clave de los Casos de Éxito en Formación Logística

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Ammouriova et al. (2022)	A Heuristic-Based Simulation for an Education Process to Learn about Optimization Applications in Logistics and Transportation	Simulación basada en software	Optimización Logística y Transporte	Formación Universitaria	Análisis de comprensión	Mejora la comprensión de algoritmos y decisiones logísticas.
Anjos et al. (2024)	Boosting Engineering Education with Virtual Reality: An Experiment to Enhance Student Knowledge Retention	Realidad Virtual (RV)	Ingeniería (Transferible a procesos logísticos)	Formación Universitaria	Evaluación experimental de retención de conocimiento	Aumenta la comprensión de conceptos y la memoria a largo plazo.
Arce et al. (2022)	Blended learning experience supported by a	Laboratorio Virtual	STEM (Habilidades prácticas transferibles)	Formación Universitaria	Evaluación del rendimiento académico	Mejora el rendimiento estudiantil al combinar

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
	virtual laboratory for STEM subjects					aprendizaje presencial con virtual.
Benito-Fuentes et al. (2024)	Interactive simulations as a tool for logistics and maintenance of IFMIF-DONES	Simulaciones Interactivas	Logística y Mantenimiento de instalaciones	Formación Técnica/Profesional	Evaluación de la eficiencia y seguridad en formación	Permiten formación segura y eficiente.
Boden et al. (2022)	3D VR serious games for production y logistics	Videojuego Serio 3D RV	Producción y Logística	Formación Técnica/Profesional	Análisis de la inmersión y aprendizaje práctico	Fomentan el aprendizaje práctico e inmersivo.
Chan (2021)	Implementation of a virtual mechanics laboratory for a first year undergraduate engineering subject using MATLAB App Designer	Laboratorio Virtual (Software - MATLAB)	Mecánica (Principios aplicables a dinámica logística)	Primer año de Pregrado	Evaluación del refuerzo conceptual	Permite realizar experimentos simulados que refuerzan conceptos teóricos.
Chen et al. (2024)	Application of the online teaching model based on	Plataforma de Simulación Virtual BOPPPS	Medicina Preventiva (Modelo educativo transferible)	Pregrado	Evaluación de aprendizaje práctico	Mejora el aprendizaje práctico mediante

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
	BOPPPS virtual simulation platform in preventive medicine undergraduate experiment					simulaciones virtuales.
Franz et al. (2014)	Virtual Logistics Lab: A Framework for Rapid Prototyping and Remote Experimentation	Laboratorio Virtual (Plataforma)	Cadenas de Suministro y Operaciones Logísticas	Formación Universitaria	Experimentación y prototipado rápido	Permite simular cadenas de suministro y operaciones logísticas en tiempo real.
Guo (2019)	Research on the Logistics Equipment Training Simulation System Based on Virtual Reality Technology	Sistema de Simulación RV	Entrenamiento en Uso de Equipos Logísticos	Formación Técnica/Profesional	Evaluación del realismo y aplicabilidad	Los entornos RV permiten simular con realismo el uso de maquinaria logística.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Hakeemah (2022)	The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations	Simulaciones de Laboratorio Virtual basadas en escenarios	Múltiples disciplinas (Modelo de simulación)	Formación Universitaria	Evaluación de resultados de aprendizaje	Mejora los resultados de aprendizaje.
He (2022)	Teaching Practices of a Warehousing Management Curriculum based on Virtual Reality Simulation Technology	Simulación RV	Gestión de Almacenes	Formación Universitaria	Evaluación de la comprensión de procesos	Mejora la comprensión de flujos, ubicación y eficiencia en almacenes.
Holguín Anzules et al. (2024)	El simulador Virtual Plant: una herramienta para el aprendizaje activo en la carrera de ingeniería industrial	Simulador Virtual Plant	Procesos Industriales (Relación con logística)	Ingeniería Industrial (Pregrado)	Análisis de mejora en comprensión	Mejora la comprensión de procesos industriales y su relación con la logística.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
IMOVA (s.f.)	Laboratorio Virtual Logística	Laboratorio Virtual	Gestión de almacenes y procesos logísticos generales	Formación universitaria/Profesional	Análisis de comprensión y desempeño	Facilita la comprensión de procesos de gestión de almacenes y operaciones logísticas, mejorando las habilidades prácticas para entornos reales.
Jasiński et al. (2019)	Computer simulation of logistics processes management – possibilities and solutions	Simulación por Computadora	Gestión de Procesos Logísticos	Formación Universitaria/Profesional	Análisis de capacidad de modelado y decisión	Permiten modelar sistemas logísticos, detectar cuellos de botella y evaluar decisiones.
Jasso et al. (2023)	Applying Virtual Reality for Port Logistics Learning	Realidad Virtual (RV)	Logística Portuaria (Operaciones)	Formación Universitaria/Profesional	Evaluación de la simulación en entornos educativos	Permite simular la operación portuaria en entornos educativos.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Li et al. (2019)	The application of virtual reality technology in logistics training	Realidad Virtual (RV)	Entrenamiento de Operarios Logísticos	Formación Técnica/Profesional	Evaluación de la efectividad y reducción de errores	Mejora la efectividad del aprendizaje práctico y reduce errores operativos.
Major **y** Hubálovská (2023)	Virtual laboratories in the teaching of mechanical technology	Laboratorios Virtuales	Tecnología Mecánica (Habilidades prácticas transferibles)	Formación Universitaria	Evaluación del entendimiento práctico	Mejoran el entendimiento práctico de los estudiantes.
Mao et al. (2022)	Research and application of virtual simulation experiment teaching platform for China Railway Express logistics operation	Plataforma de Simulación Virtual	Logística Ferroviaria (Operaciones)	Formación Técnica/Profesional	Evaluación de la réplica de operaciones y visualización	Permite replicar operaciones reales y visualizar flujos logísticos complejos.
May (2021)	Apply VR and Simulation-Based Learning for Logistics and Warehouse	RV y Simulación	Diseño de Almacenes y Logística	Formación Universitaria	Evaluación de toma de decisiones y comprensión espacial	Mejora la toma de decisiones y la comprensión espacial.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Mourtzis **y** Angelopoulos (2023)	Design Education Development of an Extended Reality-Based Collaborative Platform for Engineering Education: Operator 5.0	Realidad Extendida (XR)	Ingeniería (Automatización, Operaciones)	Formación Universitaria (Ingeniería)	Evaluación de promoción de habilidades técnicas y operativas	Promueve habilidades técnicas y operativas en entornos colaborativos.
Hernández Muñoz et al. (2022)	Simulators and virtual laboratories in online engineering education: A student perspective	Simuladores y Laboratorios Virtuales	Ingeniería (Percepción estudiantil)	Formación Universitaria (Online)	Encuestas de Percepción Estudiantil	Los estudiantes valoran la interactividad, accesibilidad y aplicabilidad.
Zhang y Liu, (2024)	Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability: a case study of	Laboratorios Virtuales	Multidisciplinar (Sostenibilidad educativa)	Educación Superior	Estudio de Caso sobre efectividad	Son efectivos para mejorar la sostenibilidad educativa.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Ordoñez Reyes y Cajigal Tamayo (2020)	Nankai University Modelo de laboratorio virtual de antropometría para la asignatura Ergonomía	Laboratorio Virtual	Ergonomía (Aplicable a diseño de estaciones de trabajo logísticas)	Formación Universitaria	Evaluación de la comprensión de la ergonomía aplicada	Facilita la comprensión de la ergonomía aplicada.
Orrego Riofrio et al. (2024)	Simuladores Virtuales en el Proceso de Aprendizaje de las Ciencias Experimentales.	Simuladores Virtuales	Ciencias Experimentales (Habilidades prácticas)	Formación Universitaria	Análisis de eficacia con desafíos	Son herramientas eficaces.
Pacheco-Velazquez (2022)	Effects of the use of simulators and an online platform in logistics education	Simuladores y Plataforma Online	Educación Logística (Industria 4.0)	Formación Universitaria/Profesional	Evaluación de la preparación para Industria 4.0	Preparan a los profesionales para las demandas de la Industria 4.0.
Pan et al. (2023)	Reform and Practice of Virtual Simulation	Curso de Simulación Virtual	Ingeniería Logística	Formación Universitaria	Evaluación de la pertinencia formativa	Mejora la pertinencia formativa a través del

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
	Practice Course for Logistics Engineering Specialty Based on OBE Concept and School-Enterprise Linkage					vínculo con empresas.
Pang y Chen (2022)	Design and implementation of virtual laboratory construction scheme for transportation logistics specialty group	Laboratorio Virtual (Modular)	Logística del Transporte (Planificación, distribución)	Formación Especializada	Evaluación del desarrollo e implementación	Se desarrolló un laboratorio con módulos de simulación para planificación, distribución y transporte.
Pontes Pedrajas (2022)	Didactic use of a virtual laboratory to promote the progression of students' mental models	Laboratorio Virtual	Circuitos Eléctricos (Principios de entendimiento complejos)	Formación Universitaria	Evaluación de la mejora de modelos mentales	Mejora el entendimiento de conceptos complejos.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Port Virtual Lab (s.f.)	Port Virtual Lab	Plataforma de simulación virtual	Logística portuaria y cadena de suministro intermodal	Formación universitaria/profesional	Evaluación de competencias prácticas y resolución de casos	Mejora las competencias en logística portuaria y la toma de decisiones en operaciones intermodales, promoviendo un aprendizaje inmersivo alineado con la economía azul.
Ramírez-Montoya et al. (2024)	Transforming Logistics Education by a Virtual Logistics Simulation Generator: UX Pilot Study.	Generador de Simulación Logística Virtual	Logística y Cadena de Suministro	Formación Universitaria	Estudio Piloto de Experiencia de Usuario (UX)	Son efectivos en la formación de estudiantes.
Rodriguez-Garcia et al. (2024)	A systematic literature review on the use of simulators to	Simuladores (Revisión Sistemática)	Logística	Pregrado	Revisión de literatura (consolida hallazgos)	Mejoran el aprendizaje práctico, la toma de decisiones y la

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
	train undergraduate students in logistics					comprensión sistémica.
Rodríguez y Sempere (2021)	Factoría de aprendizaje mediante realidad virtual, una innovación docente en la formación integral de la dirección de operaciones logísticas	Realidad Virtual (RV)	Dirección de Operaciones Logísticas, Toma de Decisiones	Formación Universitaria	Evaluación de habilidades prácticas y resolución de problemas	Mejora la formación integral en dirección de operaciones logísticas mediante simulaciones inmersivas, fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas.
Salazar Jiménez et al. (2024)	Laboratorios virtuales: Innovación en la Educación Superior de Física y Química durante la pandemia COVID-19	Laboratorios Virtuales	Física y Química (Soluciones educativas)	Educación Superior	Análisis de soluciones efectivas	Ofrecen soluciones efectivas para la educación.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Santoyo Sanchez et al. (2021)	SecuenciaLab: laboratorio de simulación para entrenamiento en manejo de sistemas de control electromecánicos	Laboratorio de Simulación	Sistemas de Control Electromecánicos (Aplicable a automatización logística)	Formación Técnica/Profesional	Evaluación de la mejora en capacitación	Mejora la capacitación en el campo.
Schlüter y Kretschmer (2020)	Next level training in logistics: evaluation of a virtual reality-based serious game for warehouse logistics	Videojuego Serio basado en RV	Logística de Almacenes (Operaciones)	Entrenamiento Profesional	Evaluación del impacto en la comprensión	Facilita la comprensión de operaciones como picking, almacenamiento y rotación.
Sekaran y Hildas (2023)	Implementation of an Industrial Automation Remote Lab (IARL) and validation using a deep learning approach during the	Laboratorio Remoto (IARL)	Automatización Industrial (Relevante para Logística)	Formación Universitaria/Técnica	Validación con Aprendizaje Profundo	Permite la continuación del aprendizaje práctico en pandemia.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Singhal et al. (2024)	COVID pandemic 3D-Printing Virtual Simulation Lab	Laboratorio de Simulación Virtual 3D	Impresión 3D (Procesos Industriales complejos)	Formación Universitaria	Evaluación de beneficios del aprendizaje práctico	Evalúa beneficios del aprendizaje práctico y mejora la comprensión de procesos industriales complejos.
Steglich (2021)	LogisticsLab: an Academic Software for Decision-Making in Logistics	Software Académico (LogisticsLab)	Toma de Decisiones en Logística	Formación Universitaria	Demostración de funcionalidad	Facilita análisis de rutas, stocks y distribución.
Teräs et al. (2016)	nDiVE: Gamified Virtual Reality Environment for Logistics and Supply Chain Management Training	Entorno Gamificado RV	Logística y Cadena de Suministro	Entrenamiento Profesional	Evaluación de la retención y aplicación	Mejora la retención y aplicación práctica del conocimiento.

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
Terkaj et al. (2024)	A framework for virtual learning in industrial engineering education: development of a reconfigurable virtual learning factory application	Fábrica Virtual Reconfigurable	Ingeniería Industrial (Procesos de fabricación/logística)	Formación Universitaria (Ingeniería Industrial)	Análisis de facilitación del aprendizaje práctico	Las fábricas virtuales pueden facilitar el aprendizaje práctico.
Timiraos et al. (2024)	Laboratorios virtuales para el aprendizaje a distancia en grados STEAM	Laboratorios Virtuales	STEAM (Habilidades técnicas y resolución de problemas)	Grados Universitarios (STEAM)	Evaluación de la mejora de habilidades	Mejora en habilidades técnicas y resolución de problemas.
Viegas et al. (2018)	Impact of a remote lab on teaching practices and student learning	Laboratorio Remoto	Múltiples disciplinas (Impacto en enseñanza/aprendizaje)	Formación Universitaria	Evaluación de rendimiento y motivación	Mejora el rendimiento y la motivación de los estudiantes.
Wang (2019)	Application Study of Virtual Simulation Experiment in	Simulación Virtual	Planificación y Diseño de Sistemas Logísticos	Formación Universitaria	Evaluación de la capacidad de visualización y optimización	Ayuda a visualizar, experimentar y optimizar la

Autores principales / entidad desarrolladora	Título de la publicación / proyecto	Tipo de entorno virtual / herramienta	Área(s) de aplicación logística	Nivel educativo principal	Método de evaluación reportado	Resultados pedagógicos clave reportados (breve resumen)
	Teaching of Logistics System Planning and Design					planificación logística.
Wlodyka y Bober (2021)	La aplicación de entrenamiento basada en escenarios de interacción VR – con ejemplos para logística.	Entrenamiento basado en escenarios VR	Actividades Logísticas Específicas	Entrenamiento Profesional	Evaluación de la fidelidad de la simulación	Simulan con alta fidelidad entornos logísticos reales.

Nota. La tabla sintetiza la evidencia empírica de casos de éxito en la formación logística, destacando los tipos de entornos virtuales aplicados, las áreas de aplicación, los niveles educativos y los resultados pedagógicos reportados.

Descripción y Análisis: La Tabla 11, presenta la revisión exhaustiva de las 80 publicaciones permitiendo identificar 44 casos de éxito que cumplen con los criterios de describir la implementación o uso de un laboratorio virtual o simulación con resultados pedagógicos reportados en el ámbito de la logística o en áreas directamente transferibles a esta. Este hallazgo subraya una tendencia creciente y una validación empírica del valor de los entornos virtuales en la educación superior, particularmente en campos que demandan una fuerte componente práctica y aplicada como la logística.

La diversidad de los casos de éxito es notable. En cuanto al Tipo de Entorno Virtual / Herramienta, se observa una marcada predominancia de simulaciones basadas en software, muchas de las cuales se apoyan en herramientas de Realidad Virtual (RV) o Realidad Extendida (XR) para ofrecer experiencias inmersivas y altamente interactivas. Autores como Anjos et al. (2024) y Jasso et al. (2023) han demostrado el potencial de la RV en este campo, así como el uso de entornos virtuales estructurados como Go-Lab, que promueven el aprendizaje por indagación (Torres-Payoma et al., 2022).

También se identifican laboratorios remotos y simuladores más generales que, aunque no siempre diseñados específicamente para logística, presentan metodologías y resultados transferibles debido a su enfoque en la mejora de habilidades prácticas o la comprensión de procesos complejos, como se ve en las investigaciones de Arce et al. (2022) y Viegas et al. (2018). La aparición de "serious games" (Boden et al., 2022; Schlüter y Kretschmer, 2020) es particularmente relevante para la logística, destacando un enfoque innovador en la motivación y el engagement del estudiante.

Respecto a las Área(s) de Aplicación Logística abordada, los casos de éxito cubren un espectro amplio, reflejando la naturaleza multifacética de la disciplina. Se identifican

aplicaciones en optimización logística y transporte (Ammouriova et al., 2022; Wang, 2019), gestión de almacenes y operaciones (He, 2022; Schlüter y Kretschmer, 2020), y logística portuaria y ferroviaria (Jasso et al., 2023; Mao et al., 2022). Esto indica que los laboratorios virtuales no se limitan a un subcampo específico, sino que ofrecen soluciones versátiles para diferentes dominios de la logística, desde la micro-gestión de un almacén hasta la macro-planificación de una red de transporte.

En esta línea, Port Virtual Lab (s.f.), presenta una plataforma de simulación virtual que permite a los estudiantes practicar operaciones de logística portuaria y gestión de cadenas de suministro intermodales en entornos inmersivos. Este caso de éxito destaca por su capacidad para replicar escenarios complejos del sector marítimo, fortaleciendo competencias prácticas y la toma de decisiones estratégicas, lo que refuerza la aplicabilidad de los laboratorios virtuales en subcampos especializados de la logística.

De manera similar, IMOVA (s.f.) ofrece un laboratorio virtual diseñado para simular procesos de gestión de almacenes y operaciones logísticas, permitiendo a los estudiantes optimizar flujos y desarrollar habilidades prácticas en un entorno controlado. Este caso refuerza la capacidad de los laboratorios virtuales para abordar aspectos operativos clave de la logística, desde la gestión de inventarios hasta la eficiencia en almacenes, consolidando su rol como herramientas esenciales para la formación práctica.

En cuanto al Nivel Educativo Principal, la mayoría de los casos se dirigen a la Formación Universitaria (tanto pregrado como posgrado) o Formación Técnica/Profesional, utilizando simulaciones para reforzar conocimientos teóricos y desarrollar habilidades prácticas.

Los Métodos de Evaluación Reportados varían, aunque muchos resúmenes son concisos. Se mencionan la evaluación experimental de retención de conocimiento (Anjos et al., 2024), la

evaluación del rendimiento académico (Arce et al., 2022), y encuestas de percepción estudiantil (Hernández Muñoz et al., 2022). La naturaleza exploratoria o de implementación inicial de algunos proyectos implica que la evaluación se centra en la funcionalidad y la prueba de concepto, sentando las bases para futuras evaluaciones pedagógicas más rigurosas.

Finalmente, los Resultados Pedagógicos Clave Reportados son consistentes en destacar los beneficios de los laboratorios virtuales. Los hallazgos recurrentes incluyen la mejora en la comprensión de conceptos complejos, como lo demuestran He (2022) y Pontes Pedrajas (2022); el desarrollo de habilidades prácticas y operativas, evidenciado por Li et al. (2019) y Mourtzis y Angelopoulos (2023); la capacidad de simular y optimizar procesos logísticos, como se observa en los trabajos de Franz et al. (2014) y Wang (2019); el aumento de la motivación y el engagement estudiantil, reportado por Teräs et al. (2016) y Viegas et al. (2018); y la mejora de la pertinencia formativa alineada con las demandas de la Industria 4.0, destacado por Pacheco-Velazquez (2022) y Pan et al. (2023).

En este contexto, Rodríguez y Sempere (2021) destacan el uso de una factoría de aprendizaje basada en realidad virtual para la formación integral en dirección de operaciones logísticas, demostrando mejoras significativas en la toma de decisiones estratégicas y la comprensión de procesos complejos. Este caso subraya la capacidad de los entornos virtuales para preparar a los estudiantes para las demandas de la Industria 4.0, consolidando los laboratorios virtuales como una estrategia clave para la formación logística de alta calidad. Estos resultados colectivamente validan la inversión en laboratorios virtuales como una estrategia educativa efectiva para la formación logística.

Prácticas Replicables y Lecciones Aprendidas de los Casos de Éxito

Esta subsección se adentra en el "cómo" detrás del éxito de la implementación de laboratorios virtuales en la formación logística. Al analizar los 44 casos de éxito identificados, se extraen elementos procesuales, tecnológicos y didácticos que han demostrado ser efectivos, así como las conclusiones clave extraídas por los autores. Esta información proviene del análisis cualitativo del "Resumen del Contenido de la Publicación" de cada caso de éxito, proporcionando una hoja de ruta práctica para futuras iniciativas educativas.

La creciente demanda de profesionales logísticos altamente calificados, capaces de operar en entornos complejos y dinámicos, ha impulsado la búsqueda de metodologías de enseñanza innovadoras. Los laboratorios virtuales emergen como una solución robusta para cerrar la brecha entre la teoría académica y la práctica industrial, ofreciendo un espacio seguro y flexible para la experimentación y el desarrollo de habilidades esenciales. Esta sección busca destilar la experiencia acumulada por diversos programas e instituciones a nivel global, presentando un compendio de lo que funciona y por qué. Este modelo ha sido replicado con éxito en contextos educativos universitarios relacionados con la ergonomía (Ordoñez Reyes y Cajigal Tamayo, 2020).

Entender las prácticas replicables y las lecciones aprendidas es fundamental para cualquier institución educativa que contemple la integración de estas herramientas. No se trata solo de la adquisición de tecnología, sino de la implementación de estrategias pedagógicas coherentes, el diseño de contenidos relevantes y la previsión de los desafíos operativos. Los autores de los estudios analizados ofrecen perspectivas valiosas que pueden acelerar la curva de aprendizaje para nuevos implementadores y optimizar los recursos.

Por lo tanto, los siguientes apartados no solo presentarán una síntesis de las acciones exitosas, sino también una reflexión sobre los factores críticos que contribuyen a la viabilidad y el impacto pedagógico de los laboratorios virtuales en el campo de la logística, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informada.

El propósito de la Tabla 12, es sintetizar las acciones, estrategias o componentes específicos que se identifican como factores clave de éxito y que pueden ser adoptados por otros programas educativos en el campo de la logística.

Tabla 12

Prácticas Replicables en Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística

Categoría de práctica replicable	Descripción de la práctica (detalle)	Ejemplos de casos de éxito que la implementan (autores principales)
Diseño instruccional centrado en experiencias inmersivas	Creación de entornos virtuales de alta fidelidad que replican escenarios logísticos reales, utilizando Realidad Virtual (RV) o Realidad Extendida (XR) para proporcionar experiencias de aprendizaje prácticas y visuales.	Guo (2019), He (2022), Jasso et al. (2023), Li et al. (2019), May (2021), Mourtzis y Angelopoulos (2023), Schlüter y Kretschmer (2020), Wlodyka y Bober (2021), Rodríguez y Sempere (2021), Portal Virtual Lab (s.f.)
Integración de simulación para análisis y optimización	Incorporación de software de simulación robusto que permite a los estudiantes modelar, analizar y optimizar procesos complejos de la cadena de suministro, facilitando la toma de decisiones basada	Ammouriova et al. (2022), Franz et al. (2014), Jasiński et al. (2019), Steglich (2021), Wang (2019), IMOVA (s.f.)

Categoría de práctica replicable	Descripción de la práctica (detalle)	Ejemplos de casos de éxito que la implementan (autores principales)
	en datos y la identificación de cuellos de botella.	
Enfoque en aprendizaje activo y gamificación	Implementación de metodologías que promueven la participación activa del estudiante, incluyendo el uso de "serious games" para aumentar la motivación, el engagement y la retención del conocimiento a través de desafíos interactivos y retroalimentación inmediata.	Boden et al. (2022), Teräs et al. (2016)
Modularidad y escalabilidad del laboratorio virtual	Diseño de estructuras de laboratorio virtual con módulos flexibles que permiten adaptar los escenarios a diferentes necesidades de aprendizaje y escalar la plataforma para acoger a un mayor número de estudiantes o integrar nuevos contenidos.	Pang y Chen (2022)
Fomento de habilidades de resolución de problemas y toma de decisiones	Creación de escenarios virtuales que requieren que los estudiantes apliquen conocimientos teóricos para resolver problemas prácticos, mejorando su capacidad analítica y su juicio en situaciones logísticas complejas.	Ammouriova et al. (2022), May (2021), Rodriguez-Garcia et al. (2024), Wang (2019), Rodríguez y Sempere (2021), Portal Virtual Lab (s.f.), IMOVA (s.f.)
Conexión con la industria y necesidades del mercado laboral	Alineación del contenido y las prácticas del laboratorio virtual con las demandas y tecnologías emergentes de la Industria 4.0, a menudo a través de la vinculación con	Pacheco-Velazquez (2022), Pan et al. (2023)

Categoría de práctica replicable	Descripción de la práctica (detalle)	Ejemplos de casos de éxito que la implementan (autores principales)
	empresas para asegurar la pertinencia y empleabilidad de los egresados.	
Accesibilidad remota y flexible	Desarrollo de plataformas que permiten el acceso a los laboratorios virtuales desde cualquier ubicación y en cualquier momento, asegurando la continuidad educativa y la flexibilidad, particularmente relevante en modelos de educación a distancia o híbridos.	Sekaran y Hildas (2023), Viegas et al. (2018), Hernández Muñoz et al. (2022)
Retroalimentación efectiva y evaluación del aprendizaje	Implementación de mecanismos claros para proporcionar retroalimentación constructiva a los estudiantes sobre su desempeño en el laboratorio virtual y métodos para evaluar la mejora en su comprensión y habilidades.	Hakeemah (2022), Pontes Pedrajas (2022)

Nota. Esta tabla sintetiza las prácticas replicables y efectivas para la implementación de laboratorios virtuales en la formación logística, detallando las estrategias clave identificadas en casos de éxito que pueden guiar futuras implementaciones.

Descripción y Análisis: Las prácticas identificadas en la Tabla 12, representan estrategias fundamentales para el éxito en la implementación de laboratorios virtuales en la educación logística.

El Diseño Instruccional Centrado en Experiencias Inmersivas es crucial porque permite a los estudiantes interactuar con réplicas virtuales de escenarios logísticos que serían costosos o peligrosos de replicar físicamente. La investigación de Guo (2019) sobre sistemas de simulación

VR para entrenamiento en equipos logísticos y el trabajo de Wlodyka y Bober (2021) en escenarios VR de alta fidelidad, demuestran cómo la inmersión facilita una comprensión profunda y la adquisición de habilidades operativas. Otros casos, como los de Jasso et al. (2023), con simulaciones portuarias y Rodríguez y Sempere (2021) con una factoría de aprendizaje en realidad virtual, refuerzan la capacidad de estas herramientas para conectar la teoría con la práctica. Esta práctica es vital para trasladar la teoría a la aplicación práctica de manera segura y eficiente.

La Integración de Simulación para Análisis y Optimización equipa a los estudiantes con herramientas para abordar la complejidad de los sistemas logísticos modernos. La capacidad de modelar y analizar rutas o cadenas de suministro, como se describe en el trabajo de Ammouriova et al. (2022) y Jasiński et al. (2019), es esencial para formar profesionales capaces de optimizar operaciones y tomar decisiones estratégicas. Estos simuladores actúan como un campo de pruebas virtual donde los estudiantes pueden experimentar con diferentes variables y observar sus impactos. Por ejemplo, IMOVA (s.f.) ofrece simulaciones para optimizar procesos de gestión de almacenes, complementando estas iniciativas.

El Enfoque en Aprendizaje Activo y Gamificación aborda la necesidad de mantener a los estudiantes motivados y comprometidos. Los "serious games" utilizados por Boden et al. (2022) y Teräs et al. (2016) transforman el aprendizaje en una experiencia lúdica, lo que se traduce en una mayor retención de conocimientos y una mejor aplicación práctica, un factor clave en la adquisición de habilidades complejas.

La Modularidad y Escalabilidad del Laboratorio Virtual es una práctica operativa que garantiza la adaptabilidad y el crecimiento de la iniciativa. El esquema de diseño de laboratorio virtual con módulos de simulación para logística del transporte presentado por Pang y Chen

(2022) ilustra cómo una estructura modular permite la personalización del aprendizaje y facilita la expansión a medida que evolucionan las necesidades curriculares o tecnológicas.

El Fomento de Habilidades de Resolución de Problemas y Toma de Decisiones es un objetivo central de la educación logística. Al exponer a los estudiantes a escenarios que requieren análisis y solución de problemas, como las simulaciones para planificación logística de Wang (2019), los laboratorios virtuales actúan como un espacio seguro para desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad de decisión, habilidades altamente valoradas en el ámbito profesional. Casos adicionales, como los de Jasso et al. (2023) en logística portuaria, IMOVA (s.f.) en gestión de almacenes, y Rodríguez y Sempere (2021) en dirección de operaciones logísticas, ilustran cómo las simulaciones virtuales fortalecen estas competencias en diversos contextos logísticos.

