

**Diseño de un entorno interactivo para la visualización de datos de los instrumentos  
y equipos de laboratorio de la UNAD**

José Eduardo Fernández Salcedo

Luis Beltrán Varela

Asesor

Prof. Freddy Alexander Torres Payoma

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI)

Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

Bogotá

2025

## **Agradecimientos**

A mi familia, gracias de todo corazón por su paciencia, su comprensión y por estar siempre ahí, incluso en los momentos en los que no pude estar presente. Gracias por acompañarme en silencio, por respetar mis tiempos y por sostenerme con amor cuando el camino se hacía cuesta arriba. Este logro también es suyo, porque sin su apoyo incondicional no habría sido posible. Les debo cada uno de estos avances y les dedico con gratitud el fruto de este esfuerzo.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), gracias por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno académico flexible, accesible y profundamente humano. Esta institución me permitió desarrollar una propuesta con sentido, pensada para fortalecer la gestión de los laboratorios y mejorar la experiencia de aprendizaje de toda la comunidad universitaria.

Al tutor Freddy Alexander Torres Payoma, gracias por su cercanía, por su disposición constante y por cada orientación brindada con claridad y compromiso. Su acompañamiento fue clave para dar forma y coherencia a este proyecto, y sus aportes metodológicos fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

Luis.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Dios, por ser luz en los momentos de incertidumbre, por guiarme en cada paso que doy, por cada una de las bendiciones que ha derramado en mi vida, por los éxitos alcanzados y por las alegrías que he tenido en mi camino.

A mi familia, por su amor incondicional, por cada consejo, por cada palabra de apoyo y por escucharme en los momentos de felicidad, pero sobre todo en los de tristeza, por su compañía para construir mis sueños, y su confianza en mí ha sido el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mis amigos, por su apoyo constante, por estar presentes en los momentos de desafío y celebración, por ser fuente invaluable de inspiración y fortaleza y por cada gesto de amistad y solidaridad que ha hecho que este camino sea más enriquecedor.

José Eduardo.

## Resumen

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en la búsqueda de mejorar la gestión de los equipos pertenecientes al Sistema Nacional de Laboratorio (SNL), distribuidos en las diferentes sedes a nivel nacional, se implementará un entorno interactivo que permita la visualización de datos asociados a los equipos de los laboratorios de la UNAD.

El entorno interactivo para la visualización de los equipos de laboratorio se diseñará sobre una base de datos estructurada que incluirá información detallada sobre la descripción, el responsable, la ubicación y la disponibilidad de los equipos. El desarrollo se implementará utilizando cuadernos interactivos en la plataforma Phyton, con el propósito de facilitar el acceso al código por parte de usuarios de otras dependencias de la UNAD, permitiendo interactuar con los datos y realizar modificaciones orientadas a la generación de informes, tablas y gráficos.

***Palabras clave:*** Visualización de datos, base de datos, equipos de laboratorios, entorno interactivo.

## Abstract

The Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), in its quest to improve the management of equipment belonging to the National Laboratory System (SNL), distributed across different locations nationwide, will implement an interactive environment that allows the visualization of data associated with UNAD laboratory equipment.

The interactive environment for viewing laboratory equipment will be designed on a structured database that will include detailed information on the description, person responsible, location, and availability of the equipment. The development will be implemented using interactive notebooks on the Phyton platform, with the aim of facilitating access to the code by users from other UNAD departments, allowing them to interact with the data and make modifications aimed at generating reports, tables, and graphs.

Additionally, the interactive environment will allow for filtered searches and consultation of the equipment inventory, which will facilitate the design of practical laboratory guides by program leaders, course leaders, schools, and the Vice-Rector's Office for Media and Pedagogical Mediation (VIMEP). It will also support the implementation of laboratory practices in the various UNAD centers, under the coordination of the National Laboratory System Leader, regional leaders, and laboratory leaders at each site.

***Keywords:*** *Data visualization, database, laboratory equipment, interactive environment.*

## Tabla de contenido

Agradecimientos .....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	5
Lista de tablas .....	10
Lista de figura .....	11
Introducción .....	12
Justificación .....	14
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco teórico .....	19
Escenarios simulados con apoyo de tecnologías de información y comunicación.....	21
Escenarios físicos.....	21
Cobertura geográfica del componente práctico en la UNAD .....	22
Nodos Principales .....	25
Programaciones prácticas de laboratorio UNAD.....	36
Salidas de campo.....	38
Práctica Profesional .....	38
Simuladores.....	38
Base de Datos.....	39
Descripción de la base de datos .....	39
Arquitectura tecnológica del sistema .....	40

FastAPI (Framework para construir APIs web).....	40
Endpoints y filtros personalizados .....	41
Mapa geográfico interactivo .....	42
Línea de tiempo de ingreso de equipos.....	42
Diagrama del proceso y metodología de diseño guías de laboratorio .....	42
Normalización de la Base de Datos .....	44
Primera Forma Normal (1FN) .....	44
Segunda Forma Normal (2FN) .....	45
Tercera Forma Normal (3FN).....	45
Modelo Entidad-Relación .....	45
Componentes principales del modelo entidad-relación .....	46
Relación entre entidades .....	46
Llaves Primarias (PK).....	48
Llaves Foráneas (FK).....	49
Relaciones clave.....	52
Relación entre entidades .....	56
Relación entre EQUIPO_LABORATORIO y GRUPO_TECNICO .....	57
Relación entre EQUIPO_LABORATORIO y RESPONSABLE.....	57
Relación entre EQUIPO_LABORATORIO y MANTENIMIENTO.....	57
Relación entre EQUIPO_LABORATORIO y USO_EQUIPO .....	58
Relación entre EQUIPO_LABORATORIO y INVENTARIO_CAMBIOS .....	58
Desarrollo de un dashboard interactivo para la visualización de equipos de laboratorio en la UNAD.....	59

Descripción del código .....	66
Desarrollo de la aplicación.....	70
Validación del entorno visual interactivo: usabilidad y rendimiento Propósito .....	73
Preguntas de validación. ....	73
Hipótesis evaluables.....	74
Alcance .....	74
Metodología sin encuestas: inspección experta, métrica de interacción y telemetría mínima .....	75
Evaluación heurística (Nielsen) .....	75
Estimación KLM/GOMS .....	76
Telemetría local (callbacks).....	76
Integración y decisión .....	77
Validez y confiabilidad .....	77
Escenarios de tarea (T1–T4) y criterios de aceptación .....	77
Búsqueda libre (por descripción, código o placa).....	78
Exploración por sede (mapa → sunburst).....	78
Consulta de detalle contextual .....	78
Reinicio global (“Mostrar todos”) .....	79
Indicadores y aceptación global.....	79
Marco de calidad y métricas de rendimiento .....	79
Métricas clave consideradas .....	80
Criterios de aceptación (ejemplo) .....	80
Ecuaciones y estimadores .....	80
Modelo KLM (tiempo experto) .....	81

Complejidad del filtro por subcadenas .....	81
Proxy de TTI de datos .....	81
Datos, análisis y figuras .....	82
Lectura de resultados .....	82
Resultados de usabilidad y rendimiento .....	84
Usabilidad (evaluación heurística y recorrido cognitivo) .....	84
Eficiencia (modelo KLM) .....	85
Rendimiento (telemetría) .....	85
Mejoras recomendadas (bajo costo, alto impacto) .....	86
Agregación inicial en el gráfico sunburs .....	86
Mensajes consistentes en todos los paneles .....	86
Línea base de telemetría comparativa .....	86
Conclusiones .....	88
Referencias Bibliográficas .....	90

### Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Distribución de zonas geográficas de la UNAD</i> .....	23
<b>Tabla 2</b> <i>Centros en la Zona Amazonía y Orinoquía (ZAO)</i> .....	25
<b>Tabla 3</b> <i>Centros en la Zona Centro Boyacá (ZCBOY)</i> .....	27
<b>Tabla 4</b> <i>Centros en la Zona Caribe (ZCAR)</i> .....	28
<b>Tabla 5</b> <i>Centros en la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC)</i> .....	30
<b>Tabla 6</b> <i>Centros en la Zona Centro Oriente (ZCORI)</i> .....	31
<b>Tabla 7</b> <i>Centros en la Zona Centro Sur (ZCSUR)</i> .....	33
<b>Tabla 8</b> <i>Centros en la Zona Occidente (ZOCC)</i> .....	34
<b>Tabla 9</b> <i>Centros en la Zona Sur (ZSUR)</i> .....	35
<b>Tabla 10</b> <i>Llaves primarias en el sistema de base de datos</i> .....	49
<b>Tabla 11</b> <i>Llaves foráneas en el sistema de base de datos</i> .....	50
<b>Tabla 12</b> <i>Atributos de la Entidad EQUIPO_LABORATORIO</i> .....	51
<b>Tabla 13</b> <i>Atributos de la Entidad GRUPO_TECNICO</i> .....	52
<b>Tabla 14</b> <i>Atributos de la entidad RESPONSABLE</i> .....	53
<b>Tabla 15</b> <i>Atributos de la Entidad CENTRO_COSTO</i> .....	53
<b>Tabla 16</b> <i>Atributos de la Entidad MANTENIMIENTO</i> .....	54
<b>Tabla 17</b> <i>Atributos de la Entidad USO_EQUIPO</i> .....	55
<b>Tabla 18</b> <i>Atributos de la entidad INVENTARIO_CAMBIOS</i> .....	56
<b>Tabla 19</b> <i>Antecedentes de investigación en sistemas de gestión de laboratorios</i> .....	60

## Lista de figura

<b>Figura 1</b> <i>Mapa de la distribución de las zonas geográficas de la UNAD</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Centros en la Zona Amazonía y Orinoquía (ZAO)</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Centros en la Zona Centro Boyacá (ZCBOY)</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Centros en la Zona Caribe (ZCAR)</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Centros en la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC)</i> .....	31
<b>Figura 6</b> <i>Centros en la Zona Centro Oriente (ZCORI)</i> .....	32
<b>Figura 7</b> <i>Centros en la Zona Centro Sur (ZCSUR)</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Centros en la Zona Occidente (ZOCC)</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Centros en la Zona Sur (ZSUR)</i> .....	36
<b>Figura 10</b> <i>Diagrama del proceso de diseño guías de laboratorio y ejecución del componente practico</i> .....	44
<b>Figura 11</b> <i>Modelo Entidad-Relación para la Base de Datos de Equipos de Laboratorio</i> .....	47
<b>Figura 12</b> <i>Código de programación para la visualización</i> .....	66
<b>Figura 13</b> <i>Top 10 centros con mayor cantidad de equipos de laboratorio</i> .....	82
<b>Figura 15</b> <i>Distribución de equipos por centro</i> .....	83
<b>Figura 16</b> <i>Mapa de Colombia con los centros de la UNAD</i> .....	84
<b>Figura 17</b> <i>Latencia de búsqueda por tamaño de dataset</i> .....	87

## Introducción

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) cuenta con laboratorios en los CEAD, CCAV, UDR, concebidos como espacios estratégicos para articular el conocimiento teórico con la aplicación práctica, fortaleciendo las competencias experimentales de los estudiantes en diversos programas académicos (UNAD, 2020). En la búsqueda de mejorar se desarrollará una herramienta tecnológica que permita centralizar la información sobre los equipos disponibles en cada uno de los laboratorios, que de acceso a información técnica, estado operativo y ubicación de los equipos. Esto permitirá el diseño de guías de laboratorio por parte de los líderes de programa, líderes de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP), con los equipos disponibles en cada centro.