La Conexión con la Industria y Necesidades del Mercado Laboral asegura que la formación sea relevante y actual. El enfoque en preparar a los profesionales para la Industria 4.0, como lo señalan Pacheco-Velazquez (2022) y Pan et al. (2023) al vincular el currículo con empresas, es fundamental para garantizar que los egresados posean las competencias que demanda el mercado laboral. Asimismo, iniciativas como Jasso et al. (2023) con su enfoque en logística portuaria y Rodríguez y Sempere (2021) con formación en operaciones logísticas mediante realidad virtual, refuerzan la pertinencia de los laboratorios virtuales para entornos industriales modernos.

Finalmente, la Accesibilidad Remota y Flexible ha demostrado ser vital, especialmente en contextos de educación a distancia. Los laboratorios remotos, como los implementados por Sekaran y Hildas (2023) y Viegas et al. (2018), no solo garantizan la continuidad educativa sino que también amplían el acceso a experiencias prácticas a estudiantes que de otra manera no

podrían beneficiarse de ellas, democratizando la educación. La retroalimentación efectiva, como la mencionada por Pontes Pedrajas (2022), es esencial para guiar este aprendizaje remoto.

En la Tabla 13, se compila las conclusiones, recomendaciones y desafíos superados que los autores de los casos de éxito comparten, ofreciendo sabiduría práctica para futuras iniciativas.

Tabla 13

Lecciones Clave Sobre Laboratorios Virtuales en Logística

Categoría de lección aprendida	Descripción de la lección (detalle)	Ejemplos de casos de éxito que la reportan (autores principales)
Importancia de la capacidad técnica y soporte de ti	La implementación exitosa depende de una infraestructura tecnológica robusta, conectividad estable y soporte técnico especializado para mantener las plataformas operativas y resolver problemas técnicos.	Rodríguez-García et al. (2024) implícito en discusión de simuladores, Sekaran y Hildas (2023) en la implementación de laboratorio remoto, Zamora Musa (2021)
Necesidad de capacitación docente y adaptación pedagógica	Los docentes requieren capacitación específica no solo en el manejo de las herramientas virtuales, sino también en metodologías pedagógicas adaptadas al entorno virtual para maximizar su potencial didáctico.	Reid García et al. (2022), Tobarra et al. (2016)
Diseño centrado en la experiencia del usuario (ux)	Un diseño intuitivo y una buena experiencia de usuario son fundamentales para la aceptación y efectividad del laboratorio virtual por parte de los estudiantes, minimizando la frustración y facilitando el aprendizaje.	Ramírez-Montoya et al. (2024), Hernández Muñoz et al. (2022)

Categoría de lección aprendida	Descripción de la lección (detalle)	Ejemplos de casos de éxito que la reportan (autores principales)
Evaluación continua y adaptación curricular	Los laboratorios virtuales deben ser evaluados constantemente para asegurar que cumplen los objetivos de aprendizaje y que sus contenidos se actualizan para reflejar las tendencias del sector y las necesidades estudiantiles.	Rodriguez-Garcia et al. (2024) sobre la mejora continua de simuladores, Santoyo Sanchez et al. (2021) para entrenamiento)
Gestión de la complejidad y realismo de la simulación	Es un desafío equilibrar el realismo de la simulación con la complejidad para no abrumar a los estudiantes, asegurando que la herramienta sea educativa y no solo una réplica de la realidad.	Wlodyka y Bober (2021) alta fidelidad, Pang y Chen (2022) módulos
Sostenibilidad y financiamiento a largo plazo	La implementación y mantenimiento de laboratorios virtuales requieren una planificación financiera a largo plazo y la búsqueda de modelos sostenibles, dada la constante evolución tecnológica.	Zhang y Liu (2024) sostenibilidad educativa
Énfasis en el aprendizaje activo y la aplicación práctica	Los laboratorios virtuales son más efectivos cuando se enfocan en la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de habilidades, más allá de la mera transmisión de información teórica.	Holguín Anzules et al. (2024) aprendizaje activo, Li et al. (2019) aprendizaje práctico

Nota. La tabla reúne las principales lecciones aprendidas en la implementación de laboratorios virtuales en logística, destacando desafíos y factores críticos de éxito reportados en la literatura.

Descripción y Análisis: La Tabla 13, presenta las lecciones aprendidas de la implementación de laboratorios virtuales en logística ofrecen una perspectiva valiosa sobre los desafíos y consideraciones clave para el éxito a largo plazo.

La Importancia de la Capacidad Técnica y Soporte de TI es una lección recurrente. Un laboratorio virtual, por muy bien diseñado que esté, no puede funcionar sin una infraestructura tecnológica sólida. Autores como Sekaran y Hildas (2023) al implementar su laboratorio remoto, y Zamora Musa (2021) al analizar los requerimientos para laboratorios remotos, subrayan que la conectividad, el hardware adecuado y un equipo de soporte técnico eficiente son imprescindibles para garantizar la disponibilidad y el correcto funcionamiento.

La Necesidad de Capacitación Docente y Adaptación Pedagógica es igualmente crítica. No basta con proporcionar la tecnología; los docentes deben estar preparados para integrarla efectivamente en sus metodologías de enseñanza. Reid García et al. (2022) discuten las estrategias de la UNAD durante la pandemia que implicaron una adaptación pedagógica significativa, mientras que Tobarra et al. (2016) muestran cómo la integración de laboratorios como servicio en LMS requiere que los educadores dominen estas nuevas formas de impartir el conocimiento.

Un Diseño Centrado en la Experiencia del Usuario (UX) emerge como un factor determinante para la aceptación por parte de los estudiantes. Si un laboratorio virtual es difícil de usar o no es intuitivo, su potencial pedagógico se reduce. Ramírez-Montoya et al. (2024), en su estudio piloto sobre un generador de simulación logística virtual, destacan la importancia de la UX, y Hernández Muñoz et al. (2022) corroboran esta idea al reportar que los estudiantes valoran la interactividad y accesibilidad.

La Evaluación Continua y Adaptación Curricular es vital para mantener la relevancia del laboratorio virtual. El campo de la logística evoluciona rápidamente, y las herramientas de simulación deben reflejar estos cambios. Rodriguez-Garcia et al. (2024), en su revisión sistemática sobre simuladores en logística, insinúan esta necesidad al hablar del impacto de los simuladores, lo que implica una mejora continua.

La Gestión de la Complejidad y Realismo de la Simulación es un desafío delicado. Si bien la alta fidelidad es deseable, debe ser equilibrada para no sobrecargar cognitivamente a los estudiantes. Wlodyka y Bober (2021) enfatizan la "alta fidelidad" de sus escenarios VR, pero es una lección implícita que debe gestionarse para no hacer el aprendizaje excesivamente complejo en etapas iniciales.

La Sostenibilidad y Financiamiento a Largo Plazo es una preocupación práctica. Los laboratorios virtuales requieren una inversión inicial significativa y costos continuos de mantenimiento y actualización. El estudio de Zhang y Liu (2024) sobre la sostenibilidad en laboratorios virtuales resalta la necesidad de modelos que aseguren su viabilidad a largo plazo.

Finalmente, el Énfasis en el Aprendizaje Activo y la Aplicación Práctica es una lección pedagógica fundamental. Los casos de éxito demuestran que el verdadero valor de los laboratorios virtuales reside en su capacidad para facilitar el "aprender haciendo". Holguín Anzules et al. (2024) y Li et al. (2019) enfatizan cómo sus respectivos simuladores y entornos virtuales mejoran la comprensión y reducen errores operativos mediante la experiencia práctica.

En conjunto, estas prácticas replicables y lecciones aprendidas proporcionan un marco integral para el diseño e implementación de laboratorios virtuales efectivos en la formación logística, destacando la necesidad de un enfoque holístico que abarque desde el diseño técnico y pedagógico hasta la gestión y el soporte continuo.

Resultados Pedagógicos y Desafíos en los Casos de Éxito

Esta subsección se adentra en los impactos medibles y reportados de los laboratorios virtuales, así como en los desafíos específicos que enfrentaron y superaron los casos de éxito en su implementación. El análisis busca cuantificar y cualificar los resultados obtenidos por estas iniciativas exitosas y describir los obstáculos que lograron superar, ofreciendo así una visión completa tanto del rendimiento como de las dificultades inherentes a la aplicación de estas herramientas en la formación logística. Comprender estos aspectos es crucial para replicar efectivamente el éxito y anticipar posibles contratiempos.

La efectividad de cualquier innovación educativa se mide por su impacto real en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En el caso de los laboratorios virtuales en logística, este impacto se manifiesta en una serie de resultados pedagógicos que van desde la mejora en la comprensión de conceptos complejos y el desarrollo de habilidades prácticas, hasta un aumento notable en la motivación y el compromiso estudiantil, especialmente cuando se utilizan entornos interactivos como Go-Lab que promueven la exploración guiada de fenómenos científicos (Torres-Payoma et al., 2022). La construcción metodológica de simuladores virtuales, como la propuesta por Ostapenko (2019), resulta fundamental para lograr procesos formativos efectivos en logística. Esta sección detalla cuáles de estos resultados son los más consistentemente reportados por la literatura, proporcionando una base empírica para justificar la inversión y el esfuerzo en estas tecnologías.

Sin embargo, el camino hacia el éxito no está exento de obstáculos. La implementación de laboratorios virtuales, con su dependencia de la tecnología y su necesidad de integración curricular, presenta una serie de desafíos inherentes. Desde la infraestructura técnica y el desarrollo de contenido complejo hasta la capacitación docente y la sostenibilidad a largo plazo,

los casos de éxito analizados han sorteado diversas dificultades. Esta sección no solo identificará estos desafíos recurrentes, sino que también iluminará las estrategias y soluciones que permitieron a estas iniciativas superar las barreras, transformándolas en valiosas lecciones aprendidas para futuros proyectos.

Por lo tanto, la información presentada en esta sección servirá como una guía pragmática, ofreciendo tanto una perspectiva optimista sobre el potencial transformador de los laboratorios virtuales como una visión realista de los retos que deben ser gestionados proactivamente para asegurar su éxito sostenido en la educación logística.

El propósito de esta Tabla 14, es sintetizar los beneficios y mejoras específicas en el aprendizaje de los estudiantes o en el proceso educativo atribuidos a la implementación de los laboratorios virtuales, extrayendo datos cuantitativos y cualitativos cuando sea posible.

Tabla 14

Resultados Pedagógicos Reportados en los Casos de Éxito

Categoría de resultado pedagógico	Descripción/métrica reportada (ej.: % de mejora, escala likert)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
Mejora en comprensión conceptual	Mejora del entendimiento de conceptos complejos; aumento de la claridad en procesos abstractos.	11	Ammouriova et al. (2022), Anjos et al. (2024), Chan (2021), He (2022), Holguín Anzules et al. (2024), Major y Hubálovská (2023), Ordoñez Reyes y Cajigal Tamayo (2020), Pontes Pedrajas (2022), Schlüter y Kretschmer (2020), Singhal et al. (2024), Wang (2019), Rodríguez y Sempere (2021)

Categoría de resultado pedagógico	Descripción/métrica reportada (ej.: % de mejora, escala likert)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
Desarrollo de habilidades prácticas/operativas	Adquisición o mejora de habilidades técnicas, motoras y operativas; capacidad para ejecutar procedimientos o usar herramientas virtuales.	17	Benito-Fuentes et al. (2024), Chen et al. (2024), Guo (2019), Li et al. (2019), Mourtzis y Angelopoulos (2023), Orrego Riofrio et al. (2024), Pacheco-Velazquez (2022), Rodriguez-Garcia et al. (2024), Salazar Jiménez et al. (2024), Santoyo Sanchez et al. (2021), Sekaran y Hildas (2023), Terkaj et al. (2024), Timiraos et al. (2024), Wlodyka y Bober (2021), IMOVA (s.f.) y Portal Virtual Lab (s.f.)
Mejora en toma de decisiones/resolución de problemas	Capacidad para analizar escenarios, evaluar opciones y tomar decisiones informadas en contextos logísticos; mejora en la resolución de cuellos de botella.	6	Ammouriova et al. (2022), Jasiński et al. (2019), May (2021), Rodriguez-Garcia et al. (2024), Steglich (2021), Wang (2019)
Aumento de la motivación y engagement estudiantil	Mayor interés, participación activa y retención del conocimiento debido a la	4	Boden et al. (2022), Hernández Muñoz et al. (2022), Teräs et al. (2016), Viegas et al. (2018)

Categoría de resultado pedagógico	Descripción/métrica reportada (ej.: % de mejora, escala likert)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
	interactividad, inmersión o elementos gamificados.		
Preparación para entornos industriales (industria 4.0)	Mayor pertinencia formativa; alineación de las competencias adquiridas con las demandas del mercado laboral y tecnologías emergentes.	3	Pacheco-Velazquez (2022), Pan et al. (2023)
Eficiencia y seguridad en el aprendizaje	Permite realizar prácticas sin riesgos físicos o costos elevados; simulación de entornos peligrosos o complejos.	2	Benito-Fuentes et al. (2024), Li et al. (2019)
Acceso flexible y continuidad educativa	Posibilidad de aprender en cualquier momento y lugar; continuidad de las prácticas durante restricciones (ej. pandemia).	3	Sekaran y Hildas (2023), Viegas et al. (2018), Hernández Muñoz et al. (2022)

Categoría de resultado pedagógico	Descripción/métrica reportada (ej.: % de mejora, escala likert)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
Desarrollo de modelos mentales claros	Ayuda a los estudiantes a construir representaciones internas más precisas y funcionales de los sistemas.	1	Pontes Pedrajas (2022)

Nota. La tabla presenta los principales resultados pedagógicos identificados en los casos analizados.

Descripción y Análisis: La Tabla 14, da a conocer los resultados pedagógicos reportados por los casos de éxito confirman el impacto positivo de los laboratorios virtuales en la formación logística, destacando varias áreas clave de mejora.

El resultado más frecuentemente reportado es el Desarrollo de Habilidades Prácticas/Operativas, presente en 17 de los 44 casos. Esto subraya que los laboratorios virtuales son herramientas excepcionales para el "aprender haciendo", permitiendo a los estudiantes adquirir destrezas que serían difíciles o costosas de replicar en un entorno físico. Autores como Li et al. (2019), Mourtzis y Angelopoulos (2023) y Rodríguez y Sempere (2021) enfatizan cómo sus entornos virtuales permiten la adquisición de habilidades técnicas y la reducción de errores operativos, lo cual es fundamental para la logística.

En estrecha relación, la Mejora en la Comprensión Conceptual se destaca en 11 casos. Esto sugiere que la experiencia interactiva y visual de los laboratorios virtuales ayuda a los

estudiantes a entender principios abstractos o procesos complejos. Por ejemplo, el trabajo de He (2022) en la gestión de almacenes y el de Pontes Pedrajas (2022) sobre modelos mentales en circuitos eléctricos, ambos evidencian cómo la simulación virtual facilita una comprensión más profunda que los métodos tradicionales.

La Mejora en la Toma de Decisiones y Resolución de Problemas es otro beneficio significativo, reportado en 6 casos. Los laboratorios virtuales proporcionan un espacio seguro para que los estudiantes experimenten con diferentes estrategias y observen los resultados, fomentando el pensamiento crítico y la capacidad analítica. Las simulaciones de Ammouriova et al. (2022) y Wang (2019) para la optimización logística son claros ejemplos de esta contribución.

El Aumento de la Motivación y el Engagement Estudiantil se menciona en 4 casos, con la gamificación y la interactividad como factores clave. Los trabajos de Boden et al. (2022) y Teräs et al. (2016) demuestran que los "serious games" y entornos gamificados no solo hacen el aprendizaje más atractivo, sino que también mejoran la retención y aplicación práctica del conocimiento.

Aunque con menor frecuencia, también se reportan resultados cruciales como la Preparación para Entornos Industriales (Industria 4.0) (Pacheco-Velazquez, 2022), la Eficiencia y Seguridad en el Aprendizaje (Benito-Fuentes et al., 2024), y la Acceso Flexible y Continuidad Educativa (Sekaran y Hildas, 2023), lo que resalta la versatilidad y el valor estratégico de los laboratorios virtuales más allá de los objetivos pedagógicos directos.

Esta ausencia de una correspondencia uno a uno entre tipo de laboratorio y resultado pedagógico refleja la naturaleza multifuncional de estas herramientas. Muchos entornos virtuales están diseñados para abordar simultáneamente distintas dimensiones del aprendizaje, combinando visualización, interacción y resolución de problemas (Benito-Fuentes et al., 2024;

Mourtzis y Angelopoulos, 2023). No obstante, los patrones incipientes observados como la ventaja de los entornos inmersivos en el desarrollo de habilidades espaciales y operativas, o la eficacia de los simuladores en la toma de decisiones, sugieren que una selección estratégica, basada en los objetivos formativos, puede maximizar el impacto pedagógico. Esta diversidad funcional exige que las instituciones no adopten un único modelo, sino que alineen las herramientas con las competencias específicas que buscan fortalecer (Rodríguez-García et al., 2024; Wang, 2019).

En esa línea, los casos analizados evidencian que las ventajas de los laboratorios virtuales no solo radican en su componente tecnológico, sino en la forma diferenciada en que potencian distintos tipos de aprendizaje. Los entornos inmersivos, al estimular la experimentación sensorial y la manipulación espacial, resultan más efectivos para tareas operativas, de coordinación o montaje (Li et al., 2019; Sekaran y Hildas, 2023). Por otro lado, los laboratorios centrados en simulación sistémica ofrecen ventajas para el análisis lógico, la evaluación de procesos y la toma de decisiones estratégicas (Ammouriova et al., 2022; Steglich, 2021). Esta diferenciación funcional permite una planificación curricular más precisa, donde cada tipo de entorno puede ser integrado de manera intencionada según la naturaleza de las habilidades a desarrollar, el nivel de formación del estudiante y el contexto institucional en el que se aplicará (Pacheco-Velazquez, 2022).

El propósito de la Tabla 15, es identificar los obstáculos comunes que los casos de éxito lograron sortear, transformándolos en aprendizajes, extrayendo información sobre problemas abordados y resueltos de los resúmenes.

Tabla 15

Desafíos Superados en la Implementación de Laboratorios Virtuales

Categoría de desafío superado	Estrategias de superación (breve)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
Infraestructura técnica y conectividad	Asegurar hardware y software adecuados; gestionar requerimientos de red; superar limitaciones de acceso remoto.	4	Sekaran y Hildas (2023), Tobarra et al. (2016), Zamora Musa (2021)
Diseño y desarrollo de contenido y escenarios	Crear escenarios realistas y pedagógicamente efectivos; desarrollar módulos de simulación complejos; equilibrar realismo y complejidad.	6	Ammouriova et al. (2022), Pang y Chen (2022), Teräs et al. (2016), Wang (2019), Wlodyka y Bober (2021)
Adaptación curricular e integración pedagógica	Integrar el laboratorio virtual en el currículo existente; adaptar metodologías de enseñanza al entorno virtual; lograr el encaje con los objetivos de aprendizaje.	4	Arce et al. (2022), He (2022), Pan et al. (2023), Tobarra et al. (2016)
Capacitación y aceptación docente	Proporcionar formación a los profesores en el uso de la herramienta y en nuevas pedagogías; superar la resistencia al cambio.	2	Reid García et al. (2022), Rodríguez y Sempere (2021)
Mantenimiento y actualización de la plataforma	Asegurar la sostenibilidad y el soporte a largo plazo de la plataforma y sus contenidos.	1	Zhang y Liu (2024)

Categoría de desafío superado	Estrategias de superación (breve)	Frecuencia de aparición (número de casos)	Ejemplos de casos de éxito (autores principales)
Costo de implementación y sostenibilidad financiera	Gestionar presupuestos iniciales y recurrentes; buscar modelos de financiamiento sostenibles.	1	Zhang y Liu (2024)
Garantizar experiencia de usuario (ux) intuitiva	Diseñar interfaces amigables y usables para minimizar la frustración del estudiante y maximizar el aprendizaje.	2	Hernández Muñoz et al. (2022), Ramírez-Montoya et al. (2024)
Evaluación de la efectividad y el impacto real	Establecer métricas claras y métodos para evaluar el verdadero impacto pedagógico del laboratorio.	1	Hakeemah (2022)

Nota. La tabla muestra los principales desafíos enfrentados y superados en la implementación de laboratorios virtuales.

Descripción y Análisis: Los casos de éxito que se exhiben en la Tabla 15, no solo demuestran los beneficios de los laboratorios virtuales, sino también que su implementación conlleva desafíos significativos que deben ser proactivamente gestionados. La capacidad de superar estos obstáculos es una lección crucial para futuros implementadores.

El desafío más común radica en el Diseño y Desarrollo de Contenido y Escenarios, reportado en 6 casos. Crear simulaciones realistas, pedagógicamente efectivas y que equilibren la complejidad es una tarea ardua. Wang (2019) y Wlodyka y Bober (2021) destacan la necesidad de desarrollar entornos de simulación de alta fidelidad, lo que implica un considerable esfuerzo

en diseño instruccional y tecnológico. Pang y Chen (2022) lo abordaron con un esquema de diseño modular, facilitando la construcción por etapas.

La Infraestructura Técnica y Conectividad es un desafío fundamental, mencionado en 4 casos. La dependencia de la tecnología implica que cualquier falla en la red, el hardware o el software puede paralizar el proceso de aprendizaje. Sekaran y Hildas (2023) y Zamora Musa (2021) enfatizan la necesidad de una infraestructura robusta y una gestión de red eficiente para soportar el acceso remoto y la funcionalidad del laboratorio. Esto se conecta directamente con la "Importancia de la Capacidad Técnica y Soporte de TI" como lección aprendida en la Sección 2.2.

La Adaptación Curricular e Integración Pedagógica también emerge como un obstáculo recurrente (4 casos). No es suficiente tener un laboratorio virtual; debe integrarse fluidamente en el plan de estudios y alinearse con los objetivos de aprendizaje. Autores como Arce et al. (2022) y Pan et al. (2023) detallan cómo lograron esta integración, asegurando que el laboratorio virtual no fuera un complemento aislado sino una parte integral del proceso formativo.

La Capacitación y Aceptación Docente es un desafío crítico, aunque mencionado en solo 2 resúmenes directamente. La resistencia al cambio o la falta de familiaridad con las nuevas herramientas puede limitar su adopción. El trabajo de Reid García et al. (2022) sobre la movilidad social en la UNAD durante la pandemia subraya la necesidad de una capacitación docente continua y un apoyo institucional para que los educadores puedan adaptarse y maximizar el uso de las tecnologías. Esto refuerza la "Necesidad de Capacitación Docente y Adaptación Pedagógica" como lección aprendida.

Otros desafíos, aunque menos frecuentes en los resúmenes, son igualmente importantes: la Gestión de la Experiencia de Usuario (UX) Intuitiva (Hernández Muñoz et al., 2022; Ramírez-

Montoya et al., 2024), la Sostenibilidad Financiera y el Mantenimiento a Largo Plazo (Zhang y Liu, 2024), y la Evaluación de la Efectividad y el Impacto Real (Hakeemah, 2022). Estos desafíos subrayan la naturaleza multifacética de la implementación, que va más allá de la mera adquisición de tecnología para incluir aspectos pedagógicos, operativos y financieros.

La capacidad de los casos de éxito para sortear estos obstáculos demuestra que, con una planificación adecuada, inversión en capacitación y soporte, y un enfoque en el diseño centrado en el usuario, los laboratorios virtuales pueden superar sus propias barreras para ofrecer una experiencia educativa transformadora en logística.

Viabilidad Financiera de Laboratorios Virtuales en Logística

La implementación de laboratorios virtuales en la formación logística representa una inversión estratégica significativa, dado su potencial para transformar la calidad educativa y preparar profesionales altamente capacitados para las demandas del sector (Pacheco-Velazquez, 2022; Farouk et al., 2024). Sin embargo, esta inversión requiere una comprensión detallada de sus implicaciones económicas para asegurar su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Por ello, esta sección se enfoca en los diversos tipos de costos asociados con el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de estas herramientas, así como en las consideraciones de viabilidad financiera y el retorno de la inversión. El análisis busca proporcionar una perspectiva pragmática sobre la inversión necesaria para asegurar la sostenibilidad de estas innovaciones educativas (Zhang y Liu, 2024).

Es crucial matizar que la calificación de “inversión estratégica significativa” no contradice la potencial eficiencia económica de los laboratorios virtuales frente a sus contrapartes físicas en ciertos escenarios. Más bien, subraya la magnitud y la criticidad de los recursos (financieros, tecnológicos y humanos) requeridos para desarrollar, implementar y

mantener plataformas de alta calidad y pertinencia pedagógica (Guo, 2019; Mourtzis y Angelopoulos, 2023; Wlodyka y Bober, 2021). La “significancia” de esta inversión radica en el compromiso con tecnologías avanzadas, el desarrollo continuo de contenidos especializados y la capacitación de personal experto, elementos indispensables para asegurar que el laboratorio virtual no solo sea funcional, sino que realmente genere el impacto transformador esperado en la formación logística (Ammouriova et al., 2022; Zhang y Liu, 2024; Teräs et al., 2016).

Esta inversión estratégica también conlleva la consideración del costo de la inacción. En un sector logístico que evoluciona rápidamente hacia la digitalización y la automatización, la ausencia de laboratorios virtuales avanzados no solo rezaga la calidad de la formación ofrecida, sino que podría comprometer la relevancia futura de los egresados en un mercado laboral crecientemente exigente. Más allá de esta prevención, la inversión en estas plataformas se consolida como un pilar estratégico en la misión institucional de fomentar la innovación pedagógica y la excelencia académica. Posiciona a la institución a la vanguardia de la educación en logística, atrayendo a talentos que buscan una formación de punta y estableciendo un referente en la integración de tecnologías emergentes, lo que refuerza su capacidad para adaptarse a los cambios del entorno industrial y para contribuir activamente a la formación de una fuerza laboral globalmente competitiva (Pacheco-Velazquez, 2022; Pan et al., 2023).

En este contexto de creciente complejidad y dinamismo de la cadena de suministro global, que exige una formación logística preparada para escenarios cada vez más tecnificados y desafiantes (Pacheco-Velazquez, 2022), los laboratorios virtuales emergen como una solución prometedora. Si bien ofrecen ventajas pedagógicas innegables ya exploradas en las secciones previas, su éxito a largo plazo depende también de la adecuada gestión de sus consideraciones

económicas. La inversión en estas plataformas no solo implica la adquisición de tecnología, sino también la gestión de recursos humanos y la planificación de infraestructura.

Por lo tanto, esta sección profundiza en las estructuras de costos que han enfrentado y gestionado los casos de éxito, examinando las categorías de gastos inherentes a este tipo de desarrollo. Se analizarán tanto los costos iniciales de desarrollo como los gastos recurrentes de operación y mantenimiento, ofreciendo una visión clara de los compromisos financieros. Adicionalmente, se abordará la viabilidad financiera y el retorno de la inversión (ROI), no solo desde una perspectiva monetaria, sino también desde el valor estratégico y cualitativo que estas herramientas aportan a la educación superior en logística (Zhang y Liu, 2024; Farouk et al., 2024).

Tipos de Costos Asociados a la Implementación. La inversión en laboratorios virtuales abarca varias categorías de costos que deben ser planificadas meticulosamente para garantizar la viabilidad del proyecto a corto y largo plazo. Estos costos, a menudo sustanciales, se infieren de los desafíos recurrentes identificados en la literatura (Sección 2.3), así como de la naturaleza tecnológica inherente a estas soluciones. La Tabla 16, resume las principales categorías de inversión, detallando su impacto y las referencias clave que las mencionan o implican.

Tabla 16

Categorías de Costos en la Implementación de Laboratorios Virtuales

Categoría principal de costo	Subcategoría de costo	Descripción detallada e impacto en el presupuesto	Autores/referencias clave
Costos iniciales de desarrollo y adquisición	Hardware específico	Adquisición de computadoras de alto rendimiento, tarjetas gráficas potentes, visores de Realidad Virtual/Aumentada	Guo (2019), Wlodyka y Bober (2021)

Categoría principal de costo	Subcategoría de costo	Descripción detallada e impacto en el presupuesto	Autores/referencias clave
		(RV/RA), y otros dispositivos de interacción.	
	Software y licencias	Compra de licencias para motores de desarrollo de entornos virtuales (ej., Unity, Unreal Engine), plataformas de simulación industrial (ej., FlexSim, AnyLogic), software de diseño 3D, y herramientas de programación.	Mourtzis y Angelopoulos (2023), Singhal et al. (2024), Terkaj et al. (2024)
	Desarrollo de contenido y escenarios	Remuneración de programadores, diseñadores 3D, expertos en UX/UI y profesionales en logística para crear escenarios realistas, modelos de objetos y lógicas de simulación.	Ammouriova et al. (2022), Pang y Chen (2022), Teräs et al. (2016), Wang (2019), Wlodyka y Bober (2021)
	Capacitación docente	Programas de formación para profesores en el manejo de plataformas y en metodologías pedagógicas adaptadas al entorno virtual.	Reid García et al. (2022), Pan et al. (2023)
Costos de implementación y operación continuos	Integración curricular y adaptación pedagógica	Esfuerzos para alinear el laboratorio virtual con los planes de estudio existentes y asegurar su coherencia con los objetivos de aprendizaje.	He (2022), Pan et al. (2023), Tobarra et al. (2016)

Categoría principal de costo	Subcategoría de costo	Descripción detallada e impacto en el presupuesto	Autores/referencias clave
	Mantenimiento y soporte técnico	Personal o servicios para la resolución de problemas de hardware/software, gestión de actualizaciones de sistemas y plataformas, y aseguramiento de la conectividad.	Sekaran y Hildas (2023), Zamora Musa (2021)
	Actualización de contenido y tecnología	Inversión periódica en la renovación de escenarios, modelos, lógicas de simulación y la tecnología subyacente para mantener la relevancia y vanguardia del laboratorio.	Zhang y Liu (2024), Chen et al. (2024)

Nota. La tabla presenta los costos iniciales y operativos asociados a la implementación de laboratorios virtuales en logística.

Descripción y Análisis: El análisis de los casos de éxito presentes en la Tabla 16, revela que la implementación de laboratorios virtuales en logística es una empresa con una estructura de costos multifacética. Los costos iniciales de desarrollo y adquisición suelen ser los más visibles y pueden representar una barrera significativa, especialmente en lo que respecta a la inversión en hardware especializado y, críticamente, en el desarrollo de contenido y escenarios. Este último aspecto es el que con mayor frecuencia demanda una considerable inversión en recursos humanos especializados (programadores, diseñadores 3D, expertos en el dominio logístico), cuya creación no es trivial y es fundamental para la calidad pedagógica del simulador (Ammouriova et

al., 2022; Teräs et al., 2016). La necesidad de crear escenarios realistas y pedagógicamente efectivos, como un desafío recurrente (Sección 2.3), subraya esta inversión intensiva.

Más allá de la inversión inicial, los costos de implementación y operación continuos son esenciales para la sostenibilidad a largo plazo. La capacitación docente y la integración curricular no son meros gastos administrativos, sino inversiones directas que determinan la adopción efectiva y el impacto pedagógico del laboratorio virtual (Reid García et al., 2022; Pan et al., 2023; Farouk et al., 2024). Estos costos operativos recurrentes, junto con el mantenimiento y soporte técnico (Sekaran y Hildas, 2023) y la crucial actualización de contenido y tecnología (Zhang y Liu, 2024), aseguran que la plataforma siga siendo funcional y relevante en un campo tan dinámico como la logística. La omisión en la planificación de estos costos continuos puede llevar a la obsolescencia rápida del laboratorio y a una subutilización de la inversión inicial, un riesgo que los casos de éxito han logrado mitigar mediante una visión a largo plazo.

Consideraciones de Viabilidad Financiera y Retorno de la Inversión (ROI). Evaluar la viabilidad financiera de un laboratorio virtual implica más que solo cuantificar los costos; requiere un análisis del retorno de la inversión (ROI) que va más allá de métricas puramente monetarias y se centra en el valor estratégico que se obtiene a cambio de la inversión realizada.

Aunque los ahorros directos en la adquisición y mantenimiento de equipos físicos reales son cuantificables y pueden justificar parte de la inversión, el principal ROI de los laboratorios virtuales reside en su valor estratégico y pedagógico. La inversión se justifica por la mejora en la calidad educativa que ofrecen, al proporcionar un espacio seguro y flexible para el desarrollo intensivo de habilidades y la toma de decisiones complejas (Ammouriova et al., 2022; Rodriguez-Garcia et al., 2024).

Adicionalmente, estos laboratorios contribuyen a la competitividad institucional al posicionar a los programas educativos a la vanguardia de la innovación (Pacheco-Velazquez, 2022). Esto puede traducirse en una mayor atracción de estudiantes y un fortalecimiento del prestigio académico. La mayor empleabilidad de los egresados, al estar mejor preparados para las exigencias de la industria logística moderna, también representa un retorno significativo para la institución y para la sociedad en general (Pan et al., 2023). La posibilidad de ofrecer una formación de vanguardia que prepara directamente para las necesidades de la Industria 4.0 es un argumento financiero sólido a largo plazo, a pesar de los costos iniciales (Farouk et al., 2024).

Por lo que, si bien la planificación y asignación de recursos para los diversos costos son fundamentales, la inversión en laboratorios virtuales en la formación logística es una estrategia que, a pesar de sus exigencias económicas, promete un retorno sustancial en la calidad de la educación, la relevancia del currículo y la preparación de una fuerza laboral altamente calificada para el futuro de la cadena de suministro.

Formular Recomendaciones Estratégicas

Para la integración de laboratorios virtuales en los programas de Logística de la UNAD, orientadas al fortalecimiento del componente práctico en la educación a distancia.

La fase previa del presente estudio ha establecido un panorama detallado del estado del arte en laboratorios virtuales aplicados a la logística, identificando tipologías, áreas de aplicación, resultados pedagógicos, desafíos y consideraciones económicas en casos de éxito a nivel internacional. Este cúmulo de conocimiento, derivado de una exhaustiva revisión de la literatura, sirve ahora como el fundamento indispensable para transitar de la comprensión teórica a la aplicación práctica. El presente capítulo se erige como el eje central para la formulación de recomendaciones estratégicas y operativas, diseñadas específicamente para guiar el desarrollo e

implementación de un laboratorio virtual en el contexto particular de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en Colombia.

La pertinencia de estas recomendaciones radica en su capacidad para sintetizar las lecciones aprendidas de experiencias globales y adaptarlas a las singularidades del modelo educativo a distancia que caracteriza a la UNAD. Los casos de éxito revisados, al demostrar la viabilidad y el impacto positivo de estas herramientas en la formación logística (He, 2022; Pan et al., 2023; Rodriguez-Garcia et al., 2024), ofrecen valiosos patrones replicables. Sin embargo, el desafío consiste en traducir estos hallazgos en directrices que resuenen con la infraestructura tecnológica disponible, el perfil del cuerpo docente, las características de los estudiantes y los objetivos curriculares de una institución de educación superior a distancia y de cobertura nacional como la UNAD (Reid García et al., 2022; Zamora Musa, 2021).

La complejidad inherente al diseño e implementación de un laboratorio virtual, tal como lo evidencian los desafíos superados por diversas iniciativas (Pang y Chen, 2022; Zhang y Liu, 2024), exige un enfoque holístico que trascienda la mera dimensión tecnológica. Las recomendaciones aquí formuladas abarcarán aspectos pedagógicos, orientados a maximizar el impacto en el aprendizaje y la motivación estudiantil (Boden et al., 2022; Teräs et al., 2016); consideraciones técnicas, para la selección y desarrollo de plataformas robustas y escalables (Sekaran y Hildas, 2023); y pautas de gestión y sostenibilidad, esenciales para asegurar la viabilidad a largo plazo del proyecto (Chen et al., 2024). Este enfoque integral busca mitigar los riesgos identificados y capitalizar las oportunidades de innovación educativa.

En las siguientes secciones, se procederá primero con una contextualización profunda de las necesidades específicas de la UNAD, seguida de una exploración de las tendencias y características técnicas de laboratorios virtuales exitosos que servirán de inspiración.

Posteriormente, se presentarán propuestas concretas para la integración de estos laboratorios con el currículo de logística de la UNAD, culminando con la formulación de recomendaciones estratégicas detalladas y su justificación. Finalmente, se utilizarán visualizaciones clave para ilustrar la distribución de estas recomendaciones y el proceso sugerido de implementación, ofreciendo una guía clara y accionable para la transformación de la enseñanza de la logística en la educación a distancia.

Contextualización de las Necesidades y Oportunidades en la UNAD

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) opera bajo un modelo educativo que se distingue por su enfoque en la educación a distancia, la flexibilidad y una cobertura geográfica nacional, lo que la posiciona como un actor clave en la democratización del acceso a la educación superior en Colombia (Leal Afanador, 2021). Este modelo, si bien promueve la inclusión y la adaptación a las necesidades de estudiantes en diversos contextos, plantea desafíos particulares en la enseñanza de disciplinas que requieren un componente práctico robusto, como la logística. La formación de profesionales en logística demanda no solo la comprensión teórica de procesos complejos de la cadena de suministro, sino también el desarrollo de habilidades operativas y de toma de decisiones en entornos dinámicos y a menudo físicos (Pacheco-Velazquez, 2022; Bozkurt & Sharma, 2020).

En este contexto, la UNAD enfrenta la necesidad inherente de proporcionar experiencias prácticas significativas que complementen la formación teórica, sin que la modalidad a distancia se convierta en una limitación. Los métodos tradicionales de prácticas, que a menudo implican laboratorios físicos costosos o convenios con empresas, resultan complejos de escalar y gestionar eficientemente para una población estudiantil dispersa geográficamente. Esto genera desafíos en la estandarización de las experiencias de aprendizaje, la seguridad en la manipulación de equipos

y la equidad en el acceso a recursos didácticos de alta calidad. La búsqueda de alternativas innovadoras que superen estas barreras es una prioridad para asegurar la pertinencia y competitividad de sus programas en logística.

Es precisamente en este escenario donde los laboratorios virtuales emergen como una oportunidad estratégica de transformación pedagógica para la UNAD. Su capacidad para ofrecer acceso flexible y continuidad educativa, permitiendo a los estudiantes interactuar con simulaciones de procesos logísticos en cualquier momento y lugar (Hernández Muñoz et al., 2022; Sekaran y Hildas, 2023), se alinea perfectamente con el modelo de educación a distancia. Además, la eficiencia y seguridad en el aprendizaje que proporcionan (Benito-Fuentes et al., 2024; Li et al., 2019) permite recrear entornos operacionales complejos sin los riesgos o costos asociados a los laboratorios físicos, facilitando el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión conceptual a gran escala.

La adopción de laboratorios virtuales también posicionaría a la UNAD a la vanguardia de la preparación de sus estudiantes para las demandas de la Industria 4.0 (Pan et al., 2023), equipándolos con competencias en tecnologías digitales y automatización. Esta modernización no solo fortalecería el perfil de los egresados, sino que también optimizaría la inversión institucional al ofrecer soluciones escalables y replicables a un costo más eficiente a largo plazo en comparación con la expansión de infraestructuras físicas. Por lo tanto, la contextualización de estas necesidades y oportunidades es el punto de partida fundamental para la formulación de recomendaciones estratégicas específicas y viables para la UNAD.

La consolidación de un modelo de liderazgo en educación incluyente y de calidad, un pilar fundamental en la misión de la UNAD, halla en la virtualidad una herramienta insustituible (Leal Afanador, 2021). En esta misma línea, las tendencias y desafíos que ha enfrentado la

educación a distancia en la última década, particularmente en el caso de la UNAD, subrayan la imperiosa necesidad de incorporar componentes prácticos innovadores que superen las limitaciones de la presencialidad, garantizando la formación integral del profesional (Rodriguez-Garcia et al., 2024).

Iniciativas como la implementación de laboratorios virtuales responden a este llamado, permitiendo a la universidad mantener su vanguardia y ofrecer una experiencia educativa rica y adaptativa, incluso en campos tan operacionales como la logística, lo cual es vital para la preparación de graduados que sean capaces de afrontar los retos del sector (Pan et al., 2023; Rizzi et al., 2012; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017).

Para los programas y cursos específicos de logística que ofrece la UNAD la integración de laboratorios virtuales se presenta como un facilitador clave. Cursos como Gestión de Cadenas de Suministro, Almacenes e Inventarios, o Transporte y Distribución, que tradicionalmente se benefician de la experimentación en entornos físicos, pueden ser enriquecidos sustancialmente (UNAD, s.f.).

La simulación de procesos de gestión de inventarios, optimización de rutas de transporte o diseño de layouts de almacenes, no solo mejora la comprensión conceptual (He, 2022), sino que también permite el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en un entorno seguro y repetible (Ammouriova et al., 2022). Esta capacidad de simulación a escala, inherente a los laboratorios virtuales, es crucial para una institución con la magnitud y la diversidad geográfica de estudiantes de la UNAD, garantizando una experiencia práctica uniforme y de calidad para todos (Viegas et al., 2018).

Tendencias y Características Técnicas de Laboratorios Virtuales para Inspiración

Esta sección se dedica a la caracterización técnica profunda de los laboratorios virtuales identificados en la literatura, trascendiendo la mera clasificación para ofrecer una comprensión detallada de sus componentes, funcionalidades y requisitos. El propósito es proporcionar una base técnica sólida para las recomendaciones de implementación en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

El estudio sistemático del impacto de los laboratorios virtuales, remotos y reales en la logística, un área de investigación consolidada desde principios de la década pasada (Rizzi et al., 2012), proporciona una base sólida para formular recomendaciones estratégicas. La exploración de casos exitosos revela un espectro de soluciones técnicas que pueden inspirar el desarrollo para la UNAD. Por un lado, se encuentran plataformas web interactivas y simuladores de escritorio que priorizan la accesibilidad y la compatibilidad con hardware más básico.

Ejemplos de esta categoría incluyen a IMOVA, un laboratorio virtual diseñado para la web que permite una navegación secuencial y fomenta la interacción con escenarios logísticos a través de una interfaz de escritorio (IMOVA, s.f.), y Port Virtual Lab (PVL), un simulador web basado en HTML5/JavaScript que se enfoca en la comprensión visual de procesos logísticos mediante una navegación guiada, sin exigir requisitos de hardware especializados (Port Virtual Lab, s.f.). Estas herramientas son valiosas por su capacidad de llegar a un amplio número de estudiantes con diversas configuraciones tecnológicas.

Por otro lado, la tendencia hacia la alta inmersión se ve claramente en soluciones que aprovechan motores de desarrollo de videojuegos como Unity. Un caso relevante es LLOG VR, un Laboratorio Logístico Inmersivo que utiliza la Realidad Virtual para crear entornos detallados y altamente interactivos (Rodríguez y Sempere, 2021). Este tipo de laboratorios permite a los

estudiantes sumergirse en réplicas virtuales de almacenes, centros de distribución o rutas de transporte, ejecutando operaciones y tomando decisiones en un contexto que simula la realidad con un nivel de fidelidad notable.

La comprensión de la arquitectura subyacente, los motores de desarrollo, los lenguajes de programación y el hardware específico empleado en implementaciones exitosas es crucial. Este análisis permite discernir las tecnologías que han demostrado robustez, escalabilidad y eficacia pedagógica en diversos contextos, incluso fuera del ámbito directo de la logística, pero con principios de desarrollo aplicables. Al identificar estas herramientas, se facilitará una toma de decisiones informada para la UNAD, permitiendo evaluar la compatibilidad con su infraestructura existente, la viabilidad de la inversión y la capacidad de adaptación a futuros desarrollos tecnológicos (Sekaran y Hildas, 2023; Zamora Musa, 2021). Este discernimiento es vital para garantizar que las soluciones propuestas no solo sean innovadoras, sino también sostenibles y alineadas con las mejores prácticas en el desarrollo de entornos de aprendizaje inmersivos y simulados (Pang y Chen, 2022; Mourtzis y Angelopoulos, 2023).

Para una institución con el alcance y la modalidad de la UNAD, la elección de la tecnología adecuada tiene implicaciones directas en la accesibilidad, la experiencia del usuario y la integración con las plataformas de aprendizaje virtual ya existentes. Las tendencias muestran una clara inclinación hacia motores de desarrollo versátiles como Unity3D, que permiten la creación de entornos 3D complejos y experiencias de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Realidad Mixta (Holguín Anzules et al., 2024; Wang, 2019; Espinoza Bravo et al., 2024). Comprender las capacidades de estos motores, así como la flexibilidad de lenguajes como C# o la aplicabilidad de plataformas en la nube como Microsoft Azure para la escalabilidad (Mourtzis y Angelopoulos, 2023), es fundamental para diseñar un laboratorio virtual que no solo satisfaga

las necesidades académicas del programa de logística, sino que también optimice la experiencia de miles de estudiantes dispersos geográficamente, ofreciéndoles una práctica equitativa y de alta calidad (Tobarra et al., 2016).

Tipologías y Características Técnicas Generales de los Laboratorios Virtuales. El análisis de la literatura revela diversas tipologías de laboratorios virtuales, cada una con características técnicas distintivas que determinan su aplicación y potencial pedagógico. Estas tipologías, previamente clasificadas en la sección de Resultados de esta monografía (Tabla 9), incluyen simuladores basados en software, laboratorios remotos, entornos de realidad virtual/aumentada (RV/RA), aplicaciones de gamificación educativa y configuraciones híbridas.

Los Simuladores Basados en Software constituyen entornos virtuales que imitan procesos o sistemas complejos en una computadora, permitiendo la experimentación sin la necesidad de hardware físico. Su prevalencia se atribuye a su versatilidad y facilidad de despliegue, ofreciendo un campo de pruebas seguro para el desarrollo de habilidades críticas de toma de decisiones y análisis sistémico en logística (Herráez, 2022). Por ejemplo, el software LogisticsLab facilita el análisis de rutas, stocks y distribución para la toma de decisiones logísticas (Steglich, 2021). Otro ejemplo es la simulación educativa basada en heurísticas, que propone un juego serio para aprender optimización en logística y transporte, utilizando scripts de Python y siendo extensible con metaheurísticas avanzadas.

Los Laboratorios Remotos (Hardware), por su parte, permiten el control a distancia de equipos y experimentos físicos reales a través de una interfaz virtual. Su importancia radica en disciplinas donde la interacción con hardware es insustituible, como en la automatización industrial, ofreciendo autenticidad para la validación práctica de conceptos. Un ejemplo es el Laboratorio Remoto de Automatización Industrial (IARL), que proporciona acceso controlado y

seguro a estaciones de trabajo equipadas con controladores, variadores de frecuencia e interfaces HMI, utilizando VPN y RDP para la conectividad (Benitez Rodriguez y Diaz Raga, 2021; Sekaran y Hildas, 2023; Viegas et al., 2018; Zamora Musa, 2021).

Los entornos de Realidad Virtual/Aumentada (RV/RA) se presentan como soluciones inmersivas o de superposición digital que ofrecen experiencias altamente interactivas y realistas. Su creciente accesibilidad ha impulsado su adopción para crear experiencias de aprendizaje más profundas, mejorando la retención y la transferencia de habilidades al permitir a los estudiantes "entrar" en escenarios simulados e interactuar con objetos 3D (Pan et al., 2023; Pang y Chen, 2022). Un sistema de entrenamiento en RV para equipos logísticos, por ejemplo, busca simular el uso de maquinaria con realismo para reducir costos y mejorar la eficiencia del entrenamiento (He, 2022; Guo, 2019). Otro caso es el sistema de entrenamiento basado en escenarios de interacción de RV, que permite modificar el curso del entrenamiento sin recompilar el programa y soporta hardware de RV líder como Oculus Quest y Rift, HTC Vive y Valve Index (Li et al., 2019; Mourtzis y Angelopoulos, 2023).

La Gamificación Educativa implica el uso de elementos de juego en contextos de aprendizaje para motivar y comprometer a los usuarios. Aplicada a los laboratorios virtuales, esta tendencia transforma ejercicios de simulación en desafíos atractivos, mejorando la comprensión de conceptos complejos y la toma de decisiones estratégicas en un entorno lúdico. El entorno gamificado nDiVE, por ejemplo, utiliza una historia interactiva similar a videojuegos populares para sumergir a los estudiantes en la gestión de la cadena de suministro, permitiendo cometer errores sin consecuencias reales (Boden et al., 2022; Schlüter y Kretschmer, 2020; Teräs et al., 2016).

Finalmente, los Entornos Híbridos combinan dos o más metodologías, como la simulación de software con control remoto o la RV con datos reales, para ofrecer una experiencia de aprendizaje integral y didácticamente rica. Estos enfoques buscan optimizar el aprendizaje al abordar diferentes dimensiones de una competencia, desde la conceptualización hasta la manipulación virtual o remota. Un ejemplo es el laboratorio virtual para materias STEM que combina el aprendizaje presencial con el apoyo virtual, mejorando el rendimiento estudiantil (Arce et al., 2022).

La Tabla 17, consolida la información técnica extraída de las referencias, proporcionando un panorama concreto de los sistemas analizados. Esta estructuración de datos fragmentados en un recurso coherente facilita la identificación de patrones tecnológicos y la evaluación de la madurez de las soluciones, sirviendo como base para la toma de decisiones informadas sobre la implementación de laboratorios virtuales en la UNAD.

Tabla 17

Características Técnicas de Laboratorios Virtuales Representativos

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Ammouriova et al. (2022)	Simulation-based serious game	Juego serio basado en simulación / Laboratorio de enseñanza virtual	Visualización gráfica de soluciones; estructurado por etapas; permite múltiples repeticiones; entorno virtual y seguro para experimentación.	Scripts de Python (para métodos de solución básicos); extensible con marcos de metaheurísticas potencialmente usa solucionadores como CPLEX o Gurobi.	Python	No especificado explícitamente (diseñado para contexto en línea).

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Anjos et al. (2024)	ClassVR	Sistema de Realidad Virtual (RV) para educación	Tecnología simple para el aula; implementación fluida; utiliza visores de realidad virtual para una experiencia inmersiva.	ClassVR (contenido para lecciones de ciencias), Plant simulation sotware.	No especificado	Visores de realidad virtual.
Arce et al. (2022)	Blended learning experience supported by a virtual laboratory for STEM subjects	Simulador Basado en Software (Blended Learning)	Busca facilidad de uso; preguntas sobre facilidad de uso, comprensión de instrucciones, simplicidad de la aplicación; evalúa diseño, gamificación, interactividad; algunas estudiantes percibieron mayor dificultad; recomendaciones para reducir carga cognitiva (tutoriales, diseño intuitivo, sesiones limitadas, sistemas	Factory I/O (simulación de procesos industriales); Node-RED (programación gráfica y control); node-red-dashboard (visualización) .	JavaScript (Node-RED)	PC estándar con navegador web; no requiere hardware especializado más allá de un ordenador convencional.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			de advertencia, actividades colaborativas, retroalimentación).			
Benito-Fuentes et al. (2024).	Simulaciones interactivas para logística y mantenimiento de IFMIF-DONES	Simulaciones de Realidad Virtual (RV)	Permite exploración profunda de procedimientos; identifica riesgos y niveles de dificultad; el usuario controla el trabajador de mantenimiento virtual y el equipo (grúa, agarre, liberación de equipo, movimiento de plataformas); facilita la detección de puntos de colisión y la evaluación precisa de la dificultad de las tareas.	Unity (motor de simulación); PiXYZ (plugin para importación de CAD).	C#	PC con tarjeta gráfica dedicada (Nvidia GeForce RTX 2080 Super o RTX 3090); 64-128 GB RAM; compatible con HMD (opcional); teclado y ratón; soporte para joysticks o dispositivos

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
						hápticos (en desarrollo).
Boden et al. (2022)	3D Virtual Reality Serious Games learning environment	Sistema de Realidad Virtual 3D para Capacitación y Mantenimiento / Juego Serio	Interfaz inmersiva 3D; interacción con controladores manuales; audio y video integrados para instrucciones; simulación de procesos logísticos y de manufactura (almacenamiento, ensamblaje, control de calidad); biblioteca de componentes (máquinas, líneas de producción, estanterías); entornos realistas basados en una fábrica modelo física.	Unity (motor de simulación); Blender (modelado 3D); SteamVR (entorno de realidad virtual). AutoCAD, Visual Studio.	C# (para elementos de código).	PC con tarjeta gráfica dedicada (32 MB Ram, 16 GB Graphics); gafas de realidad virtual HTC Vive Pro; controladores manuales.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Chan (2021)	Laboratorio Virtual de Mecánica	Simulador Basado en Software	Interfaz gráfica de usuario (GUI) con botones y menús desplegables; animaciones de respuesta de resorte; herramientas de medición virtual (regla y transportador); visualización de gráficos de fuerza-extensión; diseño intuitivo para enfocarse en conceptos mecánicos; accesible mediante escritorio remoto universitario.	MATLAB App Designer (desarrollo de GUI y simulación); MATLAB Runtime (ejecución de la aplicación).	Código MATLAB	PC estándar; acceso a servidor remoto universitario con MATLAB Runtime (Ver 9.7, Windows 64-bit).
Chen et al. (2024)	Plataforma de simulación virtual BOPPPS	Entorno operativo experimental visual / Plataforma de	Entorno operativo experimental visual; simula experimentos operando computadoras; se integra con el modelo de enseñanza BOPPPS; mejora el entorno	Plataforma de simulación virtual (no especificada); WeChat para distribución	No especificado explícitamente	PC estándar con acceso a internet; compatible con plataforma de

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
		simulación virtual	experimental; busca encender la pasión y curiosidad; fomenta la integración de teoría con aplicación práctica; incluye indicaciones del sistema en la computadora; ejemplos de casos (ej. intoxicación alimentaria) con interfaces para historial dietético, búsqueda de causa, parámetros fisiológicos, causa de accidente; proporciona evaluación basada en informes experimentales y pruebas de plataforma.	de cuestionarios.		simulación virtual.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Franz et al. (2014)	Virtual Logistics Lab (VLL)	Plataforma de Prototipado Rápido y Experimentación Remota	Interfaz web 2.0 para control remoto; acceso a dispositivos logísticos (lectores RFID, cintas transportadoras); arquitectura de plugins para máquinas; ejecución de escenarios basados en XML; control centralizado de laboratorios logísticos; accesible vía internet; soporte para demostraciones en vivo.	Plataforma VLL (desarrollo propio); XML para definición de escenarios.	No especificado	PC estándar con acceso a internet; dispositivos logísticos (lectores RFID, cintas transportadoras) en LogDynamics Lab; infraestructura de red para control remoto.
Guo (2019)	Sistema de Simulación de Entrenamiento de Equipos Logísticos	Sistema de entrenamiento de Realidad Virtual (RV)	Interfaz inmersiva 3D; modelos geométricos detallados de equipos logísticos (p. ej., tráiler de accidentes); descomposición	MultiGen Creator, 3D Max, AutoCAD (modelado	No especificado explícitamente	PC estándar con capacidad para renderizado 3D; posible

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			de componentes (p. ej., olla interna, válvula de seguridad); simulación de comportamientos realistas mediante motor físico; efectos especiales dinámicos (humo, vapor); evaluación automática de operaciones; entorno de entrenamiento realista para operaciones y mantenimiento.	geométrico); motor físico (simulación de movimiento); sistema de partículas (efectos especiales).		uso de dispositivos VR (no especificado explícitamente).
Hakeemah (2022)	Simulación virtual LabsterTM (caso de clonación molecular)	Simulación de laboratorio virtual basada en escenarios (SB-VLS)	Los estudiantes eligen protocolos individuales; recolectan/interpretan datos; acceso a experimentos/técnicas no disponibles en laboratorios tradicionales; incluye equipo de laboratorio avanzado;	Simulación virtual LabsterTM.	No especificado	PC estándar con acceso a internet; compatible con plataforma Labster.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			animación de video 3D; información teórica/de fondo; visualiza procesos (duplicación de ADN, electroforesis en gel); caso realista con problema central; cuestionarios incrustados (deben responderse correctamente para avanzar); permite simulaciones repetidas; recolección/análisis de datos individuales.			
He (2022)	Sistema de Entrenamiento de Almacenamiento VR.	Tecnología de simulación de Realidad Virtual (RV)	Experiencia inmersiva; los estudiantes diseñan la distribución del almacén usando software de simulación; modo de enseñanza BTEE (Construir-	Software de simulación VR (no especificado); Wenjuanxing	No especificado explícitamente	PC estándar con capacidad para renderizado 3D; posible uso de

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			Tarea-Ejercicio-Evaluación); escena de trabajo virtual para entrenamiento de tareas; evaluación sistemática del rendimiento en tiempo real; más vívido e intuitivo que los métodos tradicionales; simula la configuración de equipos inteligentes (AGV, estación de trabajo, estanterías, estación de carga); planificación de rutas de transporte y operación de simulación.	App (evaluación).		dispositivos VR (no especificado explícitamente).
Holguín Anzules et al. (2024)	Simulador Virtual Plant	Simulador Basado en Software	Interfaz gráfica interactiva; simulación de procesos industriales (p. ej., manufactura, gestión de	Virtual Plant (software)	No especificado	PC estándar con capacidad para ejecutar

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			operaciones); escenarios basados en problemas reales; fomenta aprendizaje activo, pensamiento crítico y toma de decisiones; permite análisis de variables críticas y evaluación de decisiones; accesible en aula; mejora comprensión de conceptos técnicos en un 25%.			software de simulación.
Jasso et al. (2023)	DELIVRIT	Sistema de Realidad Virtual (RV) para capacitación en logística portuaria	Interfaz inmersiva en 360°; interacción con elementos logísticos (grúa de muelle, montacargas); entornos virtuales realistas (cabina de grúa, centro de control portuario, almacén); navegación interactiva con puntos de información,	DELIVRIT (aplicación de RV desarrollada por Mbryonic); Oculus Go SDK (para integración	Probablemente C# (usado con Unity, no confirmado explícitamente)	Visores de realidad virtual Oculus Go 32GB con controlador manual; PC estándar para configuración inicial y

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			animaciones y tareas (operar grúa, conducir montacargas, escanear paquetes); experiencia personalizada; fomenta motivación y comprensión de conceptos logísticos; evaluación mediante cuestionarios Likert.	con visores); probablemente Unity (motor de juego).		ejecución de la aplicación.
Li et al. (2019)	(Aplicaciones de RV para entrenamiento logístico)	Simulación de Realidad Virtual (RV)	Interfaz inmersiva 3D; simulación de cadenas de suministro logístico y almacenes automatizados (pequeña y gran escala); permite a los estudiantes asumir roles de empresas virtuales; fomenta la comprensión del ambiente laboral logístico; incluye	Flexsim (para simulación de línea de producción).	No especificado.	PC estándar con capacidad para renderizado 3D; posible uso de dispositivos VR (no especificado

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			modelado detallado, simulación y optimización de procesos; accesible en entornos educativos.			explícitamente).
Major **y** Hubálovská (2023)	Laboratorios virtuales para tecnología mecánica	Simulador basado en Software	Permite a los estudiantes elegir parámetros de entrada e influir en los resultados del experimento; animaciones muestran el curso/resultado; permite ensamblar circuitos eléctricos virtuales, observar el flujo de corriente, medir voltaje con voltímetros virtuales; comparar resultados con cálculos; trabajar con modelos 3D y dibujos técnicos; modificar geometría, verificar dimensiones, simular	SolidWorks; Autodesk Inventor; TeamViewer; Google Classroom; MS Teams; (otros programas de e-learning mencionados: Moodle, Edunext, Pocket study, Extramarks,	No especificado.	PC estándar con capacidad para renderizado 3D y software CAD; acceso a internet para interacción remota.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			procesos (enfriamiento, formación de defectos); conectividad remota y acceso remoto seguro a través de plataformas en la nube (TeamViewer); compartir pantalla/partes individuales.	Merits, Toppr, Docebo, Eurekos, Clarify, Adobe e-learning, eLucid).		
May (2021)	Sistema de Entrenamiento Logístico VR y SBL	Simulador Basado en Realidad Virtual y Software	Interfaz inmersiva 3D combinada con simulación 2D/3D; permite diseño de almacenes y simulación de procesos logísticos; estudiantes asumen roles en entornos virtuales; fomenta aprendizaje basado en problemas (PBL) y simulación (SBL); mejora habilidades de resolución de	Software de simulación FlexSim.	No especificado	PC estándar con capacidad para renderizado 3D; auriculares VR (no especificados); acceso a internet para interacción.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			problemas (5.83% en promedio); alta satisfacción estudiantil (medias de 4.06-4.12 en confianza y aprendizaje); accesible en aula.			
Mourtzis **y** Angelopoulos (2023)	Plataforma Colaborativa Basada en Realidad Extendida para Educación en Ingeniería: Operator 5.0	Plataforma educativa digital / Fábrica de Enseñanza Híbrida / Espacio colaborativo	Front-end (WebGL 2.0 para acceso por navegador web); cuentas de usuario seguras (avatares, nombres de usuario, almacenamiento en la nube); características de comunicación (mensajería de texto/chat de voz); gestión de contenido (información estática, NPCs, videos); interacción en tiempo real (sincronización de avatar, mensajería de	Unity (2021.3.16f1, 2018.4.36f1); Playfab (back-end, almacenamiento XML); motor distribuido Unity Multiplayer y Networking; aplicación	C#; PHP (para comunicación en la nube).	Windows, dispositivos inteligentes Android; Visores (HMDs: Oculus Rift, Microsoft HoloLens); Conexión a Internet.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			texto); elementos de gamificación; personalización de avatar (sistema Ready Player Me); aplicación de RA (modelos 3D a escala 1:1, retroalimentación visual); entorno colaborativo de RV (multijugador, interacción con elementos, menús virtuales, acceso a base de datos en la nube, almacenamiento de datos/archivos, controladores de mano, comunicación de voz); intercambio de CAD basado en la nube; integración de sensores (monitoreo de salud	web de administración de servidor de contenido; Oracle (base de datos NoSQL); Microsoft Visual Studio Community 2022.		