La implementación de un entorno interactivo para la visualización de datos representa una oportunidad estratégica para fortalecer los procesos de gestión académica y operativa en la UNAD. Esta iniciativa se alinea con los principios de innovación educativa señalados por García-Peñalvo y Ramírez-Montoya (2017), quienes destacan que la incorporación de tecnologías de la información en entornos académicos puede impulsar transformaciones significativas cuando se orienta a mejorar procesos concretos. El entorno permitirá realizar búsquedas filtradas, consultar inventarios y generar visualizaciones dinámicas que faciliten el diseño de guías prácticas por parte de los líderes de programa, líderes de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP), promoviendo así una gestión más articulada, colaborativa y basada en datos confiables.

En este contexto, se plantea el desarrollo de un entorno interactivo para la visualización de datos asociados a los equipos e instrumentos de laboratorio disponibles en la UNAD. El sistema estará basado en cuadernos interactivos implementados en plataformas como Python, lo

cual permitirá el acceso al código fuente por parte de usuarios de distintas dependencias institucionales, facilitando la interacción con los datos y su modificación según requerimientos específicos (Platzi, s.f.; Google Colab, s.f.). Esta arquitectura abierta promueve la colaboración interdepartamental, la transparencia en el manejo de información y la adaptabilidad del sistema a diversos escenarios operativos.

El entorno está orientado a proporcionar a los líderes de programa una herramienta funcional para la consulta precisa del estado, ubicación y disponibilidad de los equipos, lo que facilitará el diseño de guías prácticas contextualizadas y contribuirá a una gestión más eficiente de los recursos institucionales. Asimismo, la visualización de datos, como señala Few (2006), permite transformar información compleja en conocimiento útil, mejorando la comprensión operativa y fortaleciendo la toma de decisiones en entornos educativos.

## Justificación

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), en su compromiso con la formación integral y de calidad, ha consolidado una amplia red de laboratorios distribuidos en los Centros de Educación a Distancia (CEAD), Centros Comunitarios de Atención Virtual (CCAV) y Unidades de Desarrollo Regional (UDR), como parte del Sistema Nacional de Laboratorios (SNL). Estos espacios están concebidos para articular el conocimiento teórico con la aplicación práctica, fortaleciendo las competencias experimentales de los estudiantes en diversos programas académicos (UNAD, 2020). La diversidad de sedes y la heterogeneidad de equipos disponibles reflejan el alcance territorial de la UNAD y su modelo educativo flexible, pero también plantean desafíos en términos de gestión, trazabilidad y aprovechamiento estratégico de los recursos.

En este contexto, la incorporación de un entorno interactivo para la visualización de datos representa una oportunidad institucional para modernizar y articular los procesos de gestión de equipos de laboratorio. Más que responder a una carencia, esta iniciativa busca potenciar el uso de tecnologías de la información para consolidar una base de datos estructurada, accesible y dinámica, que permita consultar información clave como ubicación, disponibilidad, estado técnico, historial de mantenimiento y responsable de cada equipo. Esta herramienta facilitará la interoperabilidad entre sedes, promoverá la equidad en el acceso a recursos y respaldará la toma de decisiones informadas por parte de líderes de programa, líderes de curso, escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP).

La propuesta se alinea con los principios de innovación educativa señalados por García-Peñalvo y Ramírez-Montoya (2017), quienes destacan que la incorporación de tecnologías debe responder a necesidades concretas y promover procesos de mejora continua. Asimismo, responde

a los lineamientos de la norma ISO 55000, que establece que una gestión eficiente de activos físicos requiere información confiable, actualizada y accesible para maximizar su valor a lo largo del ciclo de vida (ISO, 2014). Al permitir búsquedas filtradas, generación de visualizaciones y acceso colaborativo mediante plataformas como Phyton, el entorno interactivo favorecerá la transparencia, la adaptabilidad y la eficiencia institucional, contribuyendo al fortalecimiento del componente práctico de la formación académica en la UNAD.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un entorno interactivo para la visualización de datos de los instrumentos y equipos de laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), con el fin de facilitar la gestión y la optimización de recursos de laboratorios.

### **Objetivos Específicos**

Construir una base de datos que contenga la información detallada sobre los instrumentos y equipos disponibles en los laboratorios de la UNAD a nivel nacional.

Desarrollar un dashboard interactivo que permita a los usuarios visualizar los datos de los equipos e instrumentos de laboratorio, facilitando la consulta de información relevante como estado, ubicación y aplicaciones.

Validar el desarrollo del entorno visual interactivo, a través de pruebas de usabilidad y rendimiento, asegurando que el dashboard sea intuitivo, eficiente y cumpla con los requerimientos de los usuarios y de los laboratorios de la UNAD.

## Planteamiento del problema

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) cuenta con una red de laboratorios especializados en áreas como química, electrónica, física, ciencias de la computación, biología, ciencias radiológicas y de la salud, manufactura automatizada y ciencias ambientales, distribuidos en sus Centros de Educación Abierta y a Distancia (CEAD), Centros Comunitarios de Atención Virtual (CCAV) y Unidades de Desarrollo Regional (UDR), que conforman el Sistema Nacional de Laboratorios (SNL) (UNAD, 2021). Estos espacios están orientados al fortalecimiento del componente práctico de los programas académicos, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos en entornos reales y simulados.

En el marco de los procesos de mejora continua, se ha identificado una oportunidad estratégica para fortalecer la gestión académica y operativa del Sistema Nacional de Laboratorios (SNL) mediante el diseño e implementación de una herramienta interactiva que permita visualizar de forma estructurada y actualizada los datos técnicos y operativos de los equipos de laboratorio. Esta iniciativa busca consolidar en una plataforma accesible información clave como ubicación, disponibilidad, estado funcional y características técnicas de los recursos disponibles en cada sede (Oficina de Gestión de Laboratorios UNAD, 2023), lo cual contribuirá a optimizar la planificación académica, la elaboración de guías prácticas y la eficiencia institucional.

Actualmente, los docentes realizan procesos de verificación de equipos de manera manual, lo que representa una oportunidad para automatizar y agilizar tareas como la coordinación interdepartamental, la validación de recursos y la adaptación de materiales instruccionales. La incorporación de una herramienta digital permitirá redirigir esfuerzos hacia la preparación académica de calidad y el acompañamiento directo a los estudiantes (Nielsen, 1995; UNAD, 2021).

Desde el enfoque pedagógico, contar con información consolidada y visualizable sobre los equipos de laboratorio permitirá mejorar la ejecución de actividades prácticas, incrementar el tiempo efectivo en laboratorio, alinear las guías diseñadas con los recursos disponibles y enriquecer la experiencia formativa de los estudiantes (Vicerrectoría Académica, 2023).

A nivel institucional, esta propuesta representa una oportunidad para fortalecer la redistribución estratégica de recursos entre sedes, facilitar la planificación del mantenimiento preventivo y respaldar la toma de decisiones informadas sobre nuevas adquisiciones. En conjunto, estas acciones contribuirán al aprovechamiento integral de los activos físicos disponibles y al fortalecimiento del Sistema Nacional de Laboratorios (ISO, 2014; Oficina de Gestión de Laboratorios UNAD, 2023).

En este contexto, el diseño de un entorno interactivo para la visualización de datos de los instrumentos y equipos de laboratorio de la UNAD se plantea como una solución pertinente y transformadora. Esta herramienta permitirá consolidar la información técnica y operativa en una plataforma editable, colaborativa y adaptable, facilitando la gestión académica, administrativa y pedagógica de los laboratorios en todo el territorio nacional.

## Marco teórico

### Visualización estructurada del sistema de laboratorios de la UNAD

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), mediante su Estatuto Académico, promueve una educación centrada en el desarrollo humano, ético y social, orientada a responder a las necesidades reales de las comunidades y a fortalecer el impacto territorial de sus procesos formativos (UNAD, 2020). Esta transformación institucional impulsa la innovación educativa no solo desde la incorporación de tecnologías emergentes, sino también desde la adaptación del modelo pedagógico a los contextos de vida de cada estudiante (UNAD, 2021). En este marco, se reconoce la importancia de articular las funciones sustantivas de la universidad con estructuras flexibles, participativas y centradas en el acompañamiento permanente (Vicerrectoría Académica, 2023).

Como parte de esta evolución, la UNAD ha consolidado un Sistema Nacional de Laboratorios (SNL) que integra componentes físicos, remotos y virtuales, distribuidos en ocho zonas geográficas. Este sistema permite el desarrollo de prácticas experimentales en diversas áreas del conocimiento, incluyendo ciencias básicas, ingeniería, salud, agropecuarias, ambientales y otras disciplinas. Sin embargo, su aprovechamiento pedagógico depende de la disponibilidad, el estado técnico y la ubicación de los equipos en cada sede. Actualmente, los líderes de programa, líderes de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP) acceden a esta información mediante procesos manuales y dispersos. Esta situación representa una oportunidad para fortalecer la planificación académica y mejorar la alineación entre las guías prácticas y los recursos disponibles en cada centro, mediante herramientas que faciliten la consulta estructurada y dinámica de los equipos (UNAD, 2022; Nielsen, 1995).

Ante esta situación, se plantea el diseño de un entorno interactivo que permita la visualización estructurada de los instrumentos y equipos de laboratorio disponibles en la UNAD, con el objetivo de apoyar directamente la elaboración de guías. Esta herramienta estará dirigida a líderes de laboratorios, líderes de programa, líderes de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP), y se construirá sobre una base de datos técnica que incluirá información detallada sobre cada equipo: nombre, descripción, sede, estado operativo, disponibilidad y responsable asignado.