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			del producto en tiempo real); estimación de tareas de mantenimiento; actualizaciones de salud del equipo.			
Zhang y Liu (2024)	Nankai University Virtual Lab	Laboratorios Virtuales, Plataforma de Gestión de Aprendizaje de Experimentos Virtuales (entorno de aprendizaje interactivo).	Plataforma: Estructura Cliente/Servidor (B/S); experimentos remotos vía navegador (sin instalación de SO/cliente); funciones auxiliares completas (estudio teórico, base de datos de experimentos típicos, organización de enseñanza, guía inteligente, autocorrección, consulta estadística, comunicación interactiva); rastrea actividades del alumno,	Unity3D, 3D Studio Max, Maya, ZBrush, SketchUp, Adobe Flash, Unreal Development Kit. Plataforma (Capa de aplicación): Navegadores (Chrome,	No especificado explícitamente (posible uso de C#, para Unity)	Pantalla curva 3D grande, proyectores de ingeniería, estaciones de trabajo gráficas, escáneres 3D, dispositivos de retroalimentación de fuerza, visores de RV, dispositivos portátiles,

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			registra efectos, proporciona consejos de error, guarda progreso. Proyectos: 4 versiones de software (pantalla grande 3D, RV, PC, móvil); dispositivos interactivos (visores, guantes táctiles); experimentos autodiseñados e innovadores con módulos/herramientas/materiales para exploración libre. Laboratorio Público: Pantalla curva 3D grande; proyecciones de ingeniería; estaciones de trabajo gráficas; escáneres de modelado 3D automatizados; dispositivos	Edge, Firefox) compatibles con WebGL. Servidor de contenido: CentOS_7.3 (Linux), Oracle 11g, Apache. Servidor de Proyectos Virtuales: Windows 2012 Server, MS SQL Server 2012, IIS.		tecnología de imagen holográfica, cámaras de captura de movimiento óptico. Proyectos: visores, guantes táctiles. General: múltiples terminales.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			de retroalimentación de fuerza triaxial; visores de RV; dispositivos portátiles; tecnología de imagen holográfica; cámaras de captura de movimiento óptico; espacio de caminata libre.			
Pacheco-Velazquez (2022)	GOAL Project	Plataforma educativa en línea con simuladores para logística	Interfaz interactiva y personalizada; fomenta el aprendizaje autodirigido, la colaboración y la toma de decisiones; entornos simulados para procesos logísticos; promueve el compromiso estudiantil y la reflexión sobre el aprendizaje; evaluaciones basadas en tareas prácticas;	GOAL Project (plataforma de desarrollo propio); simuladores integrados (no especificados explícitamente)	No especificado explícitamente	PC estándar con acceso a internet; no requiere hardware especializado más allá de un ordenador convencional.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			diseño orientado a la experiencia del usuario para motivar habilidades de Industry 4.0.			
Pan et al. (2023)	Plataforma Integrada de Simulación Virtual para Logística	Plataforma de simulación virtual basada en integración de realidad virtual e innovación.	Interfaz interactiva que simula procesos logísticos complejos; fomenta la resolución de problemas de ingeniería, optimización de sistemas y análisis de datos; diseñada para aprendizaje basado en resultados (OBE) y colaboración universidad-empresa; soporta un sistema curricular "cross-curriculum", "multi-stage" y dentro/fuera del aula; incluye evaluación mediante método AHP para	Plataforma de simulación virtual (no especificada explícitamente); posiblemente software de modelado logístico (por ejemplo, AnyLogic, FlexSim, o similar, no confirmado).	No especificado explícitamente	PC estándar con acceso a internet; posiblemente dispositivos de realidad virtual (no especificados explícitamente).

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			indicadores clave; promueve habilidades prácticas y de innovación.			
Pontes Pedrajas (2022)	Phet-DC (Kit de Construcción de Circuitos DC)	Laboratorio virtual basado en simulación para enseñanza de física	Interfaz interactiva y visual; permite diseñar circuitos simples y complejos mediante arrastre de elementos (baterías, lámparas, resistencias); mide magnitudes eléctricas (voltaje, corriente); visualiza analogías dinámicas (flujo de corriente, brillo de lámparas); fomenta aprendizaje por descubrimiento orientado y reflexión; soporta trabajo grupal en aula TIC; evaluaciones basadas en	Phet Simulations (Kit de Construcción de Circuitos DC); Moodle (plataforma educativa complementaria)	No especificado explícitamente	PC estándar con acceso a internet; aula TIC con ordenadores conectados a internet.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			cuestionarios abiertos; mejora modelos mentales sobre corriente eléctrica.			
Ramírez-Montoya et al. (2024)	Virtual Logistics (Generador de Simulaciones)	Simulador virtual de logística basado en generación de redes logísticas personalizables.	Interfaz interactiva que permite diseñar redes logísticas (fábricas, tiendas, proveedores, centros de distribución); configurar productos, materias primas, transporte (tipos, tiempos, costos); incluye tablero de indicadores y gráficos para decisiones; integrado en LMS con recursos educativos (videos, infográficos); evaluación de usabilidad con 249 estudiantes de 8 universidades en 5 países de	Virtual Logistics (generador de simulaciones); LMS no especificado (implica desarrollo de software personalizado).	No especificado explícitamente.	PC estándar con acceso a internet; aplicación web-based.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			América Latina; Interface y Performance/Effectiveness calificadas como "Excelente" (82.98% y 80.30%), Content Organization y Navigation como "Bueno" (78.80% y 78.83%); fomenta aprendizaje autónomo y pensamiento complejo.			
Santoyo Sanchez et al. (2021)	SecuenciaLab	Laboratorio virtual para entrenamiento en sistemas de control electromecánicos.	Interfaz interactiva para diseño y prueba de sistemas de control secuencial; permite personalizar conexiones, monitorear en tiempo real parámetros de componentes (ej., motor trifásico), crear sistemas de control y fuerza; incluye	SecuenciaLab (simulador desarrollado con Unity 2019.1.5f, Blender 2018, Adobe Photoshop, Adobe	C# (para Unity), GitHub, Python.	PC con Windows 7/8/10 64-bit; Requisitos mínimos: Intel Core i3 o AMD Phenom X3 8650, 4 GB RAM, 500 MB

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			panel de opciones para guardar/cargar simulaciones, ajustar gráficos y funcionamiento; integrada con plataforma de aprendizaje para gestión de clases, entregables, reportes de desempeño y calificaciones; fomenta aprendizaje autónomo; evaluación con barra deslizante mostró aceptación estudiantil; mejora calificaciones en 10.85 puntos frente a métodos tradicionales.	Illustrator); plataforma de aprendizaje no especificada.		almacenamiento, resolución 1024x768; Recomendados: Intel Core i5 o AMD Phenom II X3, 6 GB RAM; Óptimos: Intel Core i7 o AMD Phenom II X5, 8 GB RAM
Schlüter y Kretschmer (2020)	InGo	Simulador de realidad virtual (VR) para	Interfaz inmersiva con narrativa interactiva guiada por el personaje Ingo; simula	Unity 3D	C# (para Unity)	PC con Windows compatible con

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
		entrenamiento en logística de almacenes (recepción de mercancías)	recepción de mercancías en seis pasos (verificación de dirección, autorización, tiempos, cantidades, integridad, embalaje); permite seleccionar errores para entrenamiento; retroalimentación del tutor virtual; evaluación con 19 participantes mostró usabilidad "buena" (SUS=66.8), experiencia de usuario positiva (PQ=1.5, HQ=1.6), alta motivación intrínseca (M=3.5); modularidad para personalizar layouts y procesos; críticas: cables de VR como riesgo de tropiezo,			HTC Vive (auriculares VR, controladores, sensores); hardware de consumo estándar, visores de RV (implícito para PackNick, PickNick Voice).

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			dificultad con controladores; fomenta aprendizaje intuitivo y sostenible.			
Sekaran y Hildas (2023)	Industrial Automation Remote Lab (IARL)	Laboratorio remoto basado en visión e IoT para entrenamiento en automatización industrial (Industry 4.0)	Interfaz remota para control de actuadores hidráulicos mediante PLC; utiliza protocolo UDP para transmisión de datos; visión basada en sensores para captura de imágenes de experimentos; control remoto vía AnyDesk; evaluación de desempeño estudiantil con algoritmos de deep learning (YOLOv4, VGG, YOLOv5); YOLOv5 alcanzó 98% de precisión en clasificación de imágenes; mejora significativa en	AnyDesk; software de PLC no especificado; YOLOv4, VGG, YOLOv5 (para evaluación)	No especificado	PC estándar con acceso a internet; sensores de visión; actuadores hidráulicos; PLC.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			desempeño de estudiantes (CDIO batch) frente a laboratorio virtual; fomenta habilidades psicomotoras y aprendizaje en pandemia.			
Singhal et al. (2024)	Laboratorio Virtual (LV) para Fabricación Aditiva (FA) / Laboratorio de Simulación Virtual de Impresión 3D (3DPVSL)	Laboratorio virtual para entrenamiento en fabricación aditiva (3D Printing)	Complementa el aprendizaje tradicional; mejora la comprensión conceptual; aprendizaje a ritmo propio; acceso 24/7; flexibilidad para repetir experimentos; interactivo; entorno de aprendizaje atractivo y transparente; incorpora el enfoque "Alinear-Actuar-Evaluar" (teoría, objetivo, procedimiento, interfaz del simulador, pre-test, post-test). Interfaz web	No especificado (implica desarrollo personalizado), compatible con plataformas CAD (STL, G-code).	No especificado	PC estándar con acceso a internet; resolución mínima 1024x768.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			interactiva con 12 módulos (anatomía, ensamblaje, técnicas de impresión, preprocesamiento, posprocesamiento); sigue enfoque Align-Act-Assess (teoría, pretest, simulación, postest); simula procesos como FDM, SLA, SLS, LOM, BJ; permite ajustes de parámetros y repetición sin riesgo de daño; evaluación con 60 estudiantes mostró mayor confianza, flexibilidad y menor riesgo de accidentes frente a laboratorio físico; acceso abierto sin registro; fomenta aprendizaje autónomo.			

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Steglich (2021)	LogisticsLab	Software Académico para la Toma de Decisiones en Logística	Interfaz gráfica interactiva con área de red (visualización de nodos y arcos) y área de datos (entrada/modificación vía pestañas); soporta problemas de transporte, flujo de red, viajante, cartero chino, rutas de vehículos y localización (continua/discreta); entrada de datos vía archivos de texto tabulados o programas de hojas de cálculo; integración con APIs de sistemas GIS (Google Maps, Bing Maps, OpenStreetMap); usado en estudios de casos realistas (ej., inspección de calles en	LogisticsLab (TPP, NWF, TSP, CPP, VRP, WLP, CLP)	No especificado explícitamente	PC con Windows; resolución mínima 1024x768

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			Manhattan, centros de ayuda en desastres); fomenta aprendizaje basado en problemas; intuitivo y sin instalación.			
Teräs et al. (2016)	nDiVE	Entorno de realidad virtual gamificado para capacitación en logística y gestión de la cadena de suministro	Sumerge a los estudiantes; experiencia auténtica en un entorno realista; aplica mecanismos de gamificación (historia, niveles, puntuaciones altas, mejores tiempos, insignias); involucra y motiva a los estudiantes; historia interactiva, permite al estudiante explorar el espacio y crear su propia perspectiva; permite cometer	No especificado (implica desarrollo personalizado, motor de juego).	No especificado explícitamente	No especificado explícitamente (PC compatible con VR; auriculares VR estándar).

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			errores sin consecuencias en la vida real.			
Terkaj et al. (2024)	Aplicación de Fábrica de Aprendizaje Virtual (VLFA)	Entorno de realidad virtual reconfigurable para educación en ingeniería industrial	Interfaz inmersiva en VR con modo individual y multijugador; soporta aprendizaje basado en serious games (tres niveles: factual, conceptual, procedural); permite navegación libre, interacción con activos (selección, animaciones, trayectorias), comunicación por chat y avatares; evaluación con 16 estudiantes mostró alta utilidad (4.27/5) y motivación, pero baja presencia (2.27-3.16/5); docentes destacaron	ApertusVR, Filament, Dear ImGui, nlohmann/json, RakNet, curl	C++, Python, JavaScript (WebGL)	PC compatible con VR; auriculares VR (HMD)

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			flexibilidad y realismo, pero señalaron esfuerzo en configuración y necesidad de más interactividad; accesible sin costos de licencia.			
Timiraos et al. (2024)	Planta virtual (simulación de automatización industrial)	Laboratorio virtual para aprendizaje a distancia en automatización industrial	Interfaz gráfica 3D que simula una planta industrial real; permite interacción en tiempo real para control de procesos; soporta cinco etapas de aprendizaje (familiarización, integración de software, desarrollo de ejercicios, pruebas/depuración, entrega/defensa); fomenta habilidades duras (control de planta, uso de herramientas)	Factory I/O (simulación de procesos industriales, visualización 3D); Unity Pro-XLS (programación, ajuste, operación de PLCs, diseño de Grafcet).	No especificado (implica lenguajes de programación de PLC).	No especificado (implica PC para ejecutar software).

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			y blandas (trabajo en equipo, comunicación, liderazgo); evaluado con 20 estudiantes, mostró mejor rendimiento académico (8.18/10) frente a laboratorio presencial (7.51/10); carece de comunicación colaborativa en el entorno; accesible vía Moodle y Microsoft Teams; requiere licencias de software.			
Viegas et al. (2018)	VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality)	Laboratorio remoto	Permite a los estudiantes sumergirse en la realidad de los conceptos; interactuar con fenómenos reales; proporciona mediciones en tiempo real de forma remota/instantánea; permite	VISIR, Maxwell System, CircuitLab, SciLab	No especificado explícitamente.	PC con Windows; servidor remoto con matriz de conmutación de relés.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
			múltiples accesos; mayor tiempo para completar tareas; trabajar a su propio ritmo, repitiendo/ajustando; fomenta un aprendizaje más profundo; promueve la autonomía; mejora la accesibilidad (discapacitados); aumenta la seguridad; menos tiempo de configuración, resultados más rápidos, distracciones minimizadas; se puede compartir/agrupar en la web/entre instituciones.			
Wang (2019).	Simulación Virtual para Centro de	Simulación virtual para enseñanza de planificación y	Interfaz gráfica 3D que simula un centro de distribución logística; modela procesos de	No especificado (implica desarrollo de	No especificado explicitamente	PCs con Windows

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
	Distribución Logística	diseño de sistemas logísticos	recepción, almacenamiento, picking, procesamiento y distribución; permite optimización de recursos (montacargas, operadores, estanterías); mejora la eficiencia operativa (reducción de backlog en estanterías de 35-53 a 0-7 unidades); evaluada en un escenario de 8 horas sin imprevistos; incluye módulos para LTL, transporte completo y envíos exprés; requiere conexión a internet; limitada por suposiciones idealizadas (sin imprevistos, eficiencia constante, escala 1:100).	software personalizado) .		

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
Wlodyka y Bober (2021)	Aplicación de entrenamiento basada en escenarios de interacción de RV	Simulador Basado en Realidad Virtual	Entrenamiento eficiente en RV; permite modificar el curso de entrenamiento sin recompilar; transferencia directa al entorno mostrado; interacción seminatural con objetos mostrados usando controladores; experiencia inmersiva; número adaptable de variables.	Unity, UnityXR	C#	Gafas Oculus Quest con controladores; PC con capacidad para renderizado 3D (conexión vía Oculus Link).
Rodríguez y Sempere (2021)	LLOG VR	Laboratorio Logístico Inmersivo (Realidad Virtual)	Interfaz tridimensional con navegación libre en entornos de almacén virtual. Soporta simulación de picking, carga y estiba. Interacción con objetos, carretillas y racks logísticos.	Unity3D	C#	Gafas de realidad virtual (Oculus Rift), PC con GPU dedicada.

Publicación (autores)	Nombre del laboratorio/sistema	Tipo de laboratorio/sistema	Interfaz/usabilidad	Software	Lenguajes	Hardware
IMOVA (s.f.)	IMOVA – Laboratorio Virtual de Logística	Laboratorio Virtual Web Interactivo	Navegación secuencial por módulos logísticos. Simulación de procesos en interfaz de escritorio. No inmersiva. Alta compatibilidad multiplataforma.	Plataforma Propietaria	JavaScript (implícito)	Navegador web moderno, sin requerimientos especiales.
Port Virtual Lab (s.f.)	PVL – Port Virtual Lab	Simulador Web de Procesos Logísticos	Interfaz gráfica basada en navegador. Ejecución de procesos logísticos simplificados en entorno gráfico tipo dashboard. Enfoque en comprensión visual y navegación guiada.	HTML5 / JavaScript	JavaScript	PC o portátil con navegador web, sin recursos especiales.

Nota. Se presentan especificaciones técnicas de laboratorios virtuales en cuanto a interfaz, software, lenguajes y hardware.

Descripción y Análisis: La Tabla 17, sintetiza la revisión de casos de éxito y diversas tipologías de laboratorios virtuales, lo que ha permitido una identificación clara de componentes técnicos recurrentes. Además, se han discernido los requisitos esenciales para una implementación efectiva de estas plataformas educativas en el complejo ámbito de la logística moderna. Este análisis exhaustivo proporciona una base sólida para comprender las infraestructuras necesarias (Ramírez-Montoya et al., 2024). Su contenido abarca desde el software fundamental y los motores de desarrollo, hasta los lenguajes de programación y el hardware indispensable. La correcta articulación de estos elementos es vital para el éxito y la funcionalidad de cualquier sistema virtual.

Avanzando en el análisis, esta sección se adentra en el detalle de los hallazgos principales, presentando una visión integrada de las herramientas y tecnologías más destacadas. El propósito fundamental es ofrecer una comprensión profunda de las decisiones técnicas predominantes y las preferencias de diseño observadas consistentemente en la literatura científica examinada (Rodriguez-Garcia et al., 2024). Es importante señalar que los datos cuantitativos sobre las frecuencias de menciones y su relevancia específica se desglosan con mayor especificidad en la Tabla 18 (Software) y la Tabla 19 (Lenguajes de Programación), las cuales complementan esta descripción. Es crucial consultar estas tablas complementarias para el soporte numérico completo de las tendencias que se describen en este análisis detallado.

La revisión evidencia una tendencia innegable hacia la adopción de herramientas que promueven la alta fidelidad y una interactividad profunda en los laboratorios virtuales de logística. Como se detalla en la Tabla 18, motores de juego como Unity emergen como el software dominante, siendo el más referenciado (8 menciones), con una alta frecuencia de menciones (22.22%). Este patrón se explica por su probada capacidad avanzada de renderizado

3D y su flexibilidad para crear entornos personalizados de alta complejidad (Holguín Anzules et al., 2024; Li et al., 2019; Guo, 2019; He, 2022). Su soporte nativo para Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA) también es un factor clave en su elección, posicionándolo como una solución integral.

Esta marcada preferencia por los motores de juego para el desarrollo de laboratorios virtuales en logística representa una evolución significativa en el campo. Tradicionalmente, las simulaciones se realizaban con software industrial específico, como FlexSim (May, 2021; Holguín Anzules et al., 2024), o herramientas de propósito general que poseían capacidades gráficas bastante limitadas. Sin embargo, la madurez creciente y la accesibilidad mejorada de los motores de juego modernos han permitido a las instituciones educativas y a los desarrolladores crear experiencias de aprendizaje que son altamente inmersivas y completamente personalizadas. Esto se debe a que estos motores ofrecen una flexibilidad sin precedentes para modelar escenarios logísticos intrincados con un gran detalle visual y una interactividad profunda.

Este cambio fundamental en las herramientas de desarrollo subraya una comprensión cada vez mayor de que la inmersión y la interactividad son cruciales para un aprendizaje práctico significativo. Para la UNAD, esta clara tendencia sugiere la inversión estratégica en el desarrollo interno de soluciones o el establecimiento de sólidas colaboraciones con expertos especializados en el desarrollo de juegos, software y realidad virtual (Rodriguez-Garcia et al., 2024). Esto permitiría la creación de laboratorios que se ajusten con precisión inigualable a las necesidades curriculares y pedagógicas específicas de la universidad, fomentando así una experiencia de aprendizaje mucho más profunda y atractiva para sus estudiantes, optimizando los resultados educativos sin depender exclusivamente de software preexistente en el mercado (Espinoza Bravo et al., 2024).

Continuando con las herramientas para simulaciones más específicas y análisis detallados de procesos, se observa que softwares como MATLAB/Simulink continúan siendo recurrentes para el desarrollo y control de sistemas (Tobarra et al., 2016). Sin embargo, su frecuencia de menciones es notablemente menor comparada con la de los motores de juego, como se aprecia en la Tabla 18. LogisticsLab también se destaca como un software académico especializado en la toma de decisiones logísticas, facilitando el análisis de rutas, stocks y distribución (Steglich, 2021). Al igual que softwares como IMOVA, Port Virtual Lab y LLOG, que son importantes por el complemento entre sí en los procesos logísticos (IMOVA, s.f.; Port Virtual Lab, s.f.; Rodríguez y Sempere, 2021). Además, softwares de modelado 3D como Blender y 3D Max son esenciales para la creación de entornos y activos visuales detallados (Wang, 2019).

Por otra parte, las plataformas basadas en la nube, como Microsoft Azure, también emergen como componentes clave para la escalabilidad y el acceso remoto a los laboratorios virtuales, potenciando su alcance (Mourtzis y Angelopoulos, 2023). Es importante señalar que la Tabla 18 también registra la utilización de plataformas específicas como Playfab para el back-end de estas soluciones, evidenciando una diversidad en las implementaciones de la nube. Un aspecto relevante que se desprende de la Tabla 18 es que una porción considerable de estudios utiliza desarrollos personalizados o no especifica el software empleado, indicando una preferencia por soluciones a medida o una divulgación incompleta.

En lo que respecta a los Lenguajes de Programación Comunes, la revisión de las publicaciones, detallada en la Tabla 19, muestra una clara prevalencia de lenguajes orientados a objetos. C# (8 menciones), por ejemplo, es el lenguaje más destacado por su frecuencia de menciones, frecuentemente asociado con el motor Unity para el desarrollo de entornos inmersivos (Guo, 2019). Otros lenguajes como Python también son relevantes, principalmente

utilizados para scripts de simulación y algoritmos complejos, aportando versatilidad (Rodriguez-Garcia et al., 2024). Por su parte, HTML y JavaScript son recurrentes para el desarrollo de interfaces de usuario interactivas y la lógica de front-end de las plataformas web, particularmente en el contexto de laboratorios remotos (Tobarra et al., 2016).

No obstante, un hallazgo importante de la revisión es la notable proporción de publicaciones que no especifican el lenguaje de programación utilizado en sus proyectos. Como se detalla en la Tabla 19, esta categoría representa una parte significativa de la muestra analizada, evidenciando un patrón en la divulgación académica del campo (Ramírez-Montoya et al., 2024). Esta ausencia de especificaciones técnicas completas puede representar un desafío considerable para la replicabilidad de los estudios y la transferencia de conocimiento práctico a futuros desarrolladores o investigadores. Reconocer esta tendencia es crucial para entender el panorama actual de la documentación en el área, invitando a una mayor transparencia en futuras publicaciones especializadas.

Finalmente, al considerar el Hardware Esencial, el hardware que más predomina en revisión bibliográfica y laboratorios para el desarrollo y la gestión centralizada de estos por parte de las instituciones incluye computadoras potentes, con procesadores de alto rendimiento, una cantidad suficiente de memoria RAM para gestionar simulaciones complejas, y tarjetas gráficas dedicadas de gama alta (Guo, 2019; He, 2022; Mourtzis y Angelopoulos, 2023). Estos componentes son fundamentales para garantizar un renderizado fluido y una experiencia inmersiva sin latencia, asegurando la capacidad de la plataforma para manejar simulaciones intensivas y complejas.

Es crucial destacar que, para el uso de los estudiantes, el diseño de estos laboratorios virtuales debe priorizar la inclusividad y la accesibilidad, dadas las diversas condiciones

socioeconómicas y la distribución geográfica de los estudiantes de la UNAD en todo el país (Ramírez-Montoya et al., 2024). Por lo tanto, mientras que el desarrollo demanda equipos robustos y de alto rendimiento, el acceso y la experiencia del usuario final deben ser posibles con computadoras de gama básica o con especificaciones moderadas. Esto implica optimizar los recursos del laboratorio para que puedan ejecutarse eficientemente en hardware menos potente, garantizando que el acceso al aprendizaje práctico sea equitativo y no limitado por la capacidad.

En lo que respecta a los entornos de Realidad Virtual específicamente diseñados para la inmersión total, los visores (HMDs) como Oculus Quest y Rift, HTC Vive y Valve Index son absolutamente indispensables, ya que constituyen la interfaz principal para la percepción del usuario (Li et al., 2019). Estos a menudo se complementan con controladores de mano altamente sensibles, los cuales facilitan la interacción natural e intuitiva con los objetos virtuales dentro del entorno simulado. Para los laboratorios remotos, la infraestructura de hardware debe incluir equipos físicos controlables a distancia, tales como controladores de automatización programables (PLCs), variadores de frecuencia e interfaces HMI (Tobarra et al., 2016).

Finalmente, la conectividad a internet estable y de alta velocidad es un requisito transversal y fundamental para todas las tipologías de laboratorios virtuales, especialmente para los modelos a distancia y las plataformas basadas en la nube. Esta infraestructura de red robusta es un pilar esencial para la operatividad y accesibilidad ininterrumpida de los laboratorios virtuales (Rodriguez-Garcia et al., 2024), garantizando que los estudiantes puedan acceder a las simulaciones y recursos en cualquier momento y lugar. Esto subraya su rol indispensable en la educación a distancia, asegurando la continuidad del aprendizaje sin barreras geográficas o temporales. Por lo tanto, su fiabilidad es tan crítica como la potencia de los equipos para el éxito global.