La visualización estructurada no busca reemplazar los sistemas administrativos existentes, sino complementarlos con una herramienta accesible, dinámica y orientada al uso pedagógico de los datos técnicos. Al proporcionar una vista clara y actualizada del inventario de equipos, se facilita la planificación académica, se mejora la calidad de las guías prácticas y se fortalece el componente experimental en los cursos que hacen uso de laboratorios en toda la UNAD. Además, como señala Few (2006), la visualización de datos transforma la información compleja en conocimiento útil, mejorando la comprensión y fortaleciendo la toma de decisiones en entornos educativos. Igualmente, García-Peñalvo y Ramírez-Montoya (2017) destacan que la incorporación de tecnologías en contextos educativos debe responder a necesidades concretas, promoviendo procesos de mejora continua.

### **Los laboratorios (o escenarios del componente práctico)**

Los laboratorios, también denominados escenarios del componente práctico, son espacios de aprendizaje que pueden ser simulados, remotos o físicos, y están diseñados, dotados y operados con infraestructura, insumos, recursos tecnológicos y personal cualificado. Su propósito es garantizar el desarrollo pertinente, continuo, oportuno y de alta calidad del

componente práctico dentro del currículo académico, en concordancia con las necesidades formativas de los programas y los contextos territoriales de los estudiantes (UNAD, 2023).

### **Escenarios simulados con apoyo de tecnologías de información y comunicación**

Los escenarios simulados con apoyo de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son ambientes de aprendizaje diseñados para recrear situaciones reales o técnicas que permiten a los estudiantes desarrollar competencias prácticas sin necesidad de estar físicamente en un laboratorio o campo profesional. Estos entornos están mediados por TIC, entendidas como el conjunto de herramientas, recursos, programas y dispositivos digitales que permiten gestionar, procesar y compartir información a través de medios tecnológicos (UNAD, 2023).

A través de plataformas virtuales, simuladores, software especializado y otras herramientas digitales, estos escenarios reproducen condiciones del mundo real en entornos controlados, lo que facilita el aprendizaje autónomo, la experimentación y la aplicación práctica del conocimiento, con flexibilidad en tiempo y espacio (UNAD, 2021; García-Peñalvo & Seoane-Pardo, 2015).

### **Escenarios físicos**

En la UNAD, los escenarios físicos constituyen espacios fundamentales para que los estudiantes apliquen de manera práctica los conocimientos adquiridos durante su formación. Estos entornos están cuidadosamente diseñados y dotados con recursos adecuados de infraestructura, insumos, tecnología y personal calificado, lo que permite garantizar experiencias formativas significativas, pertinentes y de calidad (UNAD, 2020).

Estos escenarios se encuentran ubicados en sedes institucionales o son gestionados mediante convenios con entidades externas, con el fin de acercar al estudiante a contextos reales

o técnicos donde pueda desarrollar competencias clave para su ejercicio profesional. Tal como lo establece el Estatuto Académico, el componente práctico está presente en todos los niveles y ciclos formativos, cumpliendo a función esencial dentro del currículo universitario (UNAD, 2020).

A través de estos espacios, los estudiantes pueden experimentar, ensayar y aplicar lo aprendido de forma concreta, fortaleciendo su proceso de aprendizaje activo. Junto con los laboratorios remotos y simulados, los escenarios físicos conforman un modelo pedagógico integral de educación a distancia, caracterizado por su flexibilidad, pertinencia y enfoque centrado en el estudiante (UNAD, 2020).

### **Cobertura geográfica del componente práctico en la UNAD**

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) ha consolidado una estructura organizativa de cobertura nacional que permite garantizar el desarrollo del componente práctico en todas las regiones del país. Esta cobertura se materializa a través de una red institucional de centros académicos distribuidos geográficamente, los cuales cuentan con diferentes niveles de complejidad, infraestructura y acceso. Cada centro, según su capacidad instalada, permite implementar escenarios físicos, remotos o virtuales para la formación práctica (UNAD, 2023).

La red nacional de la UNAD está conformada por Centros de Educación Abierta y a Distancia (CEAD), Centros Comunitarios de Atención Virtual (CCAV), Centros de Innovación y Productividad (CIP), y Unidades de Desarrollo Regional (UDR). Esta estructura permite descentralizar los procesos académicos, facilitando el acceso a espacios formativos adecuados y contextualizados según las realidades de cada territorio (UNAD, 2022; UNAD, 2023).

El modelo de gestión del componente práctico está alineado con el enfoque de educación a distancia de la universidad, garantizando equidad territorial, pertinencia pedagógica y

flexibilidad operativa, lo cual fortalece el desarrollo de competencias profesionales en estudiantes de diversas regiones del país (UNAD, 2020).

En coherencia con su modelo territorial, la UNAD organiza el país en ocho zonas geográficas operativas, cada una con una sigla institucional y cobertura específica de departamentos o regiones. Esta estructura permite gestionar con eficiencia los recursos, la programación académica y el soporte del componente práctico en todas las regiones. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

En la **Tabla 1** se muestra la configuración territorial y geoespacial de las ocho zonas que conforman la distribución regional de la UNAD, como parte de su estrategia de cobertura nacional.

**Tabla 1**

*Distribución de zonas geográficas de la UNAD*

<b>Zona</b>	<b>Sigla</b>	<b>Departamentos</b>
Caribe	ZCAR	Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Guajira, Cesar, Magdalena
Occidente	ZOCC	Antioquia, Chocó, Caldas, Risaralda, Quibdó
Centro Oriente	ZCORI	Santander, Norte de Santander, Arauca
Centro Boyacá	ZCBOY	Boyacá
Centro Bogotá Cundinamarca	ZCBC	Bogotá D.C., Cundinamarca

Centro Sur	ZCSUR	Valle del Cauca, Cauca, Nariño
Sur	ZSUR	Tolima, Huila, Caquetá, Putumayo
Amazonía Orinoquía	ZAO	Meta, Casanare, Vichada, Guaviare, Guainía, Amazonas

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 1** se presenta el mapa de Colombia con la distribución geográfica de las ocho zonas en las que se organiza la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), junto con la ubicación de cada uno de sus centros.

### Figura 1

*Mapa de la distribución de las zonas geográficas de la UNAD*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

## Nodos Principales

Centros con mayor infraestructura tecnológica, administrativa y académica, y albergan laboratorios especializados que permiten realizar prácticas avanzadas o de profundización en diversas áreas del conocimiento, como ingeniería, salud o ciencias aplicadas (UNAD, 2023).

## Centros Intermedios

Disponen de laboratorios dotados para el desarrollo de prácticas en ciencias básicas, como biología, química y física. Además, cuentan con salas de internet y recursos TIC que permiten el acompañamiento académico y la conexión con tutores o escenarios remotos (UNAD, 2023).

## Centros Básicos

Se ubican principalmente en zonas rurales o de difícil acceso, y están diseñados para ofrecer servicios mínimos de laboratorio y conectividad, asegurando así que todos los estudiantes, independientemente de su localización, puedan acceder a experiencias prácticas fundamentales (UNAD, 2022a).

Esta estructura permite que la UNAD, como institución de alcance nacional y de educación a distancia, mantenga los principios de calidad, cobertura y equidad en el desarrollo del componente práctico (UNAD, 2020).

En la **Tabla 2** se muestran los centros conforman la Zona Amazonía y Orinoquía (ZAO)

**Tabla 2**

*Centros en la Zona Amazonía y Orinoquía (ZAO)*

Tipo de centro	Sede
CEAD	Acacías Puerto Carreño

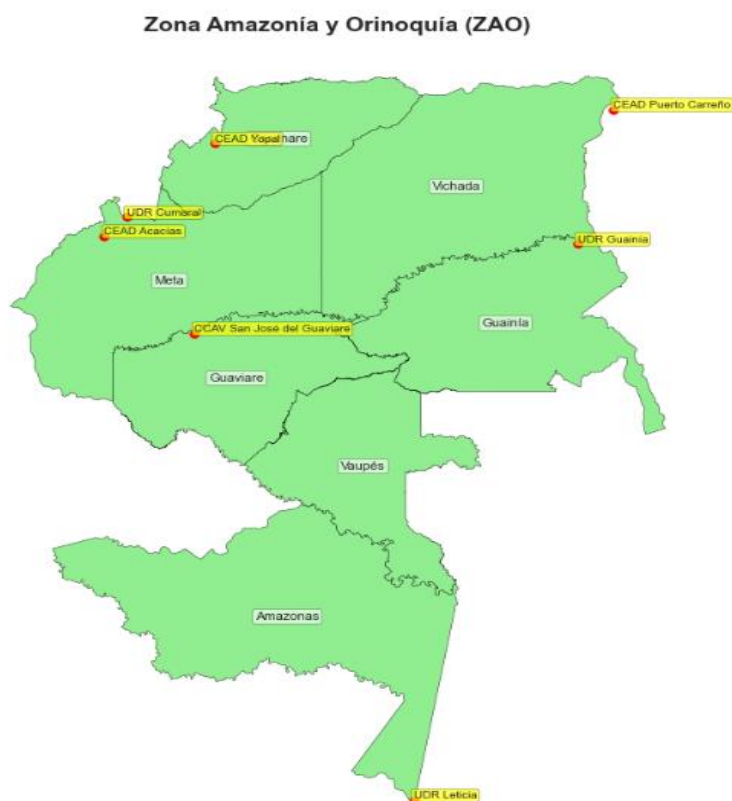
	Yopal
UDR	Cumaral
	Leticia
	Guainía
CCAV	San José del Guaviare

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 2** se presentan los departamentos de cobertura y la ubicación de los centros que conforman la Zona Amazonía Orinoquía (ZAO).