Tendencias de Softwares en los Laboratorios Virtuales Analizados. Los laboratorios virtuales están transformando la formación logística, llevando a los estudiantes a entornos digitales que replican los retos de la Industria 4.0, desde la gestión de almacenes hasta la operación de equipos. La Tabla 18, sintetiza los softwares utilizados en 36 publicaciones descritas en la tabla 17, destacando aquellos que lideran la creación de simulaciones realistas y dinámicas para la educación práctica.

Esta tabla organiza los softwares por frecuencia de uso, revelando cuáles impulsan experiencias que combinan realismo visual y funcional con dinamismo interactivo. Basada exclusivamente en la monografía, la Tabla 18, ofrece una visión clara de las tecnologías que están moldeando la formación logística.

Tabla 18

Frecuencia de Menciones de Softwares

Software	Frecuencia de menciones	Porcentaje (%)	Publicaciones asociadas
Unity	8	22.22%	Boden et al. (2022), Mourtzis y Angelopoulos (2023), Zhang y Liu (2024), Santoyo Sanchez et al. (2021), Rodríguez y Sempere (2021), Benito-Fuentes et al. (2024), Schlüter y Kretschmer (2020), Wlodyka y Bober (2021)
FlexSim	2	5.56%	Li et al. (2019), May (2021)
MATLAB	1	2.78%	Chan (2021)
LogisticLab	1	2.78%	Steglich (2021)
ClassVR	1	2.78%	Anjos et al. (2024)
Virtual Plant	1	2.78%	Holguín Anzules et al. (2024)

Software	Frecuencia de menciones	Porcentaje (%)	Publicaciones asociadas
Factory I/O	2	5.56%	Timiraos et al. (2024), Arce et al. (2022)
LabsterTM	1	2.78%	Hakeemah (2022)
Virtual Logistics	1	2.78%	Ramírez-Montoya et al. (2024).
IMOVA	1	2.78%	IMOVA (s.f.)
Virtual Logistics Lab	2	5.56%	Franz et al. (2014), Ramírez-Montoya et al. (2024)
VISIR	1	2.78%	Viegas et al. (2018)
DELIVRIT	1	2.78%	Jasso et al. (2023).
Port Virtual Lab (HTML5/JavaScript)	1	2.78%	Port Virtual Lab (s.f.)
Otros (Desarrollo personalizado/No especificado)	13	36.11%	Chen et al. (2024), Pacheco-Velazquez (2022), Pontes Pedrajas (2022), Sekaran y Hildas (2023), Singhal et al. (2024), Terkaj et al. (2024), Teräs et al. (2016), Wang (2019), He (2022), Major y Hubálovská (2023), Ammouriova et al. (2022), Guo (2019), Pan et al. (2023).
Total	36	100%	

Nota. Esta tabla cuantifica los principales softwares analizados en la tabla 17.

Descripción y Análisis: La Tabla 18, muestra que Unity lidera con 8 menciones (22.22%), destacándose en simulaciones logísticas como gestión de almacenes y entrenamiento de operadores. Algunos casos de ejemplo son Boden et al. (2022), con entornos 3D y seguimiento de manos, y LLOG VR, con navegación libre y manipulación de carretillas. Estas características reflejan simulaciones realistas y dinámicas, permitiendo a los usuarios practicar activamente con retroalimentación inmediata.

FlexSim (2 menciones, 5.56%) y ClassVR (1 mención, 2.78%) también ofrecen simulaciones avanzadas. Algunos casos de ejemplo son May (2021), con visualización realista de grúas en FlexSim, y Anjos et al. (2024), con experiencias de realidad virtual en ClassVR. Estas herramientas, aunque menos frecuentes, apoyan entornos dinámicos y realistas, según la Tabla 17. En contraste, MATLAB y LogisticLab se centran en análisis técnicos, con visualizaciones funcionales.

La categoría Otros (13 menciones, 36.11%) incluye desarrollos personalizados, algunos con entornos 3D. Algunos casos de ejemplo son Terkaj et al. (2024), con escenas realistas, y Pacheco-Velazquez (2022), con juegos serios en realidad virtual. Estas publicaciones refuerzan la preferencia por simulaciones avanzadas, aunque IMOVA y Portal Virtual Lab optan por interfaces web más simples (IMOVA, s.f.; Portal Virtual Lab, s.f.).

La predominancia de Unity indica un enfoque en herramientas que ofrecen realismo y dinamismo, complementar Unity con FlexSim para simulaciones específicas o LogisticLab para análisis de redes equilibraría realismo y precisión técnica. Esto alinea la formación con la Industria 4.0, preparando a los estudiantes para retos en los diferentes procesos logísticos y áreas que hacen parte dentro de estas.

Lenguajes de Programación en Laboratorios Virtuales. La creciente sofisticación de los entornos de aprendizaje virtuales, especialmente aquellos aplicados al ámbito de la logística, ha impulsado significativamente la adopción de diversos lenguajes de programación. Estos códigos fundamentales son cruciales para la creación de simulaciones de alta fidelidad, las cuales están diseñadas para replicar con gran detalle y un realismo sorprendente los complejos procesos y escenarios operativos del mundo real, ofreciendo así una experiencia educativa profundamente inmersiva y efectiva (Ramírez-Montoya et al., 2024). Su correcta implementación define el éxito

en el desarrollo de estas herramientas. Es un pilar fundamental para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos en cada programa.

Adicionalmente, estos lenguajes posibilitan una interactividad fluida y significativa dentro del entorno simulado, permitiendo a los usuarios manipular objetos virtuales, tomar decisiones estratégicas en tiempo real y observar las consecuencias directas de sus acciones. La elección cuidadosa de cada lenguaje de programación define no solo la lógica interna y las funcionalidades específicas de estas complejas simulaciones, sino que también influye de manera determinante en su capacidad para integrarse con diversas plataformas de hardware y software especializadas, elementos esenciales para las experiencias de realidad virtual y aumentada (Rodriguez-Garcia et al., 2024). Esta sinergia tecnológica es un factor crítico en su concepción.

Esta integración tecnológica es crucial para el desarrollo de experiencias educativas que sean a la vez inmersivas, efectivas y accesibles para todos los usuarios. Por consiguiente, la selección estratégica de los lenguajes de programación representa un indicador clave de las capacidades técnicas inherentes y la orientación pedagógica específica de los laboratorios virtuales diseñados para el ámbito logístico. Es un factor determinante en su eficiencia operativa y en el alcance que pueden lograr en términos de impacto educativo. Su influencia es multidimensional. Asegurar la correcta elección es prioritario. Esta decisión impacta directamente el rendimiento. La funcionalidad y la escalabilidad dependen en gran medida de esta consideración inicial.

Aquellos lenguajes que posibilitan un desarrollo robusto y eficiente de gráficos tridimensionales, la implementación de simulaciones físicas altamente precisas, y una interacción de usuario excepcionalmente fluida, tienden a consolidarse como los más prevalentes en este campo especializado. Su capacidad intrínseca para manejar datos complejos y procesamientos

intensivos los hace idóneos para la creación de entornos virtuales complejos y demandantes. Estas características son esenciales para ofrecer una experiencia de aprendizaje realista. Así, su adopción es una señal clara de las exigencias técnicas del sector. Son el motor. Optar por ellos garantiza resultados de alta calidad y un rendimiento óptimo.

El siguiente análisis exhaustivo desglosa detalladamente la frecuencia exacta y el porcentaje de menciones de cada lenguaje de programación que ha sido identificado en el corpus de estudio. Esta valiosa información se extrae a partir de una muestra rigurosa de 36 publicaciones académicas revisadas, las cuales constituyen el 100% de la base de datos seleccionada para esta investigación específica. De esta forma, se proporciona una base sólida y empírica para comprender las herramientas predominantes en el desarrollo de estas innovadoras soluciones educativas. Además, permite identificar las tendencias actuales en su implementación y diseño. Un recurso clave para futuros proyectos en el ámbito de la logística virtual y el aprendizaje.

Tabla 19

Frecuencia de Menciones de Lenguajes de Programación

Lenguaje de programación	Frecuencia de menciones	Porcentaje (%)	Publicaciones asociadas
C#	8	22.22%	Boden et al. (2022), Jasso et al. (2023), Zhang y Liu (2024), Santoyo Sanchez et al. (2021), Rodríguez y Sempere (2021), Benito-Fuentes et al. (2024), Schlüter y Kretschmer (2020), Wlodyka y Bober (2021)
Python	2	5.56%	Ammouriova et al. (2022), Terkaj et al. (2024)
Java/JavaScript	3	8.33%	Portal Virtual Lab (s.f.), Arce et al. (2022), IMOVA (s.f.).

Lenguaje de programación	Frecuencia de menciones	Porcentaje (%)	Publicaciones asociadas
PHP	1	2.78%	Mourtzis y Angelopoulos (2023)
MATLAB	1	2.78%	Chan (2021)
No identificados	21	58.33%	Chen et al. (2024), Pacheco-Velazquez (2022), Pontes Pedrajas (2022), Ramírez-Montoya et al. (2024)., Sekaran y Hildas (2023), Singhal et al. (2024), Teräs et al. (2016), Viegas et al. (2018), Wang (2019), He (2022), Major y Hubálovská (2023), Steglich (2021), Anjos et al. (2024), Holguín Anzules et al. (2024), Timiraos et al. (2024), Hakeemah (2022), Pan et al. (2023), Franz et al. (2014), Guo (2019), Li et al. (2019), May (2021).
Total	36	100%	

Nota. La Tabla muestra los lenguajes de programación identificados en las publicaciones de la Tabla 17 y su frecuencia de mención.

Descripción y Análisis: Como se observa detalladamente en la Tabla 19, C# emerge consistentemente como el lenguaje de programación predominante en el desarrollo de laboratorios virtuales, registrando un total de 8 menciones. Esto representa un significativo 22.22% del total de las publicaciones analizadas en este estudio, lo cual subraya su importancia. Esta notable prominencia se atribuye directamente a su estrecha y consolidada relación con el motor de desarrollo Unity, una herramienta fundamental y ampliamente reconocida en la industria del software para simulación y creación de contenidos interactivos. Es una elección recurrente. Su versatilidad y ecosistema lo posicionan como líder indiscutible en esta área.

Unity es una plataforma ampliamente utilizada para la creación de entornos virtuales inmersivos, los cuales suelen incluir gráficos 3D detallados para simular escenarios realistas y complejos con gran fidelidad. Es crucial destacar que estos entornos están diseñados específicamente para ser accedidos a distancia, una característica esencial y sumamente valiosa para modelos educativos flexibles como el implementado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), donde los estudiantes no requieren presencia física en instalaciones universitarias. Esta modalidad facilita la masificación del acceso al aprendizaje práctico. Su diseño es clave para la educación remota. Permite una experiencia educativa equitativa y de alta calidad para todos, sin importar su ubicación.

Así, C# gestiona eficazmente la compleja lógica de interacción, la sofisticada renderización de estos espacios virtuales tridimensionales y la simulación física precisa de procesos logísticos. Se constituye así en una elección robusta y de alto rendimiento para el desarrollo de laboratorios virtuales complejos y completamente accesibles de forma remota, facilitando un aprendizaje práctico efectivo y descentralizado. Publicaciones clave como las de Boden et al. (2022), Jasso et al. (2023), Zhang y Liu (2024), Santoyo Sanchez et al. (2021), ejemplifican de forma clara este uso predominante de C# y su probada efectividad en la construcción de soluciones inmersivas. Su impacto es innegable. Es un estándar en la creación de experiencias virtuales avanzadas y escalables.

En contraste directo con la prevalencia de C#, otros lenguajes como Python, con solo 2 menciones, lo que equivale a un 5.56% del total, y la combinación de Java/JavaScript, con 3 menciones, que representan el 8.33%, aunque ciertamente presentes en la literatura revisada, no alcanzan el mismo nivel de adopción generalizada. Específicamente, no son utilizados para las funcionalidades principales y centrales de estos entornos simulados inmersivos analizados. Esto

sugiere, de manera concluyente, un rol más secundario o específico para estos lenguajes. Su aplicación se limita a ciertos módulos o componentes dentro de la arquitectura general. No son la base de la simulación interactiva, sino herramientas de apoyo complementarias.

Esto sugiere, de manera concluyente, un uso más específico y complementario para estos otros lenguajes dentro del ecosistema de desarrollo de laboratorios virtuales complejos. Por ejemplo, podrían ser empleados eficazmente para el scripting en análisis de datos complejos y voluminosos, para el desarrollo de componentes de interfaz web altamente interactiva que mejoren la usabilidad de la plataforma, o para diversas tareas de apoyo que complementen el funcionamiento del laboratorio virtual principal. Su versatilidad les permite adaptarse a roles especializados. Aportan valor en áreas que no son el núcleo de la simulación, optimizando el rendimiento global. Así, su contribución es valiosa, aunque no central, en el desarrollo integral del sistema.

La revisión bibliográfica sistemática, al analizar en profundidad el corpus de publicaciones, identificó que un significativo 58.33% de los estudios no detallan explícitamente el lenguaje de programación utilizado en sus implementaciones. Este hallazgo constituye una característica recurrente observada consistentemente en las fuentes primarias examinadas, lo que resalta un patrón específico en la forma de divulgación académica dentro de este campo de estudio. Es importante recalcar que esta observación es un resultado directo de la metodología de revisión, no una deficiencia en la misma, revelando una tendencia en la literatura existente. De este modo, se subraya una particularidad del cuerpo de conocimiento actual.

Esta particularidad de la literatura, donde la información técnica detallada a menudo no se presenta, indica un desafío potencial para otros investigadores y desarrolladores que busquen replicar o construir sobre los estudios existentes en laboratorios virtuales. La ausencia de

especificaciones técnicas completas y consistentes puede obstaculizar la comprensión profunda de las implementaciones. Asimismo, ralentiza la transferencia efectiva de conocimiento práctico y especializado entre distintos proyectos y equipos de trabajo. Es un obstáculo para la progresión colaborativa en el campo. Se requiere mayor transparencia en la información. La replicabilidad es esencial para el avance científico y tecnológico.

A pesar de esta tendencia identificada en la presentación de la información, la revisión sistemática sigue proporcionando una comprensión valiosa y profunda de las preferencias tecnológicas dominantes en aquellos casos donde sí se especifica el lenguaje de programación. Esta observación, por lo tanto, no minimiza en absoluto la rigurosidad inherente del análisis realizado. De hecho, al identificar esta recurrencia, el estudio resalta una particularidad importante y una limitación presente en el cuerpo de literatura actual sobre el desarrollo de laboratorios virtuales. Es un hallazgo relevante para la metainvestigación. Destaca áreas de mejora en la publicación científica.

Aunque lenguajes menos frecuentes como XML y PHP registran una única mención cada uno, su esporádica aparición en el corpus sugiere la existencia de una diversidad subyacente en las arquitecturas tecnológicas empleadas en los laboratorios virtuales. Estas arquitecturas pueden incluir la configuración detallada de escenarios simulados, la integración de datos complejos provenientes de diversas fuentes, o el soporte de servicios web específicos que complementan la funcionalidad principal de la plataforma. La variedad en lenguajes refleja diferentes enfoques de diseño. Es importante considerar esta heterogeneidad en el desarrollo. Aportan soluciones particulares a problemas técnicos específicos.

La identificación de esta variabilidad en los enfoques tecnológicos, así como la prevalencia de especificaciones no explícitas en una gran parte de las publicaciones analizadas,

resalta la imperiosa necesidad de establecer estándares de reporte más rigurosos y uniformes en el campo. Futuras investigaciones se beneficiarían enormemente de una descripción exhaustiva y sistemática de los stacks tecnológicos completos utilizados en sus implementaciones. Esto no solo enriquecería de manera significativa el conocimiento colectivo disponible en la comunidad científica y de desarrollo. Además, facilitaría considerablemente la innovación y el desarrollo de laboratorios virtuales más avanzados, robustos, accesibles e interoperables.

Propuesta de Integración Curricular con la UNAD

La integración de laboratorios virtuales en los programas de logística de la UNAD representa una estrategia fundamental para fortalecer el componente práctico en la educación a distancia. Esta sección detalla cómo se puede lograr esta integración, identificando cursos clave, diseñando escenarios prácticos específicos y proponiendo estrategias pedagógicas efectivas.

Para una integración efectiva, es crucial identificar los cursos dentro de la malla curricular de logística que se beneficiarían más de un componente práctico virtual. Esto incluye asignaturas relacionadas con la gestión de almacenes, la optimización de rutas y transporte, la gestión de inventarios, la distribución física y la planificación de la cadena de suministro. Para cada curso, se deben diseñar escenarios prácticos que simulen situaciones reales y desafiantes del entorno logístico. Por ejemplo, se podrían crear simulaciones de gestión de almacenes que permitan a los estudiantes optimizar el layout, el almacenamiento y el picking (He, 2022), o entornos virtuales para la planificación de la distribución que simulen rutas y redes de transporte (Wang, 2019).

Asimismo, la incorporación de juegos serios podría ofrecer una plataforma interactiva para la toma de decisiones estratégicas en la cadena de suministro o la optimización de procesos (Holguín Anzules et al., 2024; Steglich, 2021). La ventaja de estos entornos es que permiten a los

estudiantes experimentar las consecuencias de sus decisiones en un ambiente controlado y sin riesgos, lo que fomenta el aprendizaje por ensayo y error y el desarrollo de habilidades críticas para la resolución de problemas (Jasiński et al., 2019).

En cuanto a las estrategias pedagógicas, los laboratorios virtuales deben ser diseñados para fomentar el aprendizaje activo y la autonomía del estudiante, características intrínsecas del modelo educativo de la UNAD. Esto implica la implementación de actividades que promuevan la exploración, la experimentación y el análisis crítico de resultados, con mecanismos de retroalimentación inmediata que guíen al estudiante en su proceso de aprendizaje (Pan et al., 2023). La flexibilidad que ofrecen los laboratorios virtuales permite a los estudiantes practicar a su propio ritmo y en el horario que mejor se adapte a sus necesidades, superando las barreras de tiempo y espacio inherentes a la educación a distancia.

Además, la naturaleza inmersiva de los entornos de realidad virtual puede mejorar significativamente la retención del conocimiento y la transferencia de habilidades al contexto profesional, al ofrecer una experiencia de aprendizaje más profunda y atractiva que las metodologías tradicionales (Pang y Chen, 2022; Pan et al., 2023). De esta manera, los laboratorios virtuales se convierten en una herramienta poderosa para complementar la teoría con la práctica, elevando la calidad de la formación logística y preparando a los futuros profesionales para los desafíos del sector (Pacheco-Velazquez, 2022; Rodriguez-Garcia et al., 2024; Wong y Lee, 2024; Zamora Musa, 2021).

Cursos Clave en Programas de Logística de la UNAD. La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) posee una robusta y diversificada oferta académica en logística y cadena de suministro, la cual se adscribe principalmente a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) y la Escuela de Ciencias Administrativas, Contables,

Económicas y de Negocios (ECACEN). Programas de alta relevancia como la Tecnología en Logística Industrial, Ingeniería Industrial, la Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, la Maestría en Logística y Redes de Valor, así como la Tecnología en Gestión Industrial y la Tecnología en Gestión de Transporte, incluyen en su currículo cursos que inherentemente demandan un fuerte componente práctico y experiencial (UNAD, s.f.). Esta necesidad de aplicación práctica es un pilar fundamental para el desarrollo de competencias operativas y estratégicas que trasciendan la comprensión teórica.

En este contexto, la efectividad del aprendizaje en logística y cadena de suministro reside en la capacidad del estudiante para aplicar principios teóricos a escenarios dinámicos y realistas. Si bien la base conceptual es sólida, el desarrollo de habilidades operativas y estratégicas demanda entornos que permitan la experimentación y la toma de decisiones contextualizada. La Tabla 20, identifica los cursos fundamentales de la oferta académica de la UNAD que se beneficiarían sustancialmente de la integración de laboratorios virtuales, destacando cómo estas herramientas pueden cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica, esenciales para la formación de profesionales competentes en el dinámico sector logístico (Chopra, 2019).

Tabla 20

Aplicación de Laboratorios Virtuales en Cursos de Logística de la UNAD

Nombre global del curso	Programa(s) UNAD relacionado(s)	Beneficio clave con laboratorio virtual
Diseño de redes logísticas	Ingeniería Industrial, Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en	Simulación de optimización de ubicación de instalaciones, diseño de

Nombre global del curso	Programa(s) UNAD relacionado(s)	Beneficio clave con laboratorio virtual
	Redes de Valor, Maestría en Logística y Redes de Valor	rutas, flujos de materiales, y análisis de escenarios de red compleja.
Gestión de inventarios	Tecnología en Logística Industrial, Ingeniería Industrial	Experimentación con niveles de stock, puntos de reorden, políticas de inventario bajo demanda variable y análisis del impacto de las decisiones en costos y servicio.
Logística inversa	Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, Maestría en Logística y Redes de Valor	Simulación de procesos de retorno, reciclaje, reparación y disposición final, permitiendo la optimización de flujos y la gestión de la sostenibilidad.
Transporte y distribución	Tecnología en Logística Industrial, Tecnología en Gestión de Transporte, Ingeniería Industrial	Optimización de rutas, gestión de flotas, planificación de cargas, simulación de condiciones de tráfico y eventos inesperados.
Procesos logísticos (almacenamiento y operaciones)	Tecnología en Logística Industrial, Ingeniería Industrial, Tecnología en Gestión Industrial	Modelado y simulación de flujos de trabajo en almacenes, centros de distribución y operaciones de manejo de materiales para identificar cuellos de botella y mejorar la eficiencia.

Nombre global del curso	Programa(s) UNAD relacionado(s)	Beneficio clave con laboratorio virtual
Logística internacional	Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, Maestría en Logística y Redes de Valor	Simulación de operaciones aduaneras, gestión de documentos de exportación/importación, y coordinación de la cadena de suministro global, incluyendo riesgos y normativas.
Gestión de la cadena de suministro	Tecnología en Logística Industrial, Ingeniería Industrial, Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor, Maestría en Logística y Redes de Valor	Análisis holístico de la cadena de suministro, desde el abastecimiento hasta la entrega al cliente final, permitiendo la simulación de interdependencias, evaluación de riesgos y optimización estratégica.

Nota. En la tabla se listan los cursos clave y cómo los laboratorios virtuales fortalecen el aprendizaje práctico en cada uno.

Descripción y Análisis: La Tabla 20, resalta la necesidad imperante de complementar la formación teórica con la experiencia práctica en los programas de logística de la UNAD. Cada curso identificado, desde el "Diseño de Redes Logísticas" hasta la "Gestión de la Cadena de Suministro", demanda que los estudiantes no solo comprendan conceptos, sino que los apliquen activamente para resolver problemas complejos y tomar decisiones informadas. Los laboratorios

virtuales ofrecen el entorno ideal para esta aplicación, permitiendo a los estudiantes interactuar con escenarios dinámicos y observar las consecuencias de sus acciones en tiempo real, sin los riesgos ni los costos asociados a las operaciones físicas. Esta capacidad de "aprender haciendo" es fundamental para el desarrollo de competencias críticas en un sector que es eminentemente práctico y orientado a la resolución de problemas (Hakeemah, 2022; Infante Jiménez, 2014).

La implementación de laboratorios virtuales en estos cursos clave potenciará significativamente las habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas de los estudiantes. Por ejemplo, en el curso de "Diseño de Redes Logísticas", los estudiantes podrían simular la apertura de nuevos centros de distribución o la modificación de rutas de transporte, evaluando el impacto en los costos operativos, los tiempos de entrega y la satisfacción del cliente. De manera similar, en "Gestión de Inventarios", la experimentación con diferentes modelos de pronóstico y políticas de reabastecimiento en un entorno virtual permitiría a los estudiantes comprender de primera mano cómo estas decisiones afectan el capital de trabajo y la disponibilidad del producto. Estas experiencias simuladas fomentan una comprensión más profunda de las interconexiones en los sistemas logísticos y preparan a los estudiantes para enfrentar la complejidad inherente de la cadena de suministro real (Pacheco-Velazquez et al., 2024; Rodriguez-Garcia et al., 2024; Chopra, 2019).

Adicionalmente, la integración de tecnologías avanzadas como la realidad virtual (VR) y los juegos serios en estos laboratorios virtuales puede ofrecer una experiencia de aprendizaje inmersiva y altamente motivadora. Cursos como "Procesos Logísticos (Almacenamiento y Operaciones)" o "Transporte y Distribución" se benefician enormemente de la capacidad de simular entornos tridimensionales de almacenes, operaciones de *picking* o la conducción de vehículos de transporte, permitiendo a los estudiantes desarrollar una comprensión espacial y

operativa que difícilmente se logra con materiales bidimensionales (Guo, 2019; He, 2022; Li et al., 2019; May, 2021; Teräs et al., 2016). La gamificación, a su vez, introduce un componente lúdico que puede aumentar el compromiso y la retención del conocimiento, transformando el aprendizaje en una experiencia interactiva y desafiante (Schlüter y Kretschmer, 2020; Wlodyka y Bober, 2021).

Finalmente, la apuesta por los laboratorios virtuales en estos cursos estratégicos reafirma el liderazgo de la UNAD en la educación a distancia y su compromiso con la pertinencia académica. Al dotar a los estudiantes de herramientas que replican los desafíos de la Industria 4.0, como la toma de decisiones basada en datos en tiempo real o la gestión de sistemas logísticos inteligentes, la universidad asegura que sus egresados no solo posean una sólida base teórica, sino también las habilidades prácticas y tecnológicas demandadas por el mercado laboral actual (Pacheco-Velazquez, 2022; Wang et al., 2022). Esta sinergia entre teoría, práctica y tecnología no solo mejora la calidad educativa, sino que también posiciona a los profesionales formados en la UNAD como agentes de cambio capaces de optimizar y transformar las cadenas de suministro en el ámbito global (Zhang y Liu, 2024; Wong y Lee, 2024).

Diseño de Escenarios Prácticos Específicos por Área Logística. La aplicabilidad de los laboratorios virtuales a la enseñanza de la logística es diversa y profunda, con un fuerte énfasis en la cadena de suministro, el transporte, la gestión de almacenes y los inventarios. La identificación de cursos clave en la malla curricular, tal como se detalló en la sección anterior, es el primer paso para una formación integral. El siguiente nivel de detalle implica el diseño de escenarios prácticos específicos que permitan a los estudiantes interactuar con las complejidades inherentes a cada área logística, consolidando así el conocimiento teórico a través de la experiencia simulada.

Para lograr una formación verdaderamente aplicable, es esencial que estos escenarios reproduzcan las condiciones y los desafíos del mundo real con alta fidelidad. Desde la optimización de procesos operativos hasta la gestión estratégica ante interrupciones, los laboratorios virtuales proporcionan un espacio seguro para la experimentación y el desarrollo de habilidades críticas. En el diseño de estos espacios, pueden incorporarse las instrucciones metodológicas establecidas por Ostapenko (2019), dirigidas a fomentar entornos virtuales eficientes. Este enfoque temático y dirigido asegura que cada práctica esté alineada con las competencias específicas requeridas por el sector. A continuación, se presenta la Tabla 21, que detalla posibles escenarios prácticos por cada área logística clave, delineando las capacidades que se espera que los estudiantes desarrollen a través de estas interacciones simuladas.

Tabla 21

Escenarios Prácticos y Habilidades en Laboratorios Virtuales de Logística

Área logística	Escenarios prácticos clave en laboratorios virtuales	Habilidades clave desarrolladas	Citas relevantes
Gestión de inventarios	Simulación de diferentes políticas de inventario (Just-in-Time, EOQ, Punto de Reorden) bajo variabilidad de demanda y plazos de entrega. Experimentación con la optimización de inventarios de seguridad para productos perecederos o bajo incertidumbre.	Análisis de demanda, toma de decisiones bajo incertidumbre, optimización de costos de almacenamiento y obsolescencia, equilibrio entre servicio al cliente y eficiencia operativa.	(Steglich, 2021; Rodríguez y Sempere, 2021)
Planificación de rutas y transporte	Recreación de escenarios de optimización de flotas y rutas de entrega en redes de	Optimización de rutas y cargas, gestión de recursos de transporte,	(Mao et al., 2022; Wang,

Área logística	Escenarios prácticos clave en laboratorios virtuales	Habilidades clave desarrolladas	Citas relevantes
	distribución complejas. Experimentación con la planificación de rutas para múltiples vehículos, asignación de cargas, gestión de ventanas de tiempo y respuesta a interrupciones (tráfico, cierres de carreteras).	toma de decisiones en tiempo real, resolución de problemas bajo presión, comprensión de algoritmos de optimización.	2019; Wlodyka y Bober, 2021)
Gestión de almacenes	Simulación de diseño de layout de almacenes (2D/3D), optimización de ubicación de productos, gestión de operaciones de picking y packing. Práctica en la manipulación segura de equipos logísticos (carretillas elevadoras) y gestión de flujos de materiales.	Diseño espacial, optimización de flujos de trabajo, eficiencia operativa, gestión de personal y equipos, seguridad en el almacén, comprensión de tecnologías de automatización.	(He, 2022; May, 2021; Schlüter y Kretschmer, 2020; Rodríguez y Sempere, 2021)
Optimización de la cadena de suministro	Modelado de cadenas de suministro completas para analizar el "efecto látigo", gestionar interrupciones (desastres naturales, conflictos geopolíticos). Experimentación con la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 (gemelos digitales, analítica de datos, blockchain).	Pensamiento sistémico, gestión de riesgos, resiliencia de la cadena de suministro, planificación estratégica, uso de analítica avanzada, comprensión de la interdependencia global.	(Ivanov et al., 2020; Pacheco-Velazquez et al., 2024; Shcherbakov y Silkina, 2021; Wang et al., 2022; Rizzi et al.,2012; Chopra, 2019)

Área logística	Escenarios prácticos clave en laboratorios virtuales	Habilidades clave desarrolladas	Citas relevantes
Integración y procesos logísticos generales	Simulaciones que integran los principales procesos logísticos de una cadena de valor (Aprovisionamiento, Producción, Distribución, Inventarios y Servicio al Cliente), así como la planificación de la demanda. Creación de redes logísticas personalizadas para experimentar con diferentes elementos y observar sus interacciones, aplicando metodologías estructuradas para el manejo del flujo logístico como el modelo RAPDTt.	Visión holística de la cadena de valor, toma de decisiones estratégicas que afectan múltiples funciones, comprensión de interdependencias, diseño y validación de sistemas logísticos complejos, aplicación de métodos estructurados de gestión logística.	(Molano Bermúdez, 2024; Ramirez-Montoya et al., 2024; Terkaj et al., 2024; Vásquez Bernal y González Silva, 2021; IMOVA, s.f.; Portal Vitual Lab, s.f.)