## Figura 2

*Centros en la Zona Amazonía y Orinoquía (ZAO)*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD

En la **Tabla 3** se presentan los centros que conforman la Zona Centro Boyacá (ZCBOY) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

**Tabla 3**

Centros en la Zona Centro Boyacá (ZCBOY)

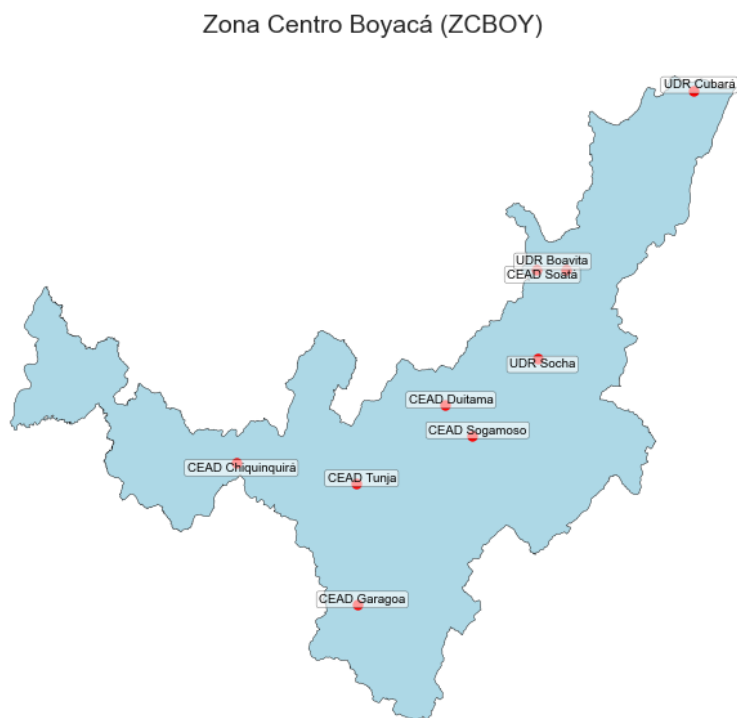
Tipo de centro	Sede
CEAD	Tunja
	Sogamoso
	Duitama
	Chiquinquirá
	Garagoa
	Soatá
UDR	Boavita
	Cubará
	Socha

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 3** se muestra el departamento y la ubicación de los centros que conforman la Zona Centro Boyacá (ZCBOY) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

### Figura 3

#### *Centros en la Zona Centro Boyacá (ZCBOY)*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 4** se muestran los centros que conforman la Zona Caribe (ZCAR) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

### Tabla 4

#### *Centros en la Zona Caribe (ZCAR)*

Tipo de centro	Sede
CEAD	Cartagena
	Santa Marta
	Valledupar
	Riohacha

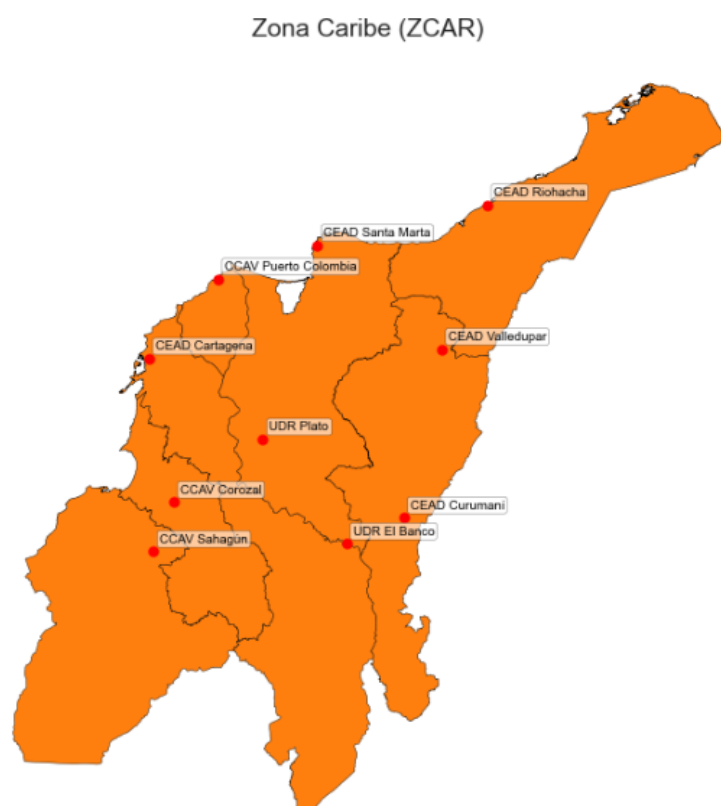
	Curumaní
UDR	Plato
	El Banco
CCAV	Puerto Colombia
	Corozal
	Sahagún

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 4** presentan los departamentos y la ubicación de los centros que conforman la Zona Caribe (ZCAR) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

#### **Figura 4**

*Centros en la Zona Caribe (ZCAR)*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 5** se relacionan los centros que conforman la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC).

**Tabla 5**

*Centros en la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC)*

<b>Tipo de centro</b>	<b>Sede</b>
CEAD	José Acevedo y Gómez (Bogotá)
	José Celestino Mutis (Bogotá)
	Arbeláez
	Fusagasugá
	Gachetá
	Girardot
UDR	Soacha
	Chipaqué
CCAV	Facatativá
	Zipaquirá

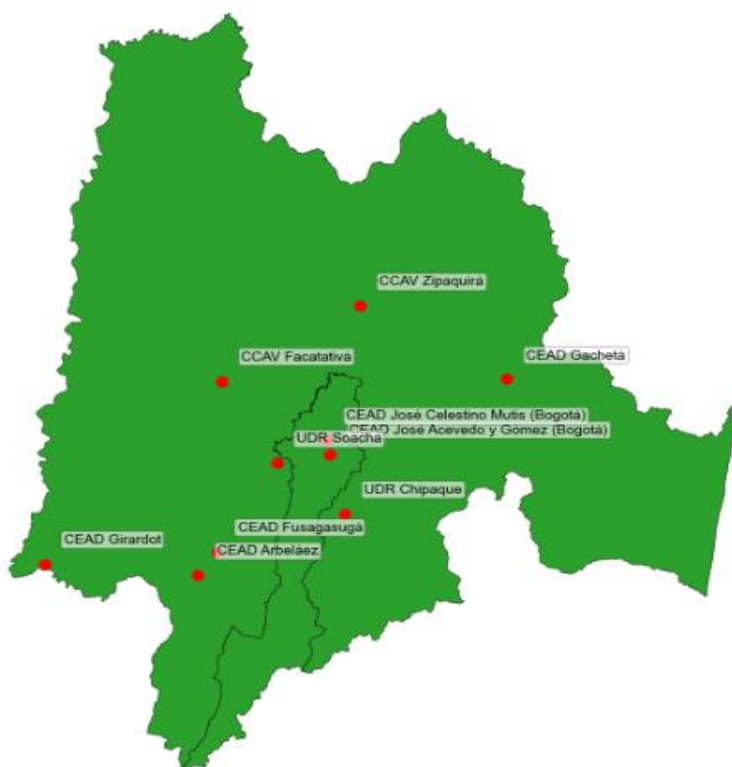
*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 5** se muestra el departamento de cobertura y la ubicación de los centros que conforman la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

**Figura 5**

*Centros en la Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC)*

Zona Centro Bogotá – Cundinamarca (ZCBC)



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 6** se muestran los centros que se encuentran localizados en la Zona Centro Oriente (ZCORI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

**Tabla 6**

*Centros en la Zona Centro Oriente (ZCORI)*

Tipo de centro	Sede
CEAD	Bucaramanga

	Málaga
	Vélez
	Ocaña
UDR	Barrancabermeja
CCAV	Cúcuta
	Pamplona

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 6** se muestran los departamentos que conforman la Zona Centro Oriente (ZCORI) y la ubicación de los centros.

### Figura 6

*Centros en la Zona Centro Oriente (ZCORI)*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 7** se muestran los centros que conforman en la Zona Centro Sur (ZCSUR)

**Tabla 7***Centros en la Zona Centro Sur (ZCSUR)*

<b>Tipo de centro</b>	<b>Sede</b>
CEAD	Palmira
	Popayán
	Santander de Quilichao
UDR	Cali
	El Bordo
	Tumaco
CCAV	Pasto

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 7** se muestran los departamentos que conforman la Zona Centro Sur (ZCSUR) y la ubicación de los centros.

## Figura 7

### Centros en la Zona Centro Sur (ZCSUR)



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 8** se muestran los centros pertenecientes a la Zona Occidente (ZOCC)

## Tabla 8

### Centros en la Zona Occidente (ZOCC)

Tipo de centro	Sede
CEAD	Medellín
	La Dorada
	Turbo
CCAV	Dosquebradas
	Quibdó

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 8** se muestran los departamentos que conforman la Zona Occidente (ZOCC) y la ubicación de los centros.

### Figura 8

#### *Centros en la Zona Occidente (ZOCC)*

Zona Occidente (ZOCC) — Departamentos y Centros



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Tabla 9** se muestran los centros de la Zona Sur (ZSUR)

### Tabla 9

#### *Centros en la Zona Sur (ZSUR)*

Tipo de centro	Sede
CEAD	Florencia
	Ibagué
UDR	Líbano
	Mariquita

	Puerto Asís
	Valle del Guamuez
	San Vicente del Caguán
CCAV	Neiva
	Pitalito

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

En la **Figura 9** se muestran los departamentos que conforman la Zona Sur (ZSUR) y la ubicación de los centros.

### Figura 9

#### *Centros en la Zona Sur (ZSUR)*



*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

### Programaciones prácticas de laboratorio UNAD

La elaboración de la programación de los laboratorios está a cargo de los líderes de laboratorio, quienes la estructuran con base en los recursos disponibles en los centros, la

capacidad instalada de cada laboratorio y el número de estudiantes matriculados en el área de cobertura y/o influencia (UNAD, 2024). Una vez consolidada, la programación es sometida a revisión, aprobación y asignación docente por parte de los líderes de las escuelas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Posteriormente, se habilita el proceso de inscripción y se publica la información correspondiente, con el fin de que los estudiantes puedan consultar los horarios y sedes disponibles para la realización del componente práctico (UNAD, 2023).

La programación se publica en formato Excel, organizada por cada una de las zonas en las que se encuentra distribuida la UNAD: Zona Centro Sur (ZCSUR), Zona Amazonía Orinoquía (ZAO), Zona Caribe (ZCAR), Zona Centro Bogotá Cundinamarca (ZCBC), Zona Centro Boyacá (ZCBOY), Zona Centro Oriente (ZCORI), Zona Occidente (ZOCC) y Zona Sur (ZSUR) (UNAD, 2023). Estos archivos son cargados tanto en el sitio web institucional de programación de laboratorios como en el Aplicativo de Oferta Integrada de Laboratorios (OIL), disponible en el Campus Virtual de la UNAD (UNAD, 2021).

Cada archivo contiene pestañas identificadas con el nombre de los centros donde se desarrollarán los componentes prácticos, incluyendo información detallada como el número y nombre del curso, el día de la práctica, la franja horaria de atención y el programa académico asociado.

### **Prácticas**

Son estrategias pedagógicas esenciales dentro del proceso formativo universitario, especialmente en modelos educativos a distancia como el de la UNAD. Estas permiten la articulación entre la teoría y la realidad, mediante la aplicación de saberes en contextos

auténticos, controlados o simulados, con el fin de desarrollar competencias profesionales, éticas y sociales (UNAD, 2021).

### **Salidas de campo**

Son experiencias presenciales fuera del aula o laboratorio, desarrolladas en entornos naturales, sociales o técnicos, donde los estudiantes aplican conocimientos adquiridos en el currículo (UNAD, 2021).

#### **Practica pedagógica**

Dirigida a los programas de licenciatura, esta modalidad permite que los futuros educadores observen, reflexionen y actúen en escenarios escolares, comunidades o entornos virtuales, fortaleciendo su identidad profesional (UNAD, 2021).

### **Práctica Docencia Servicio**

Articula el aprendizaje con el servicio social, principalmente en áreas como salud, psicología o trabajo social. Los estudiantes aplican sus conocimientos en escenarios como hospitales, centros comunitarios o instituciones sociales, con un enfoque ético y transformador (UNAD, 2021).

### **Práctica Profesional**

Constituye un espacio para aplicar y consolidar competencias adquiridas en escenarios laborales reales. Esta modalidad fomenta la autonomía, el pensamiento crítico y la inserción profesional efectiva (UNAD, 2021).

### **Simuladores**

Son herramientas tecnológicas que permiten la recreación de situaciones reales en entornos virtuales, facilitando el aprendizaje práctico sin riesgos físicos. Están disponibles en

múltiples áreas del conocimiento como salud, ingeniería, administración y ciencias básicas (UNAD, 2023).

### **Base de Datos**

Una base de datos es una herramienta digital que permite organizar, almacenar y acceder fácilmente a la información. En lugar de tener los datos dispersos en archivos físicos o documentos sueltos, la base de datos los reúne en un solo sistema estructurado, donde cada elemento está bien ubicado y conectado con los demás. Esto facilita tareas como buscar un equipo, saber dónde está, en qué estado se encuentra o quién es su responsable (Date, 2003; Connolly & Begg, 2015).

En el caso de este proyecto, la base de datos fue construida a partir del inventario nacional de laboratorios de la UNAD, una fuente institucional que contiene los registros oficiales de los equipos e instrumentos distribuidos en los distintos nodos y centros de la universidad en todo el país. A partir de esta información, se diseñó una base sólida, clara y útil, que ayuda a visualizar, gestionar y dar seguimiento a los recursos tecnológicos de manera eficiente y actualizada, (UNAD, 2023).

### **Descripción de la base de datos**

Para construir la base de datos de equipos de laboratorio, se tomó como base el inventario nacional de laboratorios de la UNAD, el cual reúne los registros existentes sobre equipos e instrumentos en los distintos centros (Oficina de Gestión de Laboratorios UNAD, 2023).

Además, se consultaron inventarios físicos disponibles de cada sede, permitiendo contrastar y validar la información digital con los equipos realmente disponibles. También se usaron registros institucionales previos, como hojas de cálculo, bases de datos internas y reportes de mantenimiento o uso, los cuales aportaron datos históricos y técnicos clave.

Estas fuentes fueron fundamentales para asegurar que la base de datos reflejara de forma precisa y completa la infraestructura tecnológica de los laboratorios a nivel nacional.

### **Arquitectura tecnológica del sistema**

La solución propuesta se construye sobre una arquitectura tecnológica moderna que combina eficiencia, escalabilidad y facilidad de uso (Fowler, 2002). Esta arquitectura se compone de dos bloques principales:

Backend (parte lógica del sistema): encargado de organizar, procesar y exponer los datos.

Frontend (interfaz visual): responsable de presentar esa información de manera interactiva y comprensible para el usuario final.

### **SQLAlchemy o Peewee (ORM – Mapeo Objeto-Relacional)**

Son bibliotecas de Python que permiten traducir una base de datos relacional (como SQLite o PostgreSQL) a estructuras de Python, usando clases y objetos (SQLAlchemy Developers, 2023). En lugar de escribir comandos SQL directamente, se puede trabajar con funciones de Python más fáciles de mantener.

Gracias a estas herramientas, es posible definir las tablas del sistema, como EquipoLaboratorio, CentroCosto, GrupoTecnico, Responsable, etc., directamente como clases de Python. Esto facilita enormemente la gestión del código y permite trabajar con datos de forma más ordenada y estructurada (Python Software Foundation, 2023), mejora la legibilidad del código y reduce errores en el manejo de datos complejos.

### **FastAPI (Framework para construir APIs web)**

FastAPI es un marco de desarrollo web en Python diseñado para construir interfaces de programación de aplicaciones (API), de forma rápida y eficiente (Ramírez, 2023).

Es el componente que “abre las puertas” del sistema para que otros programas o aplicaciones web puedan acceder a los datos. Por ejemplo, desde un navegador o una aplicación web, se puede consultar qué equipos están disponibles o cuál es su estado.

Es muy rápido, moderno con validación automática de datos, lo cual lo hace ideal para proyectos como este.

### **Endpoints y filtros personalizados**

Los endpoints son rutas específicas dentro de la API que permiten obtener información concreta (Fielding, 2000). Por ejemplo, una ruta como /equipos puede devolver todos los equipos, mientras que /equiposzona=ZCBOY solo muestra los que están en la zona Boyacá.

Estos filtros facilitan la consulta puntual de información según las necesidades del usuario, ya sea por:

- Zona geográfica (ejemplo. Región Caribe, Centro Oriente)
- Año de ingreso al inventario
- Grupo técnico o especialidad del equipo

Por ejemplo, un líder de programa, líder de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP) puedan planear el diseño de la guía de laboratorio para un curso, verificando qué equipos están disponibles porque esta visualización permite indagar la información de los equipos de laboratorio en cada centro.

### **Componentes visuales del dashboard**

El dashboard integra un conjunto de visualizaciones (mapa interactivo, diagrama de barras y pastel interactivo) que permiten comprender, gestionar y optimizar la información relacionada con los equipos de laboratorio distribuidos en cada uno de los centros que tiene la UNAD a nivel nacional. Las visualizaciones seleccionadas y diseñadas con base en principios de

visualización efectiva (Few, 2006), priorizando la claridad, la utilidad operativa y la capacidad de análisis.

### **Mapa geográfico interactivo**

La visualización interactiva presenta el mapa de Colombia con la ubicación exacta de cada centro, basada en coordenadas geográficas (Few, 2006) y acompañada del número de equipos disponibles en cada uno. Esta herramienta permite identificar la distribución física de los recursos a nivel nacional, optimizando procesos de gestión como traslados, mantenimiento y redistribución estratégica.

### **Línea de tiempo de ingreso de equipos**

El año en el que cada equipo fue ingresado al inventario institucional. Ayuda a detectar antigüedad del equipo, posibles rezagos tecnológicos o necesidades de renovación (Few, 2006).

### **Diagrama del proceso y metodología de diseño guías de laboratorio**

La metodología utilizada para diseñar este proyecto de visualización de equipos parte de la necesidad real de organizar y entender, de forma clara, toda la información que maneja la UNAD sobre los laboratorios a nivel nacional. Para lograrlo, se adoptó un enfoque relacional que permite estructurar los datos en tablas conectadas entre sí, facilitando su consulta y análisis (Connolly & Begg, 2015).

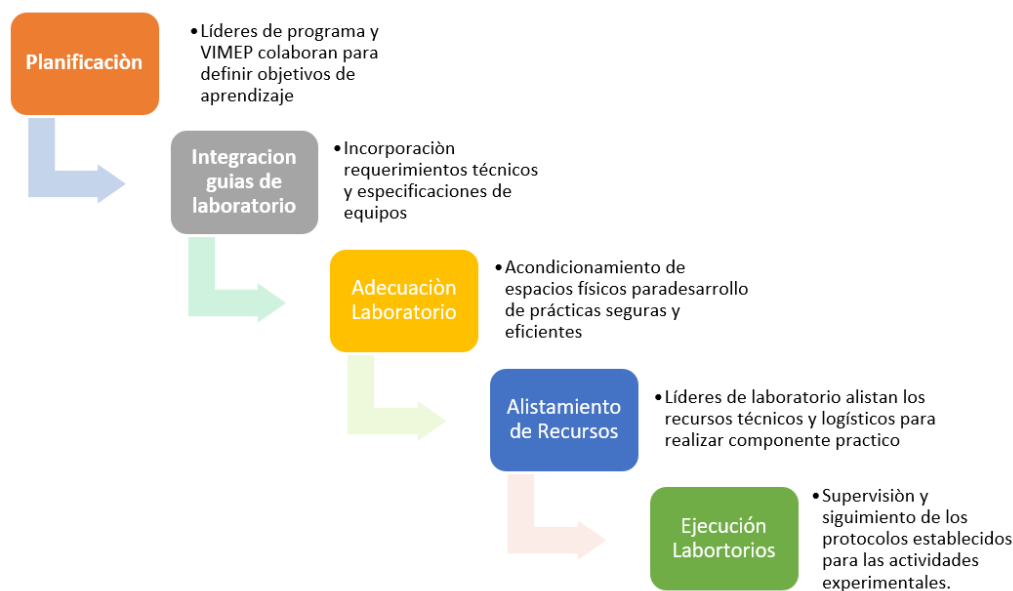
Toda la información proviene del inventario nacional de laboratorios, lo que asegura que los registros reflejen la realidad institucional. A partir de estos datos, se identificaron las entidades clave, como los equipos, los responsables, los centros de costo y los mantenimientos y se aplicó un proceso de organización llamado normalización, que ayuda a evitar repeticiones innecesarias y mantiene todo ordenado.

El resultado es una base de datos clara, flexible y preparada para crecer con el tiempo, que no solo almacena información, sino que también la hace útil y visible para la toma de decisiones, el control de los recursos y la mejora de la gestión académica y técnica de la información de los equipos de laboratorio en la UNAD.

La **Figura 10** describe la estructura organizativa para el diseño de las guías de laboratorio orientadas al desarrollo de los componentes prácticos. El diagrama destaca la distribución de responsabilidades desde la fase de planificación hasta la ejecución de las actividades experimentales. El proceso se inicia con la intervención de los líderes de programa, líderes de curso, las escuelas y la Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas (VIMEP), quien tiene a su cargo la formulación de las actividades académicas, alineadas con los objetivos de aprendizaje. Posteriormente, se incorpora la guía de laboratorio, documento que integra los requerimientos técnicos necesarios, incluyendo la especificación de equipos, materiales y condiciones operativas. Posteriormente, el trabajo se organiza en dos dimensiones: por un lado, el espacio físico del laboratorio, que debe estar acondicionado para el desarrollo seguro y eficiente de las prácticas; y por otro, el líder de laboratorio, responsable del alistamiento de los recursos técnicos y logísticos, así como de la supervisión del cumplimiento de los protocolos establecidos en los reglamentos de laboratorio.

**Figura 10**

*Diagrama del proceso de diseño guías de laboratorio y ejecución del componente práctico*



*Fuente.* Elaboración propia

## Normalización de la Base de Datos

La normalización es un proceso que se aplica al diseño de bases de datos para organizar la información de forma lógica y evitar errores como datos duplicados o inconsistentes. En este proyecto, se aplicó hasta la Tercera Forma Normal (3FN), lo que garantiza un modelo limpio, ordenado y eficiente (Date, 2003; Codd, 1970).