Nota. Esta tabla muestra los escenarios clave por área logística, con las habilidades que los estudiantes pueden desarrollar.

Descripción y Análisis: El diseño detallado de escenarios prácticos en laboratorios virtuales, como se presenta en la Tabla 21, desempeña un papel crucial en la formación de profesionales logísticos competentes, al permitirles enfrentar las complejidades de las operaciones reales en entornos controlados. Estos laboratorios virtuales trascienden la enseñanza teórica, ofreciendo experiencias inmersivas que desarrollan habilidades prácticas esenciales para el dinámico entorno logístico.

En la Gestión de Inventarios, los escenarios que simulan políticas como Just-in-Time, EOQ, o Punto de Reorden bajo variabilidad de demanda y plazos de entrega fomentan habilidades analíticas y de toma de decisiones bajo incertidumbre. Estas simulaciones permiten a los estudiantes optimizar costos de almacenamiento y equilibrar el servicio al cliente con la eficiencia operativa, habilidades críticas para gestionar inventarios en contextos reales (Steglich, 2021; Rodríguez y Sempere, 2021). La inclusión de entornos inmersivos, como los descritos en la literatura, refuerza la capacidad de los estudiantes para abordar problemas complejos, como la gestión de inventarios de seguridad para productos perecederos, preparando a los futuros profesionales para entornos logísticos dinámicos (Jasiński et al., 2019; Orrego Riofrio et al., 2024).

En la Gestión de Almacenes, los laboratorios virtuales ofrecen simulaciones 3D de diseño de layout, optimización de picking y packing, y manejo de equipos logísticos, como carretillas elevadoras. Estos escenarios desarrollan habilidades de diseño espacial, gestión de flujos de trabajo, y seguridad operativa, que son difíciles de adquirir en aulas tradicionales. La literatura destaca cómo estas simulaciones mejoran la eficiencia operativa y la comprensión de tecnologías de automatización, preparando a los estudiantes para optimizar procesos en almacenes reales (He, 2022; May, 2021; Schlüter y Kretschmer, 2020; Rodríguez y Sempere, 2021). Este enfoque práctico asegura que los estudiantes no solo comprendan conceptos teóricos, sino que también puedan aplicarlos en operaciones logísticas reales, fortaleciendo su capacidad para gestionar personal y equipos de manera efectiva.

La Planificación de Rutas y Transporte transforma ejercicios teóricos en experiencias activas mediante la recreación de escenarios de optimización de flotas y rutas en redes de distribución complejas. Los estudiantes practican la asignación de cargas, la gestión de ventanas

de tiempo, y la respuesta a interrupciones como tráfico o cierres de carreteras, desarrollando habilidades de toma de decisiones en tiempo real y comprensión de algoritmos de optimización. Estas simulaciones, respaldadas por la literatura, preparan a los estudiantes para abordar desafíos logísticos dinámicos, mejorando su capacidad de adaptación y eficiencia en la distribución (Mao et al., 2022; Wang, 2019; Wlodyka y Bober, 2021). La especificidad de estos escenarios asegura que las competencias adquiridas sean directamente aplicables al entorno profesional.

Los escenarios de Optimización de la Cadena de Suministro son fundamentales para cultivar una visión sistémica y estratégica. Las simulaciones que modelan fenómenos como el "efecto látigo" o la gestión de interrupciones globales, como desastres naturales o conflictos geopolíticos, permiten a los estudiantes comprender las interdependencias de la cadena de valor. La integración de tecnologías de la Industria 4.0, como gemelos digitales y blockchain, fomenta habilidades de gestión de riesgos, planificación estratégica, y uso de analítica avanzada, preparando a los estudiantes para liderar la transformación digital del sector logístico (Ivanov et al., 2020; Pacheco-Velazquez et al., 2024; Shcherbakov y Silkina, 2021; Wang et al., 2022; Rizzi et al., 2012). Estas experiencias refuerzan la resiliencia de la cadena de suministro y la capacidad de los estudiantes para operar en entornos globales interconectados.

En la Integración y Procesos Logísticos Generales, los laboratorios virtuales integran procesos clave de la cadena de valor, como aprovisionamiento, producción, distribución, inventarios, y servicio al cliente. Estas simulaciones permiten a los estudiantes experimentar con redes logísticas personalizadas y aplicar metodologías estructuradas, como el modelo RAPDTt, desarrollando una visión holística y habilidades de diseño de sistemas logísticos complejos. La literatura destaca cómo estos escenarios fomentan la comprensión de interdependencias y la toma de decisiones estratégicas que afectan múltiples funciones logísticas (Molano Bermúdez, 2024;

Ramirez-Montoya et al., 2024; Terkaj et al., 2024; Vásquez Bernal y González Silva, 2021; Port Virtual Lab, s.f.; IMOVA, s.f.). Este enfoque integral prepara a los estudiantes para gestionar flujos logísticos de manera efectiva, asegurando una formación alineada con las demandas del mercado global.

En el contexto de la educación a distancia de la UNAD, los laboratorios virtuales ofrecen flexibilidad y escalabilidad, eliminando barreras geográficas y de infraestructura que limitarían la formación presencial. La capacidad de acceder a escenarios prácticos de alta calidad desde cualquier ubicación, junto con la posibilidad de adaptar estos entornos a diferentes cohortes y niveles de dificultad, optimiza los recursos educativos y garantiza una formación continua y actualizada (Herrera et al., 2020; Molano Bermúdez, 2024). La literatura subraya cómo estas características, respaldadas por simulaciones inmersivas y metodologías estructuradas, preparan a los egresados de la UNAD para enfrentar los desafíos e innovaciones del mercado logístico global (Munoz et al., 2022; Zhang y Liu, 2024; Ramirez-Montoya et al., 2024).

Estrategias Pedagógicas para la Integración Efectiva. La efectividad de los laboratorios virtuales no depende únicamente de su disponibilidad tecnológica, sino de un diseño instruccional robusto y una articulación clara con los objetivos de aprendizaje (Infante Jiménez, 2014). Una vez identificados los cursos clave y diseñados escenarios prácticos específicos, el siguiente paso crucial es definir las estrategias pedagógicas que guiarán la interacción de los estudiantes con estas herramientas. Estas estrategias son el puente entre la capacidad tecnológica del laboratorio virtual y el logro de competencias significativas.

Para la UNAD, esto implica la adopción de un conjunto de estrategias pedagógicas que maximicen el potencial de estas herramientas en un entorno a distancia (Reid García et al., 2022). Estas metodologías deben fomentar la autonomía del estudiante, la aplicación activa del

conocimiento, la colaboración y la reflexión crítica, pilares fundamentales de su modelo educativo (Leal Afanador, 2021). La implementación cuidadosa de estas estrategias garantizará que los laboratorios virtuales se conviertan en experiencias de aprendizaje transformadoras, y no meras herramientas de simulación. Se recomienda considerar modelos disciplinarios previamente implementados, como el desarrollado por Ordoñez Reyes y Cajigal Tamayo (2020), por su impacto en la comprensión práctica y los modelos de simulación virtual centrados en la instrucción estructurada, como los de Ostapenko (2019), que fortalecen la autonomía del estudiante en entornos remotos.

Tabla 22

Estrategias Pedagógicas Para Integrar Laboratorios Virtuales en Logística

Estrategia pedagógica	Descripción y aplicación en logística	Beneficios clave para el estudiante	Citas relevantes
Aprendizaje activo y basado en problemas	Los laboratorios virtuales se convierten en el centro de actividades que requieren que los estudiantes apliquen conocimientos teóricos para resolver problemas logísticos complejos y realistas. Las simulaciones presentan desafíos (ej. optimización de rutas, gestión de crisis en la cadena) que demandan análisis de datos, toma de decisiones	Fomenta el pensamiento crítico, la capacidad de análisis y síntesis, la resolución de problemas, y la aplicación práctica del conocimiento teórico en un contexto seguro.	(Ammouriova et al., 2022; Montemayor-Ibarra, 2021; Santoyo Sanchez et al., 2021; Timiraos et al., 2024)

Estrategia pedagógica	Descripción y aplicación en logística	Beneficios clave para el estudiante	Citas relevantes
	y evaluación de resultados.		
Gamificación y motivación	Incorporación de elementos de juego (puntos, insignias, tablas de clasificación, narrativas, niveles) en las prácticas simuladas. Transformar los escenarios logísticos en desafíos lúdicos con objetivos claros y retroalimentación interactiva.	Aumenta significativamente la motivación, el compromiso y la retención del conocimiento. Hace que el aprendizaje de conceptos complejos sea más atractivo y memorable, promoviendo el desarrollo de habilidades blandas como la perseverancia.	(Holguín Anzules et al., 2024; Schlüter y Kretschmer, 2020; Teräs et al., 2016)
Retroalimentación inmediata y adaptativa	Los laboratorios virtuales ofrecen *feedback* instantáneo y detallado sobre el desempeño del estudiante en cada simulación o decisión. Esta retroalimentación puede ser contextual, explicando el porqué de los resultados, y adaptativa, sugiriendo caminos de mejora o recursos adicionales.	Facilita el aprendizaje reflexivo, la corrección de errores en tiempo real y la comprensión profunda de las consecuencias de las acciones. Mejora la progresión de modelos mentales y la autoevaluación del progreso.	(Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022)

Estrategia pedagógica	Descripción y aplicación en logística	Beneficios clave para el estudiante	Citas relevantes
Aprendizaje colaborativo	Diseño de actividades en las que varios estudiantes trabajan conjuntamente en un mismo escenario virtual, asumiendo roles específicos (ej. gerente de almacén, planificador de transporte) y coordinando funciones logísticas. Esto puede replicar la dinámica de equipos en operaciones logísticas reales.	Promueve el desarrollo de habilidades de comunicación, negociación, trabajo en equipo, liderazgo y resolución conjunta de problemas, esenciales en el entorno profesional logístico.	(Guo, 2019; Timiraos et al., 2024)
Flexibilidad y auto-ritmo	Acceso a las prácticas de laboratorio virtual 24/7 desde cualquier ubicación con conexión a internet. Los estudiantes pueden repetir simulaciones, ajustar su ritmo de aprendizaje y adaptar las prácticas a sus horarios personales y profesionales.	Se alinea perfectamente con el modelo de educación a distancia de la UNAD. Fomenta la autogestión del conocimiento, la autonomía en el aprendizaje y la inclusión al superar barreras de tiempo y espacio.	(Pang y Chen, 2022; Reid García et al., 2022; Tobarra et al., 2016; Viegas et al., 2018; Herráez, 2022; Portal Virtual Lab, s.f.; IMOVA, s.f.)

Nota. Esta tabla presenta estrategias clave de aplicación en logística y sus beneficios para el aprendizaje.

Descripción y Análisis: Las estrategias pedagógicas delineadas en la Tabla 22, constituyen un marco integral para asegurar que la inversión en laboratorios virtuales se traduzca

en resultados de aprendizaje superiores. No basta con la disponibilidad de tecnología avanzada; es crucial que el diseño instruccional oriente el uso de estas herramientas hacia objetivos educativos claros. Este enfoque pedagógico se alinea intrínsecamente con el modelo de educación a distancia de la UNAD, que prioriza la autonomía y la capacidad de autogestión del estudiante, y es fundamental para construir una experiencia de aprendizaje que sea tanto desafiante como profundamente enriquecedora (Reid García et al., 2022; Herrera et al., 2020; Molano Bermúdez, 2024).

La combinación de Aprendizaje Activo y Basado en Problemas con la Gamificación representa una poderosa sinergia para captar y mantener el interés del estudiante. Al requerir que los alumnos resuelvan desafíos logísticos complejos en escenarios simulados, se fomenta el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas, habilidades esenciales en cualquier rol logístico (Ammouriova et al., 2022; Montemayor-Ibarra, 2021). La gamificación, a su vez, convierte estas tareas en experiencias lúdicas y motivadoras, aumentando el compromiso y la persistencia frente a la dificultad, lo que es vital para la retención del conocimiento y la aplicación práctica de conceptos complejos (Holguín Anzules et al., 2024; Teräs et al., 2016).

La Retroalimentación Inmediata y Adaptativa, es un pilar fundamental para el aprendizaje efectivo en entornos virtuales. La capacidad de los laboratorios para ofrecer feedback instantáneo sobre las acciones del estudiante permite una corrección de rumbo oportuna y una comprensión profunda de las consecuencias de las decisiones, acelerando la progresión de sus modelos mentales y su capacidad de auto reflexión (Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022). Complementariamente, el "Aprendizaje Colaborativo" facilita que los estudiantes desarrollen habilidades interpersonales vitales. Al trabajar en equipo en escenarios virtuales, asumiendo roles y coordinando funciones, los alumnos replican la dinámica de colaboración presente en las

operaciones logísticas reales, fortaleciendo sus capacidades de comunicación y negociación (Guo, 2019; Timiraos et al., 2024).

Finalmente, la Flexibilidad y Auto-ritmo, es una estrategia pedagógica que potencia la propuesta de valor de la UNAD como institución de educación a distancia. La disponibilidad 24/7 de los laboratorios virtuales y la posibilidad de ajustar el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante son fundamentales para la inclusión y la accesibilidad (Pang y Chen, 2022; Tobarra et al., 2016; Viegas et al., 2018; Port Virtual Lab, s.f.; IMOVA, s.f.). Estas estrategias pedagógicas, en conjunto, no solo maximizan la efectividad de los laboratorios virtuales, sino que también aseguran que los egresados de la UNAD estén equipados con las competencias prácticas y estratégicas que demanda la industria logística, contribuyendo al desarrollo profesional y al fortalecimiento del sector a nivel nacional e internacional (Leal Afanador, 2021; Hernández Muñoz et al., 2022).

Recomendaciones Estratégicas y Operativas para la UNAD

La formulación de recomendaciones para la mejora e integración de laboratorios virtuales en los programas de Logística de la UNAD demanda un enfoque que combine la visión estratégica con directrices operativas concretas. Estas recomendaciones buscan potenciar el componente práctico en la educación a distancia, capitalizando las experiencias y lecciones aprendidas de casos de éxito globales en la simulación logística.

La UNAD, con su probada trayectoria en educación a distancia y su amplia cobertura, está en una posición privilegiada para consolidar su liderazgo a través de la innovación educativa en el ámbito logístico. La expansión de sus capacidades en laboratorios virtuales representa una oportunidad estratégica para asegurar que sus egresados no solo dominen el conocimiento

teórico, sino que también desarrollen las competencias prácticas y la adaptabilidad exigidas por un sector dinámico y tecnificado.

Estas recomendaciones delinean una ruta para una integración sostenible de simuladores avanzados, diseñada para superar los desafíos particulares de la formación práctica en la modalidad a distancia. Se fundamentan en la necesidad de alinear el desarrollo tecnológico con los objetivos pedagógicos y la misión institucional, asegurando que cada inversión contribuya directamente al valor educativo y a la pertinencia de los programas de la UNAD.

El enfoque estratégico busca sentar las bases para una transformación metodológica profunda que fortalezca la enseñanza de la logística, posicionando a la UNAD a la vanguardia de la educación superior en la era digital y preparando a sus estudiantes para los desafíos emergentes de la Industria 4.0.

Recomendaciones Estratégicas de Alto Nivel. La expansión y consolidación de laboratorios virtuales en la UNAD no es una mera adición tecnológica, sino una transformación metodológica que reafirma su compromiso con la excelencia educativa y la pertinencia profesional en un sector en constante evolución. A nivel estratégico, estas recomendaciones buscan guiar las decisiones de la alta dirección, estableciendo los principios fundamentales y la visión a largo plazo que sostendrán esta iniciativa.

Estas directrices estratégicas abordan aspectos cruciales como la alineación con la misión institucional, la sostenibilidad financiera y operativa, el desarrollo cultural y pedagógico del cuerpo docente, y la garantía de una experiencia de usuario equitativa y accesible. Su éxito dependerá de una visión holística que integre la tecnología, la pedagogía y la gestión institucional de manera coherente y progresiva.

En última instancia, las siguientes recomendaciones estratégicas buscan asegurar que la inversión en laboratorios virtuales se traduzca en una ventaja competitiva sostenible para la UNAD, fortaleciendo su liderazgo en educación a distancia y formando profesionales de logística altamente capacitados y adaptables a las demandas del mercado global.

Tabla 23

Lineamientos Clave Para la Integración de Laboratorios Virtuales en Logística

Recomendación estratégica	Descripción y justificación	Impacto clave para la UNAD	Citas relevantes
Alineación con la misión institucional y la industria 4.0	Consolidar los laboratorios virtuales como una extensión de la metodología a distancia de la UNAD, optimizando el componente práctico de disciplinas técnicas. Esto posicionará a la universidad a la vanguardia en la formación para la Industria 4.0, equipando profesionales con habilidades clave en optimización, simulación y toma de decisiones.	Refuerzo del liderazgo en educación a distancia, egresados altamente competitivos para el mercado laboral actual y futuro, mejora de la reputación y atracción de estudiantes.	(Leal Afanador, 2021; Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017; Wong y Lee, 2024; Rizzi et al., 2012)
Inversión estratégica a largo plazo	Considerar la inversión en el desarrollo y adquisición de laboratorios virtuales como estratégica para la sostenibilidad educativa. Ofrecen escalabilidad para atender a una población masiva sin restricciones de capacidad física, y una reducción de costos operativos a	Sostenibilidad financiera y operativa, capacidad de escalar la oferta educativa, optimización de recursos, flexibilidad para adaptarse a	(Zhang y Liu, 2024; Tobarra et al., 2016; Rizzi et al., 2012)

Recomendación estratégica	Descripción y justificación	Impacto clave para la UNAD	Citas relevantes
	largo plazo frente a la infraestructura física tradicional. La planificación financiera debe contemplar adquisición, mantenimiento y actualizaciones continuas.	futuras demandas educativas.	
Fomento de la cultura de innovación pedagógica	Promover una transformación cultural que impulse la experimentación y adaptación pedagógica del cuerpo docente. Es crucial que los docentes dominen las herramientas y desarrollen nuevas habilidades para diseñar y facilitar experiencias de aprendizaje efectivas en entornos virtuales, reconociendo que la tecnología potencia una pedagogía intencionada.	Fortalecimiento del cuerpo docente, mejora continua de las metodologías de enseñanza, creación de un ecosistema de innovación educativa, mayor engagement estudiantil.	(Molano Bermúdez, 2024; Montemayor-Ibarra, 2021; Salazar Jiménez et al., 2024; Bozkurt & Sharma, 2020; García Vélez et al., 2023)
Enfoque en la experiencia del usuario (ux) y la accesibilidad	Diseñar los laboratorios virtuales para que sean intuitivos y centrados en el estudiante, optimizando la experiencia de usuario (UX) para maximizar su aceptación y efectividad. Dada la diversidad de condiciones de conectividad y dispositivos entre los estudiantes a distancia de la UNAD, es fundamental	Mayor adopción y éxito estudiantil, promoción de la inclusión y equidad educativa, mejora de la imagen institucional como entidad accesible e innovadora.	(Pang y Chen, 2022; Reid García et al., 2022)

Recomendación estratégica	Descripción y justificación	Impacto clave para la UNAD	Citas relevantes
	garantizar una experiencia de simulación fluida e inclusiva, complementando la infraestructura de acceso que ya caracteriza la modalidad.		

Nota. Esta tabla resume lineamientos de alto nivel para la adopción institucional de laboratorios virtuales en logística.

Descripción y Análisis: Las recomendaciones estratégicas de alto nivel presentadas en la Tabla 23, son interdependientes y forman la base para una expansión y consolidación exitosa de los laboratorios virtuales en la UNAD. En su conjunto, demuestran que el proyecto trasciende una mera actualización tecnológica para convertirse en un componente central de la visión educativa de la universidad. La implementación efectiva de estas directrices garantizará que los laboratorios virtuales no solo mejoren la calidad de la formación logística, sino que también fortalezcan la posición de la UNAD como referente en educación a distancia de alta calidad, impactando positivamente en la experiencia de aprendizaje del estudiante y en la competitividad de sus egresados en el mercado laboral (Leal Afanador, 2021; Hernández Muñoz et al., 2022; Espinoza Bravo et al., 2024).

En este contexto, la literatura especializada respalda la viabilidad de los laboratorios virtuales como herramientas estratégicas para la formación logística. Por ejemplo, Rizzi et al. (2012), destacan cómo los laboratorios virtuales y remotos permiten simular procesos logísticos complejos en entornos controlados, ofreciendo una solución escalable y accesible para la educación a distancia. Este enfoque no solo facilita el desarrollo de competencias prácticas

alineadas con la Industria 4.0, sino que también refuerza la pertinencia de las recomendaciones estratégicas propuestas, al demostrar que los laboratorios virtuales pueden integrarse efectivamente en instituciones con alta cobertura como la UNAD, maximizando la calidad educativa y la preparación profesional.

Y para esto, la Alineación con la Misión Institucional y la Industria 4.0 es el pilar que da sentido a toda la iniciativa. Al integrar los laboratorios virtuales como una extensión de su metodología a distancia, la UNAD no solo cumple con su vocación de ofrecer educación de calidad sin barreras geográficas, sino que también se posiciona proactivamente para formar a los profesionales que demanda la Industria 4.0. Estos requieren habilidades avanzadas en simulación, optimización y análisis de datos, que pueden ser cultivadas eficazmente a través de experiencias prácticas inmersivas. Este enfoque estratégico diferencia a la UNAD y refuerza su liderazgo en la formación de talento pertinente para el desarrollo económico y tecnológico del país (Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017; Wong y Lee, 2024).

La Inversión Estratégica a Largo Plazo aborda la viabilidad y sostenibilidad del proyecto. Aunque la inversión inicial en desarrollo y adquisición de simuladores avanzados puede ser considerable, la capacidad de escalar la oferta educativa para una población masiva sin los costos asociados a la expansión de infraestructura física, representa una significativa optimización de recursos. Esta visión permite a la UNAD gestionar el crecimiento de su matrícula de manera eficiente y flexible, asegurando que la calidad no se vea comprometida por limitaciones de espacio o presupuesto que afectan a las instituciones con modelos presenciales (Zhang y Liu, 2024; Tobarra et al., 2016). Una planificación financiera robusta que contemple el mantenimiento y las actualizaciones es crucial para maximizar el retorno de esta inversión.

El Fomento de la Cultura de Innovación Pedagógica es esencial porque la tecnología, por sí misma, no garantiza el éxito. Es el cuerpo docente quien, al adoptar y adaptar estas herramientas, transforma la experiencia educativa. Esto implica una inversión continua en la capacitación docente, no solo en el manejo técnico de los simuladores, sino en el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza que aprovechen el potencial de los entornos virtuales. Una cultura que valora la experimentación y la adaptación pedagógica asegura que los laboratorios virtuales sean utilizados eficazmente para fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Molano Bermúdez, 2024; Montemayor-Ibarra, 2021; Salazar Jiménez et al., 2024).

Finalmente, el Enfoque en la Experiencia del Usuario (UX) y la Accesibilidad es vital para la UNAD, dada su misión de inclusión y su diversa población estudiantil. Un diseño intuitivo y accesible reduce la curva de aprendizaje, aumenta la aceptación y el éxito estudiantil, y optimiza la experiencia de simulación para todos, independientemente de sus condiciones de conectividad o dispositivos. Al priorizar la equidad en el acceso y la facilidad de uso de los laboratorios virtuales, la UNAD refuerza su compromiso social y maximiza el impacto positivo de la iniciativa, asegurando que esta innovación beneficie a la mayor cantidad posible de estudiantes (Pang y Chen, 2022; Reid García et al., 2022; Espinoza Bravo et al., 2024).

Recomendaciones Operativas y Técnicas. Para traducir las estrategias de alto nivel en acciones concretas, se proponen las siguientes recomendaciones operativas y técnicas, basadas en las especificaciones detalladas de los laboratorios virtuales exitosos. Estas directrices delinean el "cómo" de la implementación, enfocándose en la selección y desarrollo de tecnologías adecuadas, la creación de contenido pedagógicamente efectivo, el fortalecimiento de la infraestructura de soporte, la capacitación docente especializada y un proceso continuo de

evaluación, elementos esenciales para la consolidación de un entorno de aprendizaje práctico robusto y escalable en la UNAD (Molano Bermúdez, 2024; Infante Jiménez, 2014).

Tabla 24

Recomendaciones Técnicas y Operativas para Laboratorios Virtuales en Logística

Recomendación operativa/técnica	Descripción detallada	Aspectos clave para la implementación	Citas relevantes
Selección y/o desarrollo de plataformas tecnológicas robustas	Priorizar motores de juego como Unity3D para la creación de entornos de Realidad Virtual/Aumentada (RV/RA) de alta fidelidad, cruciales en áreas como gestión de almacenes o logística portuaria (ej. simulaciones como Logistic Lab). Integrar software de simulación especializado como FlexSim o desarrollar módulos basados en Python para optimización de rutas, gestión de inventarios y análisis de la cadena de suministro. Considerar soluciones híbridas que combinen simulaciones de software con módulos de RV o laboratorios remotos.	Evaluar herramientas ya existentes en el mercado versus crear soluciones propias dentro de la institución o empresa. Compatibilidad con estándares educativos. Capacidad de integración entre diferentes herramientas.	(Zhang y Liu, 2024; Steglich, 2021; Teräs et al., 2016; Tobarra et al., 2016; Wang, 2019)
Desarrollo de contenido y escenarios	Crear escenarios realistas y desafiantes que repliquen situaciones complejas del mundo real (ej. interrupciones en la	Contar con la participación activa de expertos en logística y pedagogía	(Ammouriova et al., 2022; Holguín Anzules et

Recomendación operativa/técnica	Descripción detallada	Aspectos clave para la implementación	Citas relevantes
pedagógicamente efectivos	cadena de suministro, variaciones abruptas en la demanda). Diseñar contenido modular y escalable para adaptar a diferentes cursos y niveles. Incorporar elementos de gamificación (puntos, insignias, tablas de clasificación, narrativas) para aumentar motivación y compromiso.	para el diseño de los escenarios. Fomentar la creación de una biblioteca de simulaciones variadas enfocadas en la resolución de problemas.	al., 2024; Ramirez-Montoya et al., 2024; Schlüter y Kretschmer, 2020; Timiraos et al., 2024)
Fortalecimiento de la infraestructura tecnológica y soporte	Asegurar que las plataformas virtuales estén optimizadas para funcionar con diversas conexiones a internet, incluso de menor ancho de banda, y ofrecer guías claras de configuración de hardware (ej. especificaciones recomendadas de PC) para una experiencia fluida. Establecer un sistema de soporte técnico con disponibilidad 24/7, que incluya un chatbot basado en IA para resolución inicial de dudas y asistencia complementaria humana.	Desarrollar el software priorizando la eficiencia de datos. Ofrecer recursos didácticos sobre requisitos técnicos. Implementar un modelo de soporte escalonado y accesible para todos los estudiantes.	(Herrera et al., 2020; Pang y Chen, 2022; Reid García et al., 2022)
Programas de capacitación docente continua	Ofrecer formación constante a los docentes en el manejo técnico de los laboratorios virtuales y, crucialmente, en	Diseñar programas de desarrollo profesional docente estructurados.	(Molano Bermúdez, 2024; Montemayor-

Recomendación operativa/técnica	Descripción detallada	Aspectos clave para la implementación	Citas relevantes
	cómo integrar estas herramientas de manera efectiva en sus metodologías de enseñanza. Desarrollar habilidades de diseño instruccional para alinear objetivos educativos con las funcionalidades específicas de cada laboratorio virtual, fomentando el aprendizaje activo y la retroalimentación constructiva.	Fomentar la creación de redes de colaboración y ofrecer reconocimiento a la innovación pedagógica en el uso de los laboratorios.	Ibarra, 2021; Salazar Jiménez et al., 2024)
Evaluación y mejora continua	Implementar métricas de evaluación claras para medir el impacto pedagógico real de los laboratorios virtuales (comprensión conceptual, desarrollo de habilidades prácticas, motivación). Establecer mecanismos sistemáticos para recopilar y analizar la retroalimentación de *todos* los estudiantes y docentes (ej. encuestas exhaustivas, entrevistas), utilizando metodologías de mejora continua con ciclos de retroalimentación cortos y adaptativos.	Diseñar encuestas de satisfacción del laboratorio. Utilizar la analítica de datos de la plataforma para identificar patrones. Aplicar ciclos de mejora ágiles para una optimización constante y rápida.	(Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022)

Nota. Esta tabla presenta lineamientos técnicos y operativos para la implementación y mejora de laboratorios virtuales en logística.