### Primera Forma Normal (1FN)

Se asegura de que cada campo de la tabla contenga un solo dato y que no existan listas o valores repetidos dentro de una misma celda.

Ejemplo: En lugar de registrar varios mantenimientos en una sola celda (como “preventivo, correctivo, calibración”), se creó una tabla aparte llamada MANTENIMIENTO, donde cada registro corresponde a una única acción realizada a un equipo, (Date, 2003; Codd, 1970).

### **Segunda Forma Normal (2FN)**

Elimina las dependencias parciales, es decir, que todos los campos deben depender completamente de la clave primaria de la tabla, no solo de una parte.

Ejemplo: Los datos de ubicación geográfica (ciudad, zona geográfica) no dependen del equipo directamente, sino del centro de costo al que está asignado. Por eso, esa información se trasladó a la tabla CENTRO\_COSTO, donde sí tiene sentido y coherencia, (Date, 2003; Codd, 1970).

### **Tercera Forma Normal (3FN)**

Elimina las dependencias transitivas, es decir, que ningún campo debe depender de otro campo que no sea la clave primaria.

Ejemplo: El nombre\_grupo técnico no debe depender del equipo, sino del ID del grupo técnico. Por eso, se creó la tabla GRUPO\_TECNICO, separando esta información y conectándola correctamente mediante una relación con EQUIPO\_LABORATORIO, (Date, 2003; Codd, 1970).

### **Modelo Entidad-Relación**

El Modelo Entidad-Relación (MER) es una herramienta fundamental en el diseño conceptual de bases de datos. Su propósito principal es representar de manera estructurada y lógica los elementos relevantes de un sistema de información, así como las relaciones existentes entre ellos, antes de implementar una base de datos física (Chen, 1976).

Este modelo permite identificar las entidades (objetos o conceptos significativos dentro del sistema), los atributos que describen sus características y las relaciones que las vinculan entre sí. Mediante su representación gráfica, el diagrama entidad-relación, se facilita la comprensión

del dominio de información y se establece una base sólida para la posterior implementación técnica del sistema.

## **Componentes principales del modelo entidad-relación**

### **Entidades**

Representan objetos del mundo real o conceptual que poseen existencia independiente dentro del sistema. En un entorno de gestión de laboratorios universitarios, por ejemplo, las entidades pueden incluir *Equipo de laboratorio*, *Responsable*, *Centro de costo* y *Mantenimiento*.

### **Atributos**

Son las propiedades que describen a cada entidad. Por ejemplo, un equipo de laboratorio puede tener atributos como código único, estado de funcionamiento, ubicación física y valor contable.

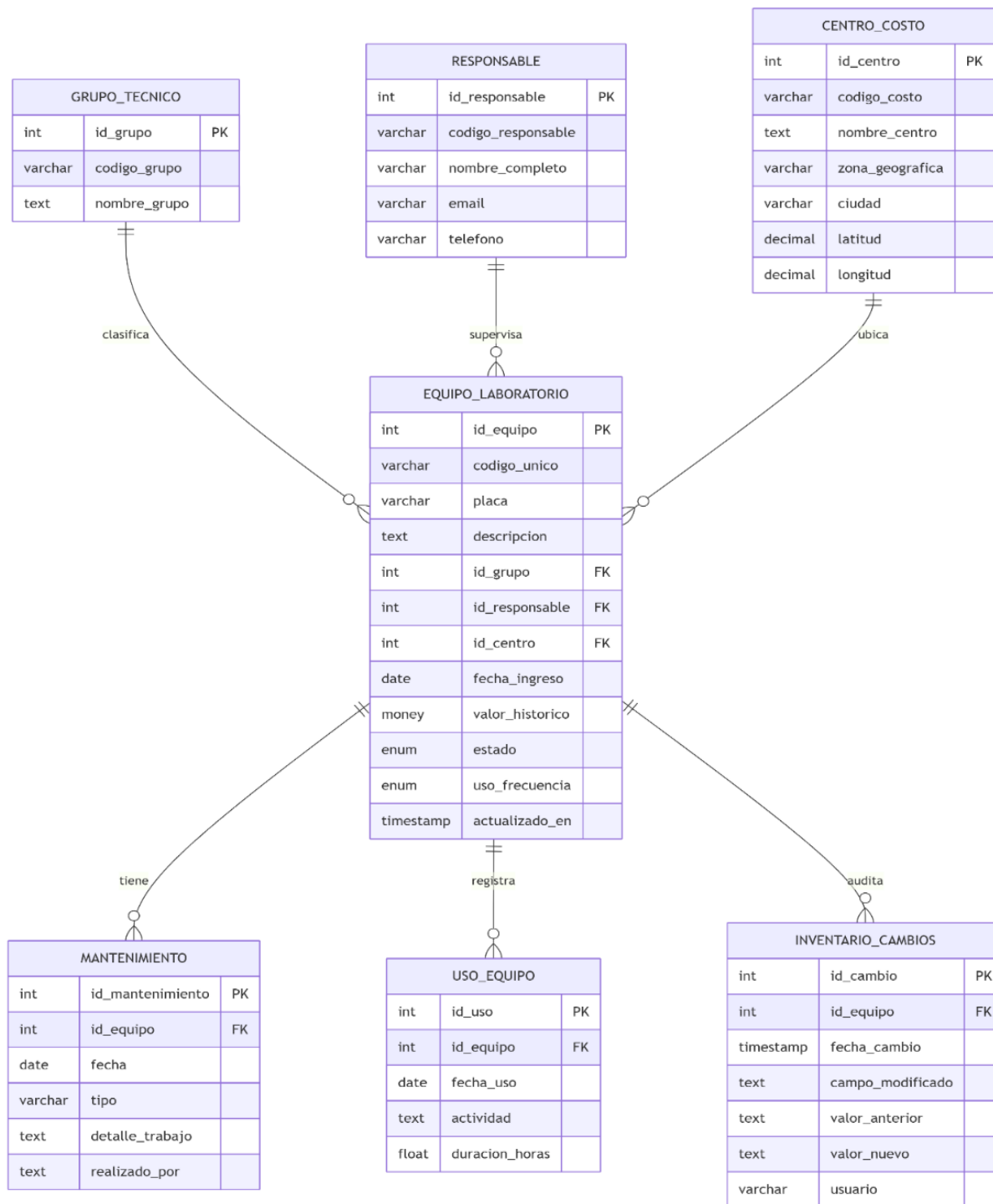
### **Relación entre entidades**

Indican cómo se asocian las entidades entre sí. Algunas relaciones posibles en el contexto mencionado incluyen: un equipo está asignado a un responsable, un equipo se encuentra ubicado en un centro específico, o un equipo puede registrar múltiples mantenimientos a lo largo del tiempo, (Chen, 1976).

La **Figura 11** muestra un Diagrama de Entidad-Relación (ERD) diseñado para gestionar equipos de laboratorio. El esquema organiza siete entidades principales: GRUPO\_TECNICO, RESPONSABLE, CENTRO\_COSTO, EQUIPO\_LABORATORIO, MANTENIMIENTO, USO\_EQUIPO e INVENTARIO\_CAMBIOS, cada una con atributos específicos que permiten rastrear información clave como responsables, ubicación geográfica, historial de mantenimiento, frecuencia de uso y modificaciones en el inventario. Las relaciones entre entidades están definidas mediante claves foráneas, lo que garantiza la integridad referencial del sistema.

Figura 11

Modelo Entidad-Relación para la Base de Datos de Equipos de Laboratorio



Fuente. Elaboración propia

## Utilidad del modelo entidad-relación

El uso del modelo entidad-relación (MER), aporta múltiples ventajas al proceso de desarrollo de sistemas de información:

- Facilita la organización y jerarquización de los datos.
- Proporciona una visión clara y lógica del comportamiento de la información.
- Previene inconsistencias como la redundancia o la pérdida de relaciones importantes.
- Mejora la comunicación entre los actores involucrados en el desarrollo del sistema (analistas, desarrolladores, usuarios) (Connolly & Begg, 2015).

## Descripción de las variables

Para este trabajo se utilizaron las llaves primarias (PK) y las llaves foráneas (FK) como mecanismos estructurales fundamentales en el diseño de la base de datos. Las llaves primarias permiten identificar de manera única cada registro dentro de una tabla, mientras que las llaves foráneas permiten establecer relaciones entre las diferentes entidades del sistema, asegurando la integridad referencial (Date, 2003).

## Llaves Primarias (PK)

Las llaves primarias son atributos o conjuntos de atributos que identifican de forma única cada registro dentro de una tabla.

- No pueden estar vacías (no nulas).
- No pueden repetirse.
- Son fundamentales para establecer relaciones con otras tablas, (Date, 2003).

En la **Tabla 10** muestra la identificación de las siete Llaves Primarias (PK) en el sistema de base de datos garantizando la unicidad de los registros.

**Tabla 10***Llaves primarias en el sistema de base de datos*

<b>Entidad</b>	<b>Llave primaria</b>	<b>Descripción</b>
GRUPO_TECNICO	id_grupo	Identifica de forma única a cada grupo técnico.
CENTRO_COSTO	id_centro	Identifica a cada centro de costo.
RESPONSABLE	id_responsable	Identifica al responsable de un equipo.
EQUIPO_LABORATORIO	id_equipo	Identifica cada equipo en el laboratorio.
MANTENIMIENTO	id_mantenimiento	Identifica cada registro de mantenimiento.
USO_EQUIPO	id_uso	Identifica cada evento de uso de un equipo.
INVENTARIO_CAMBIOS	id_cambio	Identifica cada modificación registrada.

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

### **Llaves Foráneas (FK)**

Las llaves foráneas son atributos que establecen una relación entre una tabla y otra.

Indican que el valor almacenado en una tabla debe coincidir con una clave primaria de otra tabla,

(Date, 2003).

En la **Tabla 11** muestra la identificación de las Llaves Foráneas (FK) en el sistema de base de datos, las cuales, permiten establecer vínculos entre entidades, asegurando la integridad referencial y la trazabilidad operativa.

**Tabla 11**

*Llaves foráneas en el sistema de base de datos*

Tabla que contiene la FK	Llave foránea	Relaciona con...	Explicación
			Indica a qué
EQUIPO_LABORATORIO	id_grupo	GRUPO_TECNICO	grupo técnico pertenece cada equipo.
			Asigna un
EQUIPO_LABORATORIO	id_responsable	RESPONSABLE	responsable a cada equipo.
			Indica la
EQUIPO_LABORATORIO	id_centro	CENTRO_COSTO	ubicación o centro de costo del equipo.
			Relaciona cada
MANTENIMIENTO	id_equipo	EQUIPO_LABORATORIO	mantenimiento con el equipo correspondiente.
			Asocia cada
USO_EQUIPO	id_equipo	EQUIPO_LABORATORIO	registro de uso con el equipo utilizado.