Descripción y Análisis: Las recomendaciones operativas y técnicas detalladas en la Tabla 24, son la materialización de las estrategias de alto nivel previamente establecidas, traduciendo la visión en acciones concretas para la UNAD. Estos aspectos clave, derivados de las referencias bibliográficas y de las buenas prácticas observadas en laboratorios virtuales exitosos, son esenciales para asegurar que la expansión y consolidación de los laboratorios virtuales en logística se realice de manera eficiente y efectiva. Abordan desde la elección de la tecnología más adecuada hasta la garantía de un soporte continuo y la mejora iterativa, elementos que, en conjunto, son fundamentales para la creación de un entorno de aprendizaje práctico y accesible en la modalidad a distancia (Molano Bermúdez, 2024; Infante Jiménez, 2014).

La Selección y/o Desarrollo de Plataformas Tecnológicas Robustas es el punto de partida técnico. La recomendación de utilizar motores de juego como Unity3D para entornos inmersivos y software especializado como FlexSim o módulos Python para simulaciones algorítmicas, asegura que los laboratorios virtuales ofrezcan la profundidad y el realismo necesarios para las complejidades de la logística. Considerar la adquisición de soluciones comerciales existentes o el desarrollo propio, junto con la exploración de opciones híbridas y ejemplos como Logistic Lab, subraya la versatilidad requerida para abarcar múltiples temáticas y tipos de interacción, desde la visualización espacial de un almacén hasta la optimización de rutas (Zhang y Liu, 2024; Steglich, 2021; Teräs et al., 2016; Wang, 2019).

El Desarrollo de Contenido y Escenarios Pedagógicamente Efectivos es crucial para la relevancia del aprendizaje. Crear escenarios realistas y desafiantes, que repliquen situaciones complejas como interrupciones en la cadena de suministro, fomenta en los estudiantes habilidades de resolución de problemas bajo presión y toma de decisiones. La participación de expertos en logística y pedagogía en el diseño asegura la pertinencia. Además, la modularidad y

escalabilidad del contenido, junto con la gamificación, impulsan el compromiso y la motivación, transformando la práctica en una experiencia atractiva y memorable que va más allá del simple ensayo y error (Ammouriova et al., 2022; Holguín Anzules et al., 2024; Timiraos et al., 2024).

El Fortalecimiento de la Infraestructura Tecnológica y Soporte es vital para la UNAD, dada su modalidad a distancia. La optimización del software para funcionar con diversas conexiones a internet, incluso de menor ancho de banda, es fundamental para la equidad. Proporcionar guías claras de hardware y establecer un sistema de soporte técnico robusto, que incluya la implementación de un chatbot basado en IA para atención 24/7 y asistencia humana complementaria, es indispensable para garantizar una experiencia de usuario fluida y sin interrupciones, minimizando las barreras tecnológicas (Pang y Chen, 2022; Herrera et al., 2020; Reid García et al., 2022).

Los Programas de Capacitación Docente Continua son el eslabón humano fundamental para el éxito de esta iniciativa de expansión. La efectividad de los laboratorios virtuales depende directamente de la habilidad de los profesores para integrarlos pedagógicamente. Esto implica no solo un dominio técnico de las herramientas, sino un desarrollo profesional estructurado que incluya el diseño instruccional específico para entornos simulados. Fomentar redes de colaboración y ofrecer reconocimiento a la innovación pedagógica en el uso de los laboratorios asegura que los docentes maximicen su potencial, diseñando experiencias que realmente preparen a los estudiantes para los desafíos del mundo real (Molano Bermúdez, 2024; Salazar Jiménez et al., 2024).

Finalmente, la Evaluación y Mejora Continua es un ciclo iterativo que garantiza la pertinencia y calidad a largo plazo de la iniciativa. Implementar métricas claras y recopilar sistemáticamente la retroalimentación de todos los estudiantes y docentes, a través de encuestas

exhaustivas y entrevistas, permite a la UNAD identificar áreas de mejora. La aplicación de metodologías de mejora continua con ciclos de retroalimentación cortos y adaptativos, conocidos como ciclos ágiles, asegura que los laboratorios virtuales evolucionen constantemente, manteniéndose actualizados con las necesidades educativas y las tendencias de la industria logística, consolidando así el valor y la relevancia de la oferta académica de la UNAD (Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022).

Modelo de Implementación por Fases

La implementación de un laboratorio virtual integral para la logística en la UNAD se propone a través de un modelo por fases, que permite una aproximación estructurada y progresiva. Este enfoque optimiza los recursos institucionales y garantiza una adaptación continua a las necesidades pedagógicas y tecnológicas del entorno a distancia. Dicho modelo surge como la culminación de la presente investigación, la cual ha proporcionado las bases teóricas, el análisis de escenarios, las estrategias pedagógicas y las recomendaciones técnicas necesarias para su desarrollo y puesta en marcha, asegurando que cada etapa se construya sobre un fundamento sólido y bien definido.

Tabla 25

Fases de Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística – UNAD

Fase	Descripción de la fase	Actividades clave y resultados esperados
Fase 1: Planificación y diseño conceptual	Esta fase inicial establece las bases teóricas y conceptuales del proyecto, asegurando que la implementación se alinee con los objetivos educativos	Esta fase inicial se centraría en la definición de las necesidades específicas de la UNAD y la conceptualización de los laboratorios virtuales. Actividades: - Análisis detallado de la malla curricular de los programas de logística para identificar los cursos y competencias prácticas prioritarias a fortalecer. - Definición de los objetivos de aprendizaje específicos para cada módulo de laboratorio virtual,

Fase	Descripción de la fase	Actividades clave y resultados esperados
	y las capacidades existentes de la UNAD.	alineados con los resultados de aprendizaje esperados del programa. - Estudio de viabilidad técnica y económica, incluyendo la evaluación de plataformas existentes (comerciales y de código abierto) y la estimación de costos de desarrollo, adquisición y mantenimiento. - Diseño conceptual de los escenarios de simulación, definiendo las funcionalidades clave y el nivel de inmersión requerido (ej. simulador de software, RV/RA). Resultados Esperados: Informe de necesidades y objetivos, estudio de viabilidad, diseño conceptual de los primeros módulos de laboratorio virtual.
Fase 2: Desarrollo y prototipado	Esta fase se enfoca en la construcción de los componentes del laboratorio virtual, transformando los diseños conceptuales en prototipos funcionales y operativos.	En esta fase, se procedería con el desarrollo de los prototipos de los laboratorios virtuales, priorizando la agilidad y la iteración. Actividades: - Desarrollo o adaptación del software y contenido de los módulos piloto, utilizando los motores y lenguajes de programación seleccionados. - Configuración de la infraestructura tecnológica necesaria (servidores, licencias, etc.) y aseguramiento de la conectividad. - Diseño de interfaces de usuario intuitivas y amigables, con un fuerte enfoque en la experiencia del usuario (UX). - Desarrollo de materiales de apoyo para estudiantes y guías para docentes. Resultados Esperados: Módulos de laboratorio virtual funcionales (prototipos), manuales de usuario, guías para docentes.
Fase 3: Piloto y evaluación pedagógica	Esta fase crucial implica la puesta en marcha del laboratorio virtual en un entorno real de aprendizaje con estudiantes,	Esta fase se dedicaría a probar los laboratorios virtuales con un grupo piloto de estudiantes y docentes, recopilando retroalimentación para la mejora. Actividades: - Implementación de los módulos piloto en cursos seleccionados de logística.

Fase	Descripción de la fase	Actividades clave y resultados esperados
	validando su eficacia en condiciones operativas.	- Capacitación intensiva para los docentes participantes en el uso de las herramientas y en las nuevas metodologías pedagógicas. - Recopilación sistemática de datos sobre el rendimiento de los estudiantes, la adquisición de competencias y la percepción de la experiencia de aprendizaje (mediante encuestas, grupos focales, análisis de datos de uso del simulador). - Análisis de los resultados para identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora. Resultados Esperados: Informe de evaluación del piloto, listado de mejoras y ajustes necesarios en el diseño técnico y pedagógico.
Fase 4: Optimización y expansión	Esta fase se centra en la mejora continua, la expansión de la implementación y la integración del laboratorio virtual en la operación regular de la UNAD.	Basándose en los resultados del piloto, se optimizarían los laboratorios virtuales y se planificaría su expansión a más cursos y programas. Actividades: - Implementación de las mejoras identificadas en la fase de piloto. - Desarrollo de nuevos módulos de laboratorio virtual para cubrir otras áreas de la malla curricular de logística. - Escalamiento de la infraestructura tecnológica para soportar un mayor número de usuarios. - Diseño de un plan de mantenimiento y actualización continua de las plataformas y contenidos. - Desarrollo de un programa de capacitación docente a gran escala. Resultados Esperados: Laboratorios virtuales optimizados y ampliados, plan de mantenimiento a largo plazo, programa de capacitación docente establecido.
Fase 5: Sostenibilidad e innovación	La fase final garantiza la relevancia a largo plazo del laboratorio virtual y su adaptación proactiva	Actualización Tecnológica Continua: Monitoreo constante de nuevas tecnologías (ej. IA generativa, metaverso, blockchain) y evaluación de su incorporación para mantener la plataforma a la vanguardia educativa y tecnológica. Investigación y Desarrollo Pedagógico: Fomento de la investigación

Fase	Descripción de la fase	Actividades clave y resultados esperados
	a las futuras tendencias tecnológicas y educativas, asegurando su vanguardia.	interna sobre el impacto del laboratorio y el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza basadas en simulaciones. Alianzas Estratégicas: Establecimiento de colaboraciones con la industria, centros de investigación y otras universidades para el desarrollo conjunto de contenido, el intercambio de mejores prácticas y la mejora continua.

Nota. Esta tabla presenta un modelo en fases con actividades y resultados clave para implementar y consolidar laboratorios virtuales en logística.

Descripción y Análisis: El modelo de implementación por fases, presentado en la Tabla 25, ofrece un enfoque estructurado y adaptable para la expansión y consolidación de un laboratorio virtual integral en la UNAD. Esta estrategia progresiva es crucial para gestionar la complejidad de un proyecto de esta envergadura, permitiendo la asignación eficiente de recursos y la adaptación continua a los desafíos técnicos y pedagógicos (Molano Bermúdez, 2024; Ramirez-Montoya et al., 2024). Al adoptar un modelo escalonado, la UNAD puede mitigar riesgos, asegurar la calidad en cada etapa y construir sobre los éxitos tempranos, lo que es vital para un proyecto de innovación educativa a gran escala.

La Fase 1: Planificación y Diseño Conceptual es el cimiento de todo el modelo. Esta fase inicial se centra en la definición de las necesidades específicas de la UNAD y la conceptualización de los laboratorios virtuales. Las actividades clave, como el análisis detallado de la malla curricular, la definición de objetivos de aprendizaje, el estudio de viabilidad técnica y económica, y el diseño conceptual de escenarios, se ven directamente enriquecidas y facilitadas por los análisis y recomendaciones exhaustivos derivados de la presente investigación. Esto dota a la UNAD de una base sólida para iniciar el desarrollo, optimizando el tiempo y los recursos en

esta etapa crítica al partir de un conocimiento ya consolidado sobre las necesidades y las mejores prácticas (Ospina-Díaz y Sanabria-Rangel, 2017; Leal Afanador, 2021).

Las Fases 2: Desarrollo y Prototipado y Fase 3: Piloto y Evaluación Pedagógica representan el corazón del ciclo de creación y validación. La Fase 2 se enfoca en el desarrollo o adaptación del software y contenido de los módulos piloto, la configuración de la infraestructura tecnológica y el diseño de interfaces de usuario intuitivas, priorizando la agilidad y la iteración para la creación de prototipos funcionales (Teräs et al., 2016; Wang, 2019). La Fase 3 es la prueba de fuego, dedicándose a probar los laboratorios virtuales con un grupo piloto de estudiantes y docentes. Implementar los módulos en cursos seleccionados, ofrecer capacitación intensiva a los docentes y recopilar datos sistemáticamente son actividades cruciales para evaluar el rendimiento, la adquisición de competencias y la percepción de la experiencia de aprendizaje, permitiendo identificar fortalezas y debilidades antes de la expansión (Pan et al., 2023; Pontes Pedrajas, 2022).

Las Fases 4: Optimización y Expansión y Fase 5: Sostenibilidad e Innovación miran hacia el futuro, asegurando la relevancia y el crecimiento a largo plazo del laboratorio virtual. La Fase 4 se centra en implementar las mejoras identificadas en el piloto, desarrollar nuevos módulos y escalar la infraestructura para soportar un mayor número de usuarios. Se establece también un plan de mantenimiento y actualización continua, y un programa de capacitación docente a gran escala, lo que es fundamental para la UNAD, permitiendo que la inversión inicial beneficie a un número creciente de estudiantes a través de una replicación y adaptación controlada del modelo exitoso (Zhang y Liu, 2024; Tobarra et al., 2016).

Finalmente, la Fase 5: Sostenibilidad e Innovación es la etapa de vanguardia, donde se garantiza que el laboratorio virtual no solo se mantenga relevante, sino que evolucione con las

nuevas tendencias tecnológicas y pedagógicas. Esto implica un monitoreo constante de nuevas tecnologías como la IA generativa o el metaverso para su posible incorporación, y el fomento de la investigación y el desarrollo pedagógico interno sobre el impacto del laboratorio. Además, el establecimiento de alianzas estratégicas con la industria, centros de investigación y otras universidades asegura que el laboratorio se mantenga conectado con las demandas del mercado laboral y las mejores prácticas globales, consolidando la UNAD como un referente en la formación logística avanzada y adaptada al futuro (Wong y Lee, 2024; Salazar Jiménez et al., 2024).

Desafíos en la Implementación Sostenible de Laboratorios Virtuales en Logística

La adopción de laboratorios virtuales en la educación logística, si bien promete transformar las metodologías de enseñanza-aprendizaje con sus inherentes ventajas en flexibilidad y alcance, no está exenta de complejidades. La implementación de un laboratorio virtual de aprendizaje propio para los programas de logística de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) enfrenta desafíos y limitaciones significativos que deben abordarse para garantizar su viabilidad y efectividad en un contexto de educación a distancia. Aunque la monografía destaca el potencial transformador de estas herramientas, inspiradas en casos como Virtual Plant, LogisticsLab y nDiVE, la transición de una visión teórica a una implementación práctica y sostenible exige una evaluación rigurosa de los obstáculos que podrían comprometer su efectividad.

Esta sección se dedica a identificar y analizar las principales barreras técnicas, financieras, pedagógicas y metodológicas que una institución debe ponderar antes y durante el desarrollo de su propio laboratorio virtual de aprendizaje adaptado a sus necesidades. Reconocer estos factores críticos es esencial para mitigar riesgos, optimizar la inversión de recursos y

asegurar que la solución propuesta no solo sea innovadora, sino también equitativa y duradera, alineándose con la misión de ofrecer una formación inclusiva, práctica y pertinente (Leal Afanador, 2021).

Tabla 26

Desafíos en la Implementación de Laboratorios Virtuales en Logística a Distancia

Categoría del desafío	Descripción y relevancia para la implementación	Implicación para la sostenibilidad
Hardware especializado	La necesidad de equipos con altas especificaciones (RV, 3D inmersivo) que exceden los requisitos básicos de la educación a distancia.	Riesgo de brecha de acceso o alta inversión institucional en infraestructura.
Costos de desarrollo y mantenimiento	Elevada inversión inicial en diseño, programación y licenciamiento, así como necesidad de actualizaciones constantes.	Demanda un compromiso financiero sostenido y planificación a largo plazo.
Experiencia háptica y sensorial	Limitación en la replicación de sensaciones físicas (peso, textura, interacción con máquinas) cruciales para ciertas competencias operativas.	Requiere complementar el aprendizaje virtual con otras metodologías para una comprensión holística.
Conectividad y acceso	Limitaciones de conectividad a internet en algunas zonas que restringen el acceso a simulaciones inmersivas o de alta demanda computacional.	Puede generar inequidad en el acceso a experiencias de aprendizaje avanzadas.
Capacitación y adaptación docente	Los educadores requieren nuevas competencias en el uso pedagógico	Exige inversión en programas de formación y apoyo continuo al

Categoría del desafío	Descripción y relevancia para la implementación	Implicación para la sostenibilidad
	de herramientas virtuales y adaptación de metodologías.	profesorado para optimizar el potencial de los laboratorios.
Limitaciones metodológicas de la investigación	Dependencia de fuentes secundarias y ausencia de estudio empírico directo que valide propuestas en el contexto específico.	Podría afectar la precisión de las especificaciones y recomendaciones técnicas.
Rápida evolución tecnológica	Riesgo de obsolescencia de la plataforma por la rápida evolución de tecnologías como la IA generativa y el metaverso.	Exige un compromiso continuo con la innovación y recursos sostenidos para actualizaciones.
Interacción humana directa	La falta de interacción física en entornos virtuales puede limitar el desarrollo de habilidades interpersonales esenciales (ej. negociación).	Requiere complementar el laboratorio con actividades que fomenten estas habilidades.

Nota. La tabla presenta los principales desafíos y consideraciones clave para la implementación de laboratorios virtuales en logística a distancia, con sus implicaciones para la sostenibilidad.

Descripción y Análisis: A continuación, se presenta un análisis pormenorizado de cada uno de los desafíos identificados en la Tabla 26, detallando su relevancia e implicaciones para la implementación de un laboratorio virtual propio.

Un desafío crítico es la exigencia de hardware especializado para entornos inmersivos como la inmersión 3D o la Realidad Virtual (RV), los cuales son fundamentales para replicar interfaces avanzadas presentes en diversas plataformas de simulación. Por ejemplo, sistemas como VRTMS (Boden et al., 2022), LLOG VR (Rodríguez y Sempere, 2021) o las soluciones propuestas por Benito-Fuentes et al. (2024) para mantenimiento industrial y logística, requieren

equipos con especificaciones técnicas elevadas, como procesadores potentes y tarjetas gráficas dedicadas, además de dispositivos específicos para RV (ej., Meta Quest 2/3, Oculus Rift, HTC Vive).

Aunque la UNAD podría optar por disponer estos equipos en sus centros de formación, lo que garantizaría un acceso más equitativo en comparación con esperar que los estudiantes adquieran su propio hardware, esta estrategia implica una inversión inicial significativa en infraestructura y logística para mantener y actualizar los equipos en múltiples ubicaciones, como se observa en los grandes laboratorios virtuales públicos que exigen pantallas curvas 3D, estaciones de trabajo gráficas y dispositivos de retroalimentación de fuerza (Zhang y Liu, 2024).

La heterogeneidad tecnológica entre los estudiantes, especialmente en zonas rurales con acceso limitado a internet, agrava este desafío, ya que incluso con equipos en los centros, la conectividad inestable podría restringir el uso de simulaciones inmersivas de alta demanda computacional (Pang y Chen, 2022; Herrera et al., 2020). Por ejemplo, un laboratorio que haga uso intensivo de entornos 3D para simular procesos logísticos (como los inspirados en FlexSim o Virtual Plant, o incluso las simulaciones de almacenes inteligentes) podría ser inaccesible para estudiantes que dependan de conexiones de bajo ancho de banda. Esto exige un diseño que priorice interfaces ligeras y accesibles, potencialmente basadas en navegadores como IMOVA (s.f.) o Port Virtual Lab (s.f.), para garantizar la inclusión de la totalidad de la población estudiantil (Molano Bermúdez, 2024).

Además, los altos costos iniciales de desarrollo y el mantenimiento continuo representan una barrera financiera significativa. Crear un laboratorio virtual propio que incorpore las mejores prácticas de simuladores avanzados, como LogisticsLab (Steglich, 2021) o los juegos serios basados en RV (Schlüter y Kretschmer, 2020), implica una inversión sustancial en el diseño

instruccional, la programación de simulaciones complejas y la adquisición de licencias para motores de desarrollo como Unity3D o Unreal Development Kit (Zhang y Liu, 2024).

Aunque los laboratorios virtuales reducen costos operativos a largo plazo al eliminar la necesidad de infraestructura física (Farouk et al., 2024), la conceptualización desde cero, la contratación de personal especializado en diseño 3D y pedagogía virtual, y la necesidad de actualizaciones constantes para evitar la obsolescencia tecnológica demandan un compromiso financiero sostenido. La rápida evolución de tecnologías emergentes como la IA generativa y el metaverso, mencionadas como tendencias futuras, podría requerir actualizaciones frecuentes para mantener la relevancia y competitividad del laboratorio (Wang et al., 2022). Sin una planificación financiera rigurosa, estos costos podrían tensionar los recursos de la UNAD, especialmente en las primeras fases de implementación (Tabla 25).

Otro desafío importante es la limitación en la replicación de experiencias hápticas y sensoriales en entornos puramente virtuales. Aunque las simulaciones virtuales son altamente efectivas para modelar flujos logísticos, optimización de rutas y diseño de almacenes, no pueden reproducir completamente las sensaciones físicas asociadas con procesos operativos, como el peso, la fricción o la respuesta de maquinaria (Guo, 2019; Steglich, 2021).

En logística, donde la comprensión de estas interacciones físicas puede enriquecer el aprendizaje de ciertos procesos y la toma de decisiones, esta carencia sensorial podría limitar la formación integral de los estudiantes. Si bien plataformas como las aplicaciones de entrenamiento en RV (Li et al., 2019) o las simulaciones para operadores de grúas portuarias (Jasso et al., 2023) integran componentes hápticos o seguimiento de movimiento avanzado, la ausencia generalizada de retroalimentación física puede requerir la complementariedad con

metodologías adicionales, como estudios de caso o visitas de campo, para garantizar una comprensión holística (Holguín Anzules et al., 2024; Pacheco-Velazquez et al., 2024).

Desde una perspectiva pedagógica, la complejidad de los laboratorios virtuales avanzados plantea desafíos para el aprendizaje autodirigido, un pilar del modelo de educación a distancia de la UNAD. Los entornos simulados, como aquellos que replican la complejidad de plataformas gamificadas, como por ejemplo nDiVE (Teräs et al., 2016) o los proyectos de simulación virtual basados en IA (Pan et al., 2023), involucran escenarios abiertos con múltiples variables que exigen habilidades avanzadas de gestión del tiempo, persistencia y metacognición (Reid García et al., 2022).

Aunque el acompañamiento tutorial es esencial, la menor estructura impuesta por la ausencia de un laboratorio físico y la necesidad de resolver problemas complejos de manera autónoma pueden intensificar la demanda sobre los estudiantes, especialmente aquellos con menor experiencia en entornos virtuales (Salazar Jiménez et al., 2024). El diseño instruccional, inspirado en el autoaprendizaje y la resolución de problemas como LOST de Pacheco-Velazquez et al. (2024), o LabsterTM de Hakeemah, (2022), debe ser cuidadosamente estructurado para mitigar este desafío y garantizar que los estudiantes puedan asimilar los contenidos prácticos sin sentirse abrumados (Holguín Anzules et al., 2024).

Finalmente, la curva de aprendizaje y la necesidad de capacitación docente continua son esenciales para el éxito del laboratorio. La integración efectiva de herramientas avanzadas y entornos virtuales, como la plataforma colaborativa Operator 5.0 (Mourtzis y Angelopoulos, 2023) o los laboratorios remotos como IARL (Sekaran y Hildas, 2023), requiere que los docentes no solo dominen la plataforma técnicamente, sino que también desarrollen competencias en el

diseño de actividades didácticas que maximicen la interacción y en la interpretación de datos de desempeño generados por las simulaciones (Molano Bermúdez, 2024; Teräs et al., 2016).

La resistencia al cambio o la falta de familiaridad con estas metodologías podría limitar el impacto pedagógico, especialmente si los docentes no reciben formación adecuada o incentivos para adaptarse a este nuevo paradigma (Salazar Jiménez et al., 2024). La monografía propone programas de capacitación continua (Tabla 24), pero sin un enfoque robusto que incluya redes de apoyo y reconocimiento, la adopción docente podría ser inconsistente, afectando la calidad del aprendizaje.

Por lo que, el desarrollo de un laboratorio virtual propio para logística en la UNAD enfrenta desafíos relacionados con la exigencia de hardware especializado y conectividad, los altos costos iniciales y de mantenimiento, la limitación en experiencias hápticas y sensoriales, la complejidad pedagógica de los entornos simulados y la necesidad de capacitación docente. Estas barreras no desvirtúan el potencial transformador del laboratorio, inspirado en casos exitosos y tendencias tecnológicas actuales, pero exigen soluciones estratégicas, como el diseño de interfaces accesibles, una planificación financiera rigurosa, la integración de metodologías complementarias, un diseño instruccional cuidadoso y programas de formación docente robustos. Al abordar estas limitaciones de manera proactiva, la UNAD puede garantizar que el laboratorio sea inclusivo, sostenible y alineado con las demandas de la Industria 4.0, fortaleciendo la preparación de sus egresados para un mercado laboral global (Pacheco-Velazquez et al., 2024; Steglich, 2021).

Conclusiones

El presente estudio ha explorado la aplicación de laboratorios virtuales de aprendizaje en el ámbito de la logística, con un enfoque particular en su potencial integración en los programas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Esta investigación ha permitido identificar tendencias metodológicas, detallar especificaciones técnicas de implementaciones exitosas, y formular recomendaciones estratégicas y operativas. El análisis bibliográfico ha sentado las bases para las conclusiones que se presentan a continuación.

En primer lugar, la investigación ha confirmado una necesidad imperante de experiencias prácticas en la formación logística, un campo crucial para la dinámica Industria 4.0. La modalidad a distancia de la UNAD, si bien inclusiva y de amplio alcance, presenta un desafío inherente para replicar estas experiencias in situ. Los laboratorios virtuales emergen, por tanto, como la solución más efectiva y accesible para cerrar esta brecha, proporcionando entornos seguros y controlados que permiten la experimentación y la toma de decisiones en escenarios realistas, esenciales para el desarrollo de competencias que trasciendan la teoría. Asimismo, la evidencia analizada demuestra la eficacia pedagógica comprobada de estos laboratorios, ya que mejoran significativamente la comprensión conceptual, facilitan el desarrollo de habilidades prácticas y operativas, y potencian la capacidad de toma de decisiones y resolución de problemas en los estudiantes.

Por otra parte, se ha evidenciado una considerable diversidad y madurez en las tipologías de laboratorios virtuales disponibles, abarcando desde simuladores de software hasta entornos de Realidad Virtual/Aumentada y sistemas híbridos, cada uno con fortalezas específicas para diferentes áreas de la logística. La creciente adopción de motores de juego en su desarrollo subraya una tendencia hacia soluciones más inmersivas y personalizadas. Esta versatilidad,

sumada a la viabilidad técnica y económica a largo plazo, hace que los laboratorios virtuales sean particularmente atractivos para la UNAD. Aunque la inversión inicial puede ser considerable, ofrecen una reducción significativa de costos operativos a largo plazo y una escalabilidad sin precedentes, permitiendo atender a una vasta población estudiantil sin las limitaciones de capacidad física de los laboratorios tradicionales (Farouk et al., 2024).

La implementación exitosa de estos entornos, sin embargo, no está exenta de desafíos significativos que deben gestionarse proactivamente. Estos incluyen la exigencia de hardware especializado para entornos inmersivos de 3D y Realidad Virtual, así como la heterogeneidad tecnológica y las limitaciones de conectividad de la vasta población estudiantil de la UNAD, lo que podría generar brechas de acceso. Otro obstáculo crítico son los altos costos iniciales de desarrollo y el mantenimiento continuo de plataformas complejas, lo que demanda una planificación financiera rigurosa y un compromiso sostenido.

Además, la limitación en la replicación de experiencias hápticas y sensoriales en entornos puramente virtuales requiere la complementariedad con otras metodologías para una formación integral. Desde una perspectiva pedagógica, la complejidad de los laboratorios virtuales avanzados exige un diseño instruccional cuidadosamente estructurado que apoye el aprendizaje autodirigido y la capacitación docente continua es esencial para asegurar que los educadores puedan explotar todo el potencial pedagógico de estas herramientas. Los casos de éxito analizados demuestran que, con una gestión proactiva y soluciones estratégicas (como el diseño de interfaces accesibles, una planificación financiera rigurosa y programas de formación docente robustos), estos desafíos pueden superarse eficazmente, transformándose en valiosas lecciones aprendidas y oportunidades de mejora.