INVENTARIO_CAMBIOS	id_equipo	EQUIPO_LABORATORIO	Registra cambios aplicados a un equipo específico.
--------------------	-----------	--------------------	--

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

### Entidades Principales

**Equipo\_laboratorio.** Entidad central del modelo: Contiene los datos descriptivos y operativos de cada equipo registrado en el inventario institucional de la UNAD (Date, 2003).

En la **Tabla 12** se muestran los *Atributos de la Entidad EQUIPO\_LABORATORIO*

**Tabla 12**

*Atributos de la Entidad EQUIPO\_LABORATORIO*

Entidad	Llave primaria	Descripción
GRUPO_TECNICO	id_grupo	Identifica de forma única a cada grupo técnico.
CENTRO_COSTO	id_centro	Identifica a cada centro de costo
RESPONSABLE	id_responsable	Identifica al responsable de un equipo
EQUIPO_LABORATORIO	id_equipo	Identifica cada equipo en el laboratorio
MANTENIMIENTO	id_mantenimiento	Identifica cada registro de mantenimiento
USO_EQUIPO	id_uso	Identifica cada evento de uso de un equipo

---

INVENTARIO_CAMBIOS	id_cambio	Identifica cada modificación registrada
--------------------	-----------	---

---

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

### Relaciones clave

Cada equipo está asignado a un único grupo técnico (GRUPO\_TECNICO), un responsable (RESPONSABLE) y un centro de costo (CENTRO\_COSTO) (Connolly & Begg, 2015).

Puede tener múltiples registros en MANTENIMIENTO, USO\_EQUIPO e INVENTARIO\_CAMBIOS.

**Grupo\_tecnico.** Define los grupos técnicos o funcionales que gestionan distintos tipos de equipos.

En la **Tabla 13** se muestran los atributos de la entidad GRUPO\_TECNICO

**Tabla 13**

*Atributos de la Entidad GRUPO\_TECNICO*

Campo	Tipo	Descripción
id_grupo	INT (PK)	Identificador único del grupo
52ódigo_grupo	VARCHAR	Código breve asignado (ej. “291”)
Nombre_grupo	TEXT	Tipo de bien (activo o controlable)

---

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

**Responsable.** Contiene los datos de la persona encargada del equipo, (Connolly & Begg, 2015).

En la **Tabla 14** se muestran los atributos de la entidad RESPONSABLE

**Tabla 14**

*Atributos de la entidad RESPONSABLE*

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
id_responsable	INT (PK)	Identificador único
53ódigo_responsable	VARCHAR(30)	Código institucional del funcionario
Nombre_completo	VARCHAR(100)	Nombre completo
Email	VARCHAR(80)	Correo electrónico
Telefono	VARCHAR(20)	Teléfono de contacto (opcional)

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

**Centro\_costo.** Representa los centros físicos o administrativos donde están ubicados los equipos (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2023).

En la **Tabla 15** se muestran los Atributos de la Entidad CENTRO\_COSTO

**Tabla 15**

*Atributos de la Entidad CENTRO\_COSTO*

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
id_centro	INT (PK)	Identificador único del centro

Código_costo	VARCHAR(10)	Código institucional
Nombre_centro	TEXT	Nombre completo del centro
Zona_geografica	VARCHAR(10)	Zonas como ZCAR, ZCBC, ZCBOY, ZAO, ZOCC, ZCSUR, ZCORI, ZSUR
Ciudad	VARCHAR(50)	Ciudad o municipio donde se encuentra el centro
Latitud	DECIMAL	Coordenada geográfica
Longitud	DECIMAL	Coordenada geográfica

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

**Entidades transaccionales.** Las entidades transaccionales son aquellas que registran eventos, actividades o interacciones que ocurren en el sistema a lo largo del tiempo. No representan objetos estáticos como personas o equipos, sino acciones o movimientos asociados a ellos, (Connolly & Begg, 2015).

**Mantenimiento.** Registro de intervenciones técnicas que se realizan a los equipos de laboratorio, se realizan anualmente.

En la **Tabla 16** se muestran los Atributos de la Entidad MANTENIMIENTO

**Tabla 16**

*Atributos de la Entidad MANTENIMIENTO*

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
id_mantenimiento	INT (PK)	Identificador del mantenimiento

id_equipo	INT (FK)	Equipo al que se le realizó el mantenimiento
fecha	DATE	Fecha en que se realizó el mantenimiento
tipo	VARCHAR	Tipo de mantenimiento: preventivo, correctivo, calibración
detalle_trabajo	TEXT	Descripción detallada de las tareas realizadas
realizado_por	TEXT	Técnico o empresa responsable del trabajo

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

**Uso\_equipo.** Permite registrar el uso operativo de cada equipo en actividades académicas.

En la **Tabla 17** se muestran los atributos de la entidad USO\_EQUIPO

**Tabla 17**

*Atributos de la Entidad USO\_EQUIPO*

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
id_uso	INT (PK)	Identificador del uso
id_equipo	INT (FK)	Equipo utilizado
fecha_uso	DATE	Fecha de la actividad
actividad	TEXT	Curso, proyecto o tipo de uso
duracion_horas	FLOAT	Tiempo estimado de uso

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

**Inventario\_cambios.** Historial de modificaciones o auditorías de los registros de equipos, Tabla de auditoría, Registra todos los cambios en los equipos, qué cambió, valores anteriores/nuevos, quién lo modificó, (Connolly & Begg, 2015).

En la **Tabla 18** se muestran los atributos de la entidad INVENTARIO\_CAMBIOS

**Tabla 18**

*Atributos de la entidad INVENTARIO\_CAMBIOS*

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
id_cambio	INT (PK)	Identificador del cambio
id_equipo	INT (FK)	Equipo relacionado con el cambio
fecha_cambio	TIMESTAMP	Fecha y hora de la modificación
campo_modificado	TEXT	Nombre del campo alterado
valor_anterior	TEXT	Valor antes del cambio
valor_nuevo	TEXT	Valor actualizado
usuario	VARCHAR	Usuario que realizó la modificación

*Fuente.* Elaboración propia con base en información institucional de la UNAD.

### **Relación entre entidades**

La relación entre entidades es un componente esencial dentro del modelo entidad-relación, ya que permite representar las asociaciones lógicas y funcionales entre los distintos elementos que conforman el sistema (Chen, 1976). En este trabajo, dichas relaciones reflejan cómo interactúan los equipos de laboratorio con los actores institucionales, los centros de costo, y los registros históricos de uso y mantenimiento.

### **Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y GRUPO\_TECNICO**

**Uno a muchos (1:N).** Cada equipo pertenece a un único grupo técnico, mientras que un grupo técnico puede agrupar múltiples equipos (Date, 2003).

**Implementación.** EQUIPO\_LABORATORIO.id\_grupo →  
GRUPO\_TECNICO.id\_grupo.

### **Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y RESPONSABLE**

**Uno a muchos (1:N).** Un responsable puede estar a cargo de varios equipos. Sin embargo, cada equipo tiene asignado un único responsable (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2022a).

**Implementación.** EQUIPO\_LABORATORIO.id\_responsable →  
RESPONSABLE.id\_responsable.

### **Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y CENTRO\_COSTO**

**Uno a muchos (1:N).** Cada equipo se encuentra ubicado en un único centro de costo, pero un centro puede tener múltiples equipos asignados (Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD], 2023).

**Implementación.** EQUIPO\_LABORATORIO.id\_centro →  
CENTRO\_COSTO.id\_centro

### **Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y MANTENIMIENTO**

**Uno a muchos (1:N).** Un equipo puede tener múltiples registros de mantenimiento a lo largo de su vida útil, pero cada registro pertenece a un solo equipo.

**Implementación.** MANTENIMIENTO.id\_equipo →  
EQUIPO\_LABORATORIO.id\_equipo

**Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y USO\_EQUIPO**

**Uno a muchos (1:N).** Un equipo puede haber sido utilizado en diversas actividades o prácticas, registrando múltiples usos.

**Implementación.** USO\_EQUIPO.id\_equipo → EQUIPO\_LABORATORIO.id\_equipo

**Relación entre EQUIPO\_LABORATORIO y INVENTARIO\_CAMBIOS**

**Uno a muchos (1:N).** Cada equipo puede tener varios registros de cambios o actualizaciones históricas, almacenadas para efectos de trazabilidad.

**Implementación.** INVENTARIO\_CAMBIOS.id\_equipo → EQUIPO\_LABORATORIO.id\_equipo

## **Desarrollo de un dashboard interactivo para la visualización de equipos de laboratorio en la UNAD**

En la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), los laboratorios son espacios fundamentales para el desarrollo de competencias prácticas en los estudiantes. Sin embargo, los líderes de programa y líderes de curso enfrentan un desafío constante en la planificación de las guías de laboratorio eficientes sin tener visibilidad clara y en tiempo real sobre los equipos disponibles, su estado operativo y su ubicación exacta en los diferentes centros zonales (Vicerrectoría Académica, 2023).

Este sistema interactivo de visualización de equipos surge como una solución, diseñada específicamente para potenciar la labor docente y líderes de laboratorios. Al centralizar toda la información técnica, de disponibilidad y localización de los instrumentos de laboratorio, los profesores podrán

Diseñar guías de prácticas con precisión, verificando con que equipos cuenta realmente los laboratorios y si están operativos.

- Optimizar el tiempo de preparación, evitando solicitar recursos que están en mantenimiento o fuera de servicio.
- Diseñar guías de prácticas con mayor precisión, validando de antemano con qué equipos cuentan realmente los laboratorios y si estos se encuentran en condiciones operativas.
- Optimizar su tiempo de planificación, evitando depender de recursos que estén en mantenimiento, obsoletos o fuera de servicio.
- Tomar decisiones pedagógicas basadas en información actualizada, alineadas con la disponibilidad real del entorno físico y tecnológico.

- Impacto esperado en el contexto de la UNAD

Este sistema no solo responde a una necesidad técnica de visibilidad de los recursos de laboratorio. Su valor se potencia cuando se convierte en una herramienta directa para el docente:

- Les permite planificar sus prácticas con certeza, sabiendo qué equipos están disponibles.
- Facilita una gestión inteligente y sostenible del inventario.
- Mejora la experiencia de aprendizaje del estudiante al garantizar prácticas mejor diseñadas y respaldadas por datos.

Además, el sistema fortalece la trazabilidad institucional, ayuda a documentar el mantenimiento histórico de los equipos y aporta a la transparencia en la administración de los activos tecnológicos, (Vicerrectoría Académica, 2023).