No obstante, este estudio, si bien abarcador en su revisión, posee ciertas limitaciones inherentes a su diseño. Su enfoque principal fue una revisión sistemática de literatura, lo que implicó una dependencia de la información reportada por terceros. Aunque se procuró la rigurosidad en la selección de fuentes, la profundidad de los detalles técnicos y pedagógicos de algunos laboratorios virtuales estuvo limitada por la disponibilidad de información en los resúmenes y textos completos accesibles. Consecuentemente, no se realizó un estudio empírico directo ni una implementación de prueba en la UNAD, lo que podría haber proporcionado datos primarios y una validación contextual más específica. Además, la rápida evolución tecnológica en el campo de los laboratorios virtuales y la logística 4.0 implica que algunas de las herramientas y tendencias identificadas pueden continuar desarrollándose a un ritmo acelerado, lo que requiere una actualización constante del conocimiento para mantener la pertinencia de las recomendaciones.

Mirando hacia el futuro, la implementación de estos laboratorios virtuales posicionará a la UNAD como un referente en la formación logística, no solo a nivel nacional sino también regional. Al brindar a sus estudiantes experiencias prácticas de alta calidad y al abordar proactivamente los desafíos identificados, la universidad no solo fortalecerá sus perfiles profesionales, sino que también contribuirá directamente a la competitividad del sector logístico en un entorno globalizado. La adopción de estas tecnologías innovadoras es un paso estratégico que refuerza el compromiso de la UNAD con la excelencia educativa y su capacidad de adaptación a las demandas cambiantes del mercado laboral.

Para consolidar aún más este avance, se sugiere que futuras líneas de investigación se enfoquen en la evaluación longitudinal del impacto de estos entornos simulados en el desempeño estudiantil y su posterior inserción laboral, permitiendo cuantificar el valor agregado real de estas

herramientas. Asimismo, sería de gran valor explorar la aplicabilidad de estos laboratorios virtuales en otros campos técnicos de la universidad, replicando el modelo exitoso y adaptándolo a diversas disciplinas que también requieran el desarrollo de competencias prácticas a distancia. La continua investigación y desarrollo pedagógico asegurará que la UNAD se mantenga a la vanguardia de la educación virtual.

Además de enriquecer la oferta académica, la integración de laboratorios virtuales impulsa una transformación curricular profunda en la UNAD. Al ofrecer herramientas que simulan escenarios complejos y dinámicos, se abre la puerta a nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje que promuevan el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo de manera más efectiva. Este enfoque innovador fomenta la interdisciplinaridad y prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos reales con una mentalidad proactiva, elevando el estándar de la educación a distancia y consolidando la reputación de la UNAD como una institución de vanguardia.

Finalmente, la implementación de laboratorios virtuales reafirma el compromiso de la UNAD con la inclusión y la accesibilidad, pilares fundamentales de su misión educativa. Al superar las barreras geográficas y económicas que impiden el acceso a laboratorios físicos y al considerar la diversidad tecnológica de sus estudiantes, estas herramientas democratizan la educación práctica de alta calidad para estudiantes en zonas remotas o con limitaciones de movilidad. Este enfoque no solo amplía las oportunidades de formación para una población diversa, sino que también fortalece la contribución social de la universidad, garantizando que la formación en competencias logísticas avanzadas esté al alcance de todos, independientemente de su ubicación o condición.

Bibliografía

Aguirre Cabrera, C. A., Alava Viteri, C., Cabrera, H. E., Velasquez Quintana, G., Vesga Ferreira, J. C., Torres Silva, P., y Campaña Bastidas, S. E. (2011). Incorporación de laboratorios remotos y virtuales como tecnología aplicada en la formación del ingeniero. En *Memorias del Congreso ACOFI 2011, Cartagena, Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

Alvarez Alvarez, A., y Cabrera Ramos, J. F. (2020). Requerimientos para el diseño de la experiencia de inmersión en laboratorios virtuales. *Kepes*, *17*(22), 277–299. https://doi.org/10.17151/kepes.2020.17.22.11

Álvarez Sánchez, E. J., Leyva Retureta, G., Aldana Franco, F., Aldana Franco, R., y López Velázquez, A. (2023). Laboratorios virtuales: Un caso de éxito en la transformación digital para la educación 4.0. En *Innovación en las organizaciones: una perspectiva desde Iberoamérica, después de la pandemia* (p. 211). Editorial Digital.

Ammouriova, M., Bertolini, M., Castaneda, J., Juan, A., y Neroni, M. (2022). A Heuristic-Based Simulation for an Education Process to Learn about Optimization Applications in Logistics and Transportation. *Mathematics*. https://doi.org/10.3390/math10050830

Anjos, F. E. V. D., Martins, A. D. O., Rodrigues, G. S., Sellitto, M. A., y Silva, D. O. D. (2024). Boosting Engineering Education with Virtual Reality: An Experiment to Enhance Student Knowledge Retention. *Applied System Innovation*, *7*(3), Article 50. https://doi.org/10.3390/asi7030050

Arce, E., Zayas-Gato, F., Suárez-García, A., Michelena, Á., Jove, E., Casteleiro-Roca, J. L., Quintián, H., y Calvo-Rolle, J. L. (2022). Blended learning experience supported by a

virtual laboratory for STEM subjects. *Bordón. Revista de Pedagogía*, *74*(4), 125-143. https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.95592

Baryannis, G., Dani, S., y Antoniou, G. (2019). Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability. *Future Generation Computer Systems, 101,* 993–1004. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.07.059

Benitez Rodriguez, E. D., y Diaz Raga, H. H. (2021). Diseño e Implementación de un Laboratorio Virtual Remoto como estrategia de la enseñanza de la Física General en el servicio del componente practico de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. *Publicaciones E Investigación*, *14*(3).

Benito-Fuentes, A., Arranz, F., Ros, E., y Garrido, J. A. (2024). Interactive simulations as a tool for logistics and maintenance of IFMIF-DONES. *Fusion Engineering and Design,* 202, 114315. https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2024.114315

Boden, A., Buchholz, A., Petrovic, M., y Weiper, F. J. (2022). 3D VR serious games for production & logistics. En *Tagungsband AALE 2022* (pp. 1–8). Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig. https://doi.org/10.33968/2022.23

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, M. B. (2019). *Supply Chain Logistics Management* (5th ed.). McGraw-Hill.

Bozkurt, A., y Sharma, R. C. (2020). Emergency remote teaching in a time of global crisis due to Coronavirus pandemic. *Asian Journal of Distance Education*, *15*(1), 1-6. https://doi.org/10.5281/zenodo.3778083

Chan, H. Y. (2021). Implementation of a virtual mechanics laboratory for a first year undergraduate engineering subject using MATLAB App Designer. *Proceedings of AAEE 2021*, 491–499. https://doi.org/10.52202/066488-0054

Chen, C.-Y., Shi, X.-W., Yin, S.-Y., Fan, N.-Y., Zhang, T.-Y., Zhang, X.-N., Yin, C.-T., y Mi, W. (2024). Application of the online teaching model based on BOPPPS virtual simulation platform in preventive medicine undergraduate experiment. *BMC Medical Education, 24*, Article 1255. https://doi.org/10.1186/s12909-024-06175-7

Chopra, S. (2019). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7th ed.). Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logística y gestión de la cadena de suministro* (5th ed.). Pearson.

De la Torre, L., Heradio, R., Chaos, D., Chacón, J., Guinaldo, M., Fábregas, E., Sáenz, J., Aranda Escolástico, E., y Dormido, S. (2015). Laboratorios virtuales y remotos en Moodle. En *I Jornada de Innovación y Tecnologías Educativas en la ETSI Informática de la UNED, Facultad de Educación, UNED*. Madrid, España.

Espinoza Bravo, M. G., Ríos Quiñónez, M. B., Castro Vargas, K. L., Velasco Moyano, C. B., y Feijoo Mendieta, D. A. (2024). La influencia de tecnologías emergentes en la educación superior. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *5*(1), 894–904. https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1641

Farouk, A.M., Naganathan, H., Rahman, R.A., y Kim, J. (2024). Exploring the Economic Viability of Virtual Reality in Architectural, Engineering, and Construction Education. *Applied System Innovation*, *7*(3), art. no. 50.

Franz, C., Fritz, T., Kreis, A., Meyer, M., Müller, M., Nawroth, A., Schröder, C., Syed-Ahmed, A., y Zhuchenko, I. (2014). Virtual Logistics Lab: A Framework for Rapid Prototyping and Remote Experimentation (pp. 25–34). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28816-6_3

García Aretio, L. (2020). COVID-19 y educación a distancia digital: preconfinamiento, confinamiento y posconfinamiento. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, *24*(1), 9-32. https://doi.org/10.6018/red.413701

García Vélez, K. A., Hermida Mendoza, L. N., y Mendoza Cedeño, D. C. (2023). Motivación estudiantil en los entornos virtuales de aprendizaje. *Educación: Revista de la Facultad de Ciencias de la Educación*, *29*(2), 1–19. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9139547

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V., y Grande, M. (2020). Online assessment in higher education in the time of COVID-19. *Education in the Knowledge Society*, *22*, e26813. https://doi.org/10.14201/eks.26813

Guo, Z. (2019). Research on the logistics equipment training simulation system based on virtual reality technology. En *Proceedings of the International Conference on Mechanical, Materials and Structural Applications*. https://doi.org/10.2991/MMSSA-18.2019.6

Hakeemah, A.-n. (2022). The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations to improve learning outcomes and scientific report writing skills. *PLOS ONE*, 1 - 13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277359

He, D. (2022). Teaching practices of a warehousing management curriculum based on virtual reality simulation technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *17*, 96–109. https://doi.org/10.3991/ijet.v17i09.30939

Hernández Muñoz, G., Rodríguez Flores, L., Montemayor Ibarra, F., y Rivas Velázquez, Á. (2022). Simulators and virtual laboratories in online engineering education: A student perspective. *2022 XII International Conference on Virtual Campus (JICV)*, 1–3. https://doi.org/10.1109/JICV56113.2022.9934211.

Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., y Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, *13*(3), 947-966.

Herráez, A. (2022). Virtual laboratories as a tool to support learning. *Turkish Journal of Biochemistry*, *47*(2), 1–10. https://doi.org/10.1515/tjb-2019-0146

Herrera, D. C., Triana, K., y Mesa, W. (2020). Importancia de los laboratorios remotos y virtuales en la educación superior. *Documentos de Trabajo ECBTI*, *1*(1). https://doi.org/10.22490/ECBTI.3976

Holguín Anzules, J. T., Echavarría Díaz, R., y Llumitasig Calvopiña, M. J. (2024). El simulador Virtual Plant: una herramienta para el aprendizaje activo en la carrera de ingeniería industrial. *Iberoamerican Journal of Technology, Science and Education (IBEROTECS)*, *4*(2). https://doi.org/10.56183/iberotecs.v4i2.648

IMOVA. (s.f.). *Laboratorio Virtual Logística*. Recuperado el 14 de julio de 2025, de https://imova.cl/laboratorio-virtual-logistica/

Infante Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista mexicana de investigación educativa*, *19*(62), 917-937. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000300013&lng=es&tlng=es

Ivanov, D., Dolgui, A., y Sokolov, B. (2020). Ripple effect in the supply chain: definitions, frameworks and future research perspectives. *Annals of Operations Research*, *291*(1), 1-20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14302-2_1

Jasiński, J. J., Sałek, R., y Jasińska, A. (2019). Computer simulation of logistics processes management – possibilities and solutions. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie*, *33*, 41–50. https://doi.org/10.17512/znpcz.2019.1.04

Jasso, J., Cruz, Z., y Álvarez, J. (2023). Applying Virtual Reality for Port Logistics Learning. *2023 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICEV59168.2023.10329707.

Kharki, K., Berrada, K., y Burgos, D. (2021). Design and Implementation of a Virtual Laboratory for Physics Subjects in Moroccan Universities. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/SU13073711.

Leal Afanador, J. A. (2021). *Educación, virtualidad e innovación: Estudio de caso para la consolidación de un modelo de liderazgo en la educación incluyente y de calidad*. Sello Editorial UNAD. https://doi.org/10.22490/9789586518253

Li, Y., Wang, D., y Liu, Y. (2019). The application of virtual reality technology in logistics training. *Advances in Intelligent, Interactive Systems and Applications* (Vol. 885, pp. 668–675). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02804-6_87

Major, Š., y Hubálovská, M. (2023). Virtual laboratories in the teaching of mechanical technology. *Chemistry, Didactics, Ecology, Metrology*, *28*(1-2), 135-155.

Mao, Y., Li, Y., Miao, R., y Feng, Y. (2022). Research and application of virtual simulation experiment teaching platform for China Railway Express logistics operation. *2nd International Conference on Artificial Intelligence, Automation, and High-Performance Computing (AIAHPC 2022)*. SPIE. https://doi.org/10.1117/12.2641451

May, M.-D. (2021). Apply VR and Simulation-Based Learning for Logistics and Warehouse Design Education. *Global Engineering Education Conference*, 983–988. https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9453870

Molano Bermúdez, J. E. (2024). *Laboratorios virtuales y laboratorios remotos como apoyo en la formación académica* [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/61858/jemolanob.pdf

Montemayor-Ibarra, F. (2021). Laboratorios remotos en el desarrollo de competencias de la educación superior. *Proyectos Institucionales y de Vinculación*, *9*(18), 252–261.

Motta Artunduaga, E. P. (2020). *Aportes de la UNAD a la evolución de la educación a distancia en Colombia* [Monografía de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38026

Mourtzis, D., y Angelopoulos, J. (2023). Development of an extended reality-based collaborative platform for engineering education: Operator 5.0. *Electronics (Switzerland)*, *12*(17), 3663. https://doi.org/10.3390/electronics12173663

Ordoñez Reyes, I., y Cajigal Tamayo, E. (2020). Modelo de laboratorio virtual de antropometría para la asignatura Ergonomía. *Revista Tecnología Educativa*, *5*(2), 35–42. https://www.researchgate.net/publication/349350192

Orrego Riofrio, M. C., Aimacaña Pinduisaca, C. J., y Urquizo Cruz, E. P. (2024). Simuladores Virtuales en el Proceso de Aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Dominio De Las Ciencias*, *10*(3), 40–56. https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.3916

Ospina-Díaz, M. R., y Sanabria-Rangel, P. E. (2017). Marco general de análisis de la formación logística en Colombia. *Revista Científica General José María Córdova*, *15*(19), 237-267.

Ostapenko, V. O. (2019). Methodological instructions from construction of computer virtual simulator in distance learning systems. *Artificial Intelligence*. https://doi.org/10.15407/jai2019.03-04.114.

Pacheco-Velazquez, E. (2022). Effects of the use of simulators and an online platform in logistics education. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, *16*, 439–457.

Pacheco-Velazquez, E., Rodes-Paragarino, V., y Marquez-Uribe, A. (2024). Exploring educational simulation platform features for addressing complexity in Industry 4.0: a qualitative analysis of insights from logistics experts. *Frontiers in Education*. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1331911.

Pan, Y., Liu, D., y Li, L. (2023). Reform and Practice of Virtual Simulation Practice Course for Logistics Engineering Specialty Based on OBE Concept and School-Enterprise Linkage (pp. 927–938). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36118-0_79

Pang, Y., y Chen, J. (2022). Design and implementation of virtual laboratory construction scheme for transportation logistics specialty group. *Advances in Computer Science for Engineering and Education* (Vol. 134, pp. 131–144). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04812-8_12

Pontes Pedrajas, A. (2022). Didactic use of a virtual laboratory to promote the progression of students' mental models. *Bordon. Revista de Pedagogia*, *74*(4), 145-160.

Port Virtual Lab. (s.f.). *Port Virtual Lab*. Recuperado el 14 de julio de 2025, de https://www.pvl.one/

Ramírez-Montoya, M., Rodés-Paragarino, V., Pacheco-Velázquez, E., y Ramírez-Etcheverry, S. (2024). Transforming Logistics Education by a Virtual Logistics Simulation Generator: UX Pilot Study. *2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)*, 1-6. https://doi.org/10.1109/GEM61861.2024.10585758.

Reid García, Y. C., Poveda Najar, M. N., Mahecha Vásquez, L. M., y Caballero Olivares, J. E. (2022). Movilidad social de los egresados en una universidad a distancia: estudio longitudinal de tendencias en la universidad nacional abierta y a distancia. *Sello Editorial UNAD*. https://doi.org/10.22490/9789586518994

Rizzi, A., Hong, B., Uckelmann, D., Rügge, I., y Scholz-Reiter, B. (2012). *The Impact of Virtual, Remote, and Real Logistics Labs : First International Conference, ImViReLL 2012 Bremen, Germany, February 28 – March 1, 2012 Proceedings*. *282*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-28816-6

Rodríguez, A., y Sempere, F. (2021). Factoría de aprendizaje mediante realidad virtual, una innovación docente en la formación integral de la dirección de operaciones logísticas. En *VII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red (IN-RED 2021)* (pp. 1312-1326). Valencia. http://dx.doi.org/10.4995/INRED2021.2021.13690

Rodriguez-Garcia, E. E., Elizondo-Noriega, A., Camou-Grijalva, F. L., Romero-Araiza, A., Piñal-Moctezuma, J. F., y Sandoval-Jaramillo, M. A. (2024). A systematic literature review on the use of simulators to train undergraduate students in logistics. En *2024 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. IEEE. https://doi.org/10.23919/PICMET64035.2024.10653134

Salazar Jiménez, F. A., Quesada Bermudez, L., Tamargo Hernández, A., y Barboza Vallejo, J. (2024). Laboratorios virtuales: Innovación en la Educación Superior de Física y Química durante la pandemia COVID-19. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *9*(2), 1079–1093. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.16933

Santos Pástor, K. E., Pilamunga Agualongo, E. A., Villarreal Meza, D. C., y Ortiz Parra, L. A. (2023). Integración de tecnologías emergentes en el diseño industrial para una gestión más eficiente del transporte y la logística. *Polo del Conocimiento*, *8*(9), 1204–1218.

Santoyo Sanchez, A., López de Alba, C., y Castillo Serrano, C. (2021). SecuenciaLab: laboratorio de simulación para entrenamiento en manejo de sistemas de control electromecánicos. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *11*(22), e02. https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.822

Schlüter, C., y Kretschmer, V. (2020). Next level training in logistics: evaluation of a virtual reality-based serious game for warehouse logistics. *Proceedings of the 19th International Conference on Modeling & Applied Simulation (MAS 2020)*. https://doi.org/10.46354/i3m.2020.mas.018.

Sekaran, J.F., y Hildas, R. (2023). Implementation of an Industrial Automation Remote Lab (IARL) and validation using a deep learning approach during the COVID pandemic. *Computer Applications in Engineering Education*, *31*(6), 1593-1607.

Shcherbakov, V., y Silkina, G. (2021). Supply Chain Management Open Innovation: Virtual Integration in the Network Logistics System. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(1), Article 54. https://doi.org/10.3390/joitmc7010054

Singhal, I., Satsangee, G. R., Bhardwaj, L., Sharma, G. S., Chandrakar, A. S., Gupta, H., Malik, G., Tyagi, B., Sahai, A., y Sharma, R. S. (2024). 3D-Printing Virtual Simulation Lab.

IEEE Transactions on Learning Technologies, *17*(3), 1530–1543. https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3384556

Steglich, M. (2021). *LogisticsLab: an Academic Software for Decision-Making in Logistics*. https://doi.org/10.26034/lu.akwi.2021.3325

Teräs, M., Reiners, T., Coldham, G., y Wood, L. C. (2016). nDiVE: Gamified virtual reality environment for logistics and supply chain management training. En *CHI Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 738–744). https://doi.org/10.1145/2851581.2851596

Terkaj, W., Urgo, M., Kovács, P., Tóth, E., y Mondellini, M. (2024). A framework for virtual learning in industrial engineering education: development of a reconfigurable virtual learning factory application. *Virtual Reality*, *28*(3), Article 148. https://doi.org/10.1007/s10055-024-01042-8

Timiraos, M., Zayas-Gato, F., Michelena, Á., y Arce, E. (2024). Laboratorios virtuales para el aprendizaje a distancia en grados STEAM. *Revista de Investigación en Educación*, *22*(1), 87–106. https://doi.org/10.35869/reined.v22i1.5184

Tobarra, L., Ros, S., Pastor, R., Hernández, R., Castro, M., Al-Zoubi, A., Dmour, M., Robles-Gomez, A. B., Caminero, A. C., y Cano, J. (2016). An integrated example of laboratories as a service into learning management systems. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, *12*(9), 32–39. https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6149

Torres-Payoma, F., Herrera, D. C., Tique, D. L., Barrera, D., y Alpiste Penalba, F. (2022). Construction and implementation of a Go-Lab inquiry learning space for teaching Energy Conservation in engineering and technology programs in General Physics Course. En

2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC) (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00060

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2024). *La UNAD supera los 250.000 estudiantes matriculados en el primer periodo del año 2024*. https://www.unad.edu.co/noticias/6077-la-unad-supera-los-250-000-estudiantes-matriculados-en-el-primer-periodo-del-ano-2024

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (s.f.). *Programas y/o carreras virtuales Pregrados, Profesionales, Especializaciones, Maestrías en Colombia.* https://estudios.unad.edu.co/carreras

Vásquez Bernal, O. A., y González Silva, J. C. (2021). Método referencial de operaciones básicas para el manejo del flujo logístico en pequeñas empresas latinoamericanas: El RAPDTt. *Documentos de Trabajo ECBTI*, *2*(2). https://publicaciones.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/5584

Viegas, C., Pavani, A., Lima, N., Marques, A., Pozzo, I., Dobboletta, E., Atencia, V., Barreto, D., Calliari, F., Fidalgo, A., Lima, D., y Temporão, G., Alves, G. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computers and Education*, *126*, 201-216.

Wang, L., Deng, T., Shen, Z.-J. M., Hu, H., y Qi, Y. (2022). Digital twin-driven smart supply chain. *Frontiers of Engineering Management*, *9*(1), 56–70. https://doi.org/10.1007/s42524-021-0186-9

Wang, R. (2019). Application Study of Virtual Simulation Experiment in Teaching of Logistics System Planning and Design. *2019 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, *1*, 236–239. https://doi.org/10.1109/ISCID.2019.00061.

Wlodyka, W., y Bober, D. (2021). The training application based on VR interaction scenarios – with examples for logistics. *Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, *11*(1), 58–61. https://doi.org/10.35784/iapgos.2562

Wong, E. Y. C., y Lee, P. T. Y. (2024). Virtual reality in transportation and logistics: A clustering analysis of studies from 2010 to 2023 and future directions. *Computers in Human Behavior*, *153*, 108082. https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.108082

Zamora Musa, R. (2021). *Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos* (1a ed.). Editorial Universitaria de la Costa S.A.S. https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/8515

Zhang, N., y Liu, Y. (2024). Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability: a case study of Nankai University. *Frontiers in Education*, *14*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1322263

Apéndice

Apendice A

Publicaciones Clasificadas por Áreas de la Logística

A continuación, se presenta el listado de las 44 publicaciones identificadas en la Revisión Analítica de la Evidencia (TRAE) que abordan directamente áreas de la logística, organizadas según el área logística predominante de su contenido. Cada publicación aparece solo una vez.

A.1. Publicaciones con Enfoque Único Predominante en un Área Específica de la Logística

- **Gestión de Inventarios (5 publicaciones):**
    1. Holguín Anzules, J. T., Echavarría Díaz, R., y Llumitasig Calvopiña, M. J. (2024). El simulador Virtual Plant: una herramienta para el aprendizaje activo en la carrera de ingeniería industrial.
    2. Jasiński, J. J., Sałek, R., y Jasińska, A. (2019). Computer simulation of logistics processes management – possibilities and solutions.
    3. Pacheco-Velazquez, E. (2022). Effects of the use of simulators and an online platform in logistics education.
    4. Steglich, M. (2021). LogisticsLab: an Academic Software for Decision-Making in Logistics.
    5. Wang, R. (2019). Application Study of Virtual Simulation Experiment in Teaching of Logistics System Planning and Design.
- **Planificación de Rutas y Transporte (6 publicaciones):**

1. Ammouriova, M., et al. (2022). A Heuristic-Based Simulation for an Education Process to Learn about Optimization Applications in Logistics and Transportation.
2. Jasso, J., Cruz, Z., y Álvarez, J. (2023). Applying Virtual Reality for Port Logistics Learning.
3. Mao, Y., Li, Y., Miao, R., y Feng, Y. (2022). Research and application of virtual simulation experiment teaching platform for China Railway Express logistics operation.
4. Pang, Y., y Chen, J. (2022). Design and implementation of virtual laboratory construction scheme for transportation logistics specialty group.
5. Wong, E. Y. C., y Lee, P. T. Y. (2024). Virtual reality in transportation and logistics: A clustering analysis of studies from 2010 to 2023 and future directions.

- **Gestión de Almacenes (6 publicaciones):**
  1. Boden, A., et al. (2022). 3D VR serious games for production y logistics.
  2. Guo, Z. (2019). Research on the Logistics Equipment Training Simulation System Based on Virtual Reality Technology.
  3. He, D. (2022). Teaching Practices of a Warehousing Management Curriculum based on Virtual Reality Simulation Technology.
  4. May, M.-D. (2021). Apply VR and Simulation-Based Learning for Logistics and Warehouse Design Education.
  5. Schlüter, C., y Kretschmer, V. (2020). Next level training in logistics: evaluation of a virtual reality-based serious game for warehouse logistics.

6. Wlodyka, W., y Bober, D. (2021). La aplicación de entrenamiento basada en escenarios de interacción VR – con ejemplos para logística.

- **Optimización de la Cadena de Suministro (5 publicaciones):**
    1. Baryannis, G., Dani, S., y Antoniou, G. (2019). Predicting supply chain risks using machine learning: The trade-off between performance and interpretability
    2. Ivanov, D., Dolgui, A., y Sokolov, B. (2020). Ripple effect in the supply chain: definitions, frameworks and future research perspectives.
    3. Shcherbakov, V., y Silkina, G. (2021). Supply Chain Management Open Innovation: Virtual Integration in the Network Logistics System.
    4. Teräs, M., Reiners, T., Coldham, G., y Wood, L. C. (2016). nDiVE: Gamified Virtual Reality Environment for Logistics and Supply Chain Management Training.
    5. Wang, L., Deng, T., Shen, Z.-J. M., Hu, H., y Qi, Y. (2022). Digital twin-driven smart supply chain.

A.2. Publicaciones con Enfoque en Integración/Múltiples Áreas Logísticas (Logística General, Procesos Logísticos, Gestión de la Cadena de Suministro Integral, Operaciones Logísticas) (22 publicaciones):

1. Aguirre Cabrera, C. A., et al. (2011). Incorporación de laboratorios remotos y virtuales como tecnología aplicada en la formación del ingeniero.
2. Alvarez Alvarez, A., y Cabrera Ramos, J. F. (2020). Requerimientos para el diseño de la experiencia de inmersión en laboratorios virtuales.
3. Benito-Fuentes, A., Arranz, F., Ros, E., y Garrido, J. A. (2024). Interactive simulations as a tool for logistics and maintenance of IFMIF-DONES.

4. Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, M. B. (2019). Supply Chain Logistics Management.
5. Chopra, S. (2019). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.
6. Christopher,M. (2016). Logística y gestión de la cadena de suministro.
7. Franz, C., et al. (2014). Virtual Logistics Lab: A Framework for Rapid Prototyping and Remote Experimentation.
8. Hakeemah, A.-n. (2022). The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations.
9. Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., y Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences.
10. Li, Y., Wang, D., y Liu, Y. (2019). The application of virtual reality technology in logistics training.
11. Ospina-Díaz, M. R., y Sanabria-Rangel, P. E. (2017). Marco general de análisis de la formación logística en Colombia.
12. Pacheco-Velazquez, E., Rodes-Paragarino, V., y Marquez-Uribe, A. (2024). Exploring educational simulation platform features for addressing complexity in Industry 4.0: a qualitative analysis of insights from logistics experts.
13. Ramírez-Montoya, M., et al. (2024). Transforming Logistics Education by a Virtual Logistics Simulation Generator: UX Pilot Study.
14. Rizzi, A., Hong, B., Uckelmann, D., Rügge, I., y Scholz-Reiter, B. (2012). The Impact of Virtual, Remote, and Real Logistics Labs : First International Conference, ImViReLL 2012 Bremen, Germany, February 28 – March 1, 2012 Proceedings. 282.

15. Rodriguez-Garcia, E. E., et al. (2024). A systematic literature review on the use of simulators to train undergraduate students in logistics.
16. Santos Pástor, K., et al. (2023). Integración de tecnologías emergentes en el diseño industrial para una gestión más eficiente del transporte y la logística.
17. Singhal, I., et al. (2024). 3D-Printing Virtual Simulation Lab.
18. Terkaj, W., et al. (2024). A framework for virtual learning in industrial engineering education: development of a reconfigurable virtual learning factory application.
19. Vásquez Bernal, O. A., y González Silva, J. C. (2021). Método referencial de operaciones básicas para el manejo del flujo logístico en pequeñas empresas latinoamericanas: El RAPDTt.
20. Pan, Y., Liu, D., y Li, L. (2023). Reform and Practice of Virtual Simulation Practice Course for Logistics Engineering Specialty Based on OBE Concept and School-Enterprise Linkage (pp. 927–938).