En este marco, la **Tabla 19** presenta los antecedentes de investigación en sistemas de gestión de laboratorios, evidenciando el respaldo teórico y técnico que fundamenta el desarrollo de un entorno de visualización de los equipos de laboratorio.

### **Tabla 19**

Antecedentes de investigación en sistemas de gestión de laboratorios

<b>Autor</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resumen del Contenido</b>
Hernández Aponte, A.F., Rodríguez Agudelo, L.D. (2015)	Desarrollo de software	Implementación de un sistema de información para registrar y controlar el uso de equipos de cómputo en los laboratorios de informática de UNIMINUTO Girardot.

Villanueva Sandoval, J.C. (2019)	Diseño de modelo de gestión	Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para los laboratorios del Bloque L de la Universidad Libre Sede Bosque Popular.
Organización Mundial de la Salud (2017)	Revisión de estándares	Presentación de los sistemas de información de laboratorio computarizados y sus beneficios en la gestión de datos clínicos.
Universidad de los Andes (2022)	Lineamientos institucionales	Establecimiento de lineamientos para la gestión de equipos en laboratorios y talleres universitarios.
Interlab (2023)	Artículo informativo	Análisis de cómo los sistemas de información de laboratorio (LIS) transforman la gestión de datos en laboratorios clínicos.
Meléndez, D., Batta, L., Ruiz, R. (2017)	Desarrollo de sistema de mantenimiento	Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento para equipos de laboratorio en la Fundación Jacinto Convit, enfocándose en la eficiencia operativa y prolongación de la vida útil de los equipos.
LabCup (2023)	Implementación de software de gestión	Descripción de LabCup, un sistema integral para la gestión de laboratorios que facilita el control de inventarios, equipos y

		seguridad en instituciones académicas y de investigación.
LabVantage (2023)	Plataforma LIMS	Presentación de LabVantage, una plataforma que integra LIMS, cuaderno de laboratorio electrónico y sistema de gestión de datos científicos para una gestión completa de laboratorios.
INDX (2023)	Caracterización de sistemas LIMS	Análisis de las funciones clave de los sistemas de gestión de información de laboratorio (LIMS), incluyendo gestión de muestras, integración de instrumentos y cumplimiento regulatorio.
Sapio Sciences (2023)	Desarrollo de software LIMS	Descripción de Sapio LIMS, un sistema que permite a los científicos gestionar muestras y automatizar procesos sin necesidad de programación, mejorando la eficiencia en laboratorios.
AcademiaLab (2023)	Enciclopedia académica	Entrada enciclopédica que define y explica los sistemas de gestión de información de laboratorio (LIMS), sus características y aplicaciones en laboratorios modernos.

LovTechnology (2023)	Implementación de LIMS	Artículo que discute cómo los sistemas LIMS automatizan tareas y mejoran la eficacia y productividad en laboratorios, destacando sus beneficios clave.
González- Quiñónez, L. A., Villacrés-Zurita, F. G., Cevallos-Mina, M. G., Santillán-Vega, R. J., Realpe-Bolaños, K. R. (2021)	Implementación de RCM	Se diseñó e implementó un plan de mantenimiento para el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Esmeraldas, basado en la metodología RCM.
Fornés-Rivera, R., Ochoa-Espinoza, L., Cano-Carrasco, A., González-Valenzuela, E. (2016)	Aplicación de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	Propuesta de implementación de mantenimiento a través de la metodología RCM en laboratorios de educación superior, incluyendo fichas técnicas y estrategias de mantenimiento.
Universidad del Valle – Dirección de Investigaciones	Desarrollo e implementación de sistema institucional	Sistema SIGELab que integra laboratorios universitarios en una plataforma digital para mejorar transparencia y uso de recursos científicos.

Gustavo Alonso Buitrago- Sierra, Juan Camilo González-Franco	Desarrollo de portal web con lectores de código de barras	Prototipo de software para gestión de préstamo de instrumentos en laboratorios de la Universidad Católica de Colombia, optimizando recursos con tecnología moderna.
Jhon Edinson Rodríguez Ruiz, Maximilian Serrano Osorio	Aplicación de modelo en cascada	Sistema de información para gestión de inventario en laboratorios de electrónica, mejorando control y facilitando solicitudes, reduciendo consumo de papel.
Christopher Steevens Ruiz- Castelblanco	Desarrollo de sistema con enfoque cualitativo	Sistema para controlar préstamos de equipos en laboratorios de telecomunicaciones, visualizando información detallada y mejorando eficiencia.
Andrés Mauricio Valencia Ramírez, Alfredo Martín Mahecha Galindo	Gestión de proyecto con tecnologías NFC	Sistema para identificación y seguimiento de equipos en laboratorios de la Universidad Distrital, optimizando procesos técnicos y administrativos.
Andrea del Pilar García Pérez,	Investigación aplicada	Propuesta de sistema de gestión integrada en laboratorios universitarios, basada en encuestas y análisis documental.

William Javier Cepeda

Páez

Hernández Aponte, A.F., Rodríguez Agudelo, L.D. (2015)	Desarrollo desoftware	Implementación de un sistema de información para registrar y controlar el uso de equipos de cómputo en los laboratorios de informática de UNIMINUTO Girardot.
Villanueva Sandoval, J.C. (2019)	Diseño de modelo de gestión	Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para los laboratorios del Bloque L de la Universidad Libre Sede Bosque Popular.
Organización Mundial de la Salud (2017)	Revisión de estándares	Presentación de los sistemas de información de laboratorio computarizados y sus beneficios en la gestión de datos clínicos.
Universidad de los Andes (2022)	Lineamientos institucionales	Establecimiento de lineamientos para la gestión de equipos en laboratorios y talleres universitarios.
Interlab (2023)	Artículo informativo	Análisis de cómo los sistemas de información de laboratorio (LIS) transforman la gestión de datos en laboratorios clínicos.

*Fuente.* Elaboración propia

## Figura 12

### Código de programación para la visualización

```

import pandas as pd
import geopandas as gpd
import plotly.express as px
import plotly.graph_objects as go
from dash import Dash, dcc, html, Input, Output
import dash_bootstrap_components as dbc
import threading
from IPython.display import IFrame

# === COLORES INSTITUCIONALES ===
COLOR_AZUL = "#003366"
COLOR_NARANJA = "#FF6600"
COLOR_FONDO = "#F4F4F4"

# === ARCHIVOS ===
inventario_file = 'INVENTARIO NACIONAL DE LABORATORIOS marzo 18 2025.xlsx'
sedes_file = 'centros_unad.csv'

# === CARGAR INVENTARIO ===
try:
    df_inv = pd.read_excel(inventario_file)
    df_inv.columns = df_inv.columns.str.strip()
    print(f"Inventario cargado: {len(df_inv)} filas")
except Exception as e:
    raise Exception(f"Error al cargar inventario: {e}")

# === CARGAR SEDES ===
try:
    try:
        df_sedes = pd.read_csv(sedes_file, sep=None, engine='python', encoding='utf-8')
    except:
        df_sedes = pd.read_csv(sedes_file, sep=None, engine='python', encoding='latin1')
    df_sedes.columns = df_sedes.columns.str.strip()
    print(f"Sedes cargadas: {len(df_sedes)} filas")
except Exception as e:
    raise Exception(f"Error al cargar sedes: {e}")

```

*Fuente.* Elaboración propia

### Descripción del código

Importación de librerías y colores

```
import pandas as pd
```

Permite trabajar con tablas de datos, como hojas de Excel o CSV, para analizarlas y modificarlas.

```
import geopandas as gpd
```

Permite trabajar con mapas y ubicaciones geográficas.

```
import plotly.express as px
```

Permite crear gráficos interactivos de manera sencilla, como barras o mapas.

```
import plotly.graph_objects as go
```

Permite crear gráficos más personalizados, como indicadores numéricos grandes.

```
from dash import Dash, dcc, html, Input, Output
```

Permite construir la aplicación web (dashboard) y colocar botones, gráficos o cajas de texto que se pueden interactuar.

```
import dash_bootstrap_components as dbc
```

Permite usar un diseño más bonito y ordenado para la página web del dashboard.

```
import threading
```

Permite ejecutar el dashboard en segundo plano, sin que se cierre el programa o notebook donde se está trabajando.

```
from IPython.display import IFrame
```

Permite mostrar el dashboard directamente dentro de un notebook de Jupyter, como si fuera un video o página web.

```
COLOR_AZUL = "#003366"
```

```
COLOR_NARANJA = "#FF6600"
```

```
COLOR_FONDO = "#F4F4F4"
```

Define los colores que se usarán en los gráficos y mapas para que todo se vea con los colores de la UNAD.

Carga de los archivos de inventario y sedes

```
inventario_file = 'INVENTARIO NACIONAL DE LABORATORIOS marzo 18
2025.xlsx'
```

Indica el archivo que contiene la lista de todos los equipos de laboratorio.

```
sedes_file = 'centros_unad.csv'
```

Indica el archivo que contiene la información de todas las sedes de la UNAD, incluyendo ubicación y ciudad.

```
df_inv = pd.read_excel(inventario_file)
```

Abre el archivo de inventario y lo convierte en una tabla que se puede analizar en Python.

```
df_inv.columns = df_inv.columns.str.strip()
```

Quita espacios extra en los nombres de las columnas para que los datos sean más fáciles de usar.

```
df_sedes = pd.read_csv(sedes_file, sep=None, engine='python', encoding='utf-8')
```

Abre el archivo de sedes y lo convierte en una tabla que se puede usar en Python.

```
df_sedes.columns = df_sedes.columns.str.strip()
```

Quita espacios extra en los nombres de columnas de las sedes.

Carga del mapa de Colombia

```
shapefile = gpd.read_file(
    "https://geodata.ucdavis.edu/gadm/gadm4.1/shp/gadm41_COL_shp.zip",
    layer="gadm41_COL_1"
```

Descarga un mapa de Colombia con los departamentos para poder mostrar en qué lugares están las sedes de la UNAD.

Cálculo de indicadores

```
total_equipos = len(df_inv)
```

Cuenta cuántos equipos hay en total en el inventario.

```
total_centros = df_inv['Centro de Costo'].nunique()
```

Cuenta cuántos centros diferentes tienen equipos.

```
total_zonas = df_sedes['Departamento'].nunique()
```

Cuenta en cuántos departamentos (zonas) hay sedes de la UNAD.

Creación del dashboard

```
app = Dash(__name__, external_stylesheets=[dbc.themes.BOOTSTRAP])
```

Crea la página web interactiva donde se mostrarán los gráficos y mapas.

```
app.layout = dbc.Container([...], fluid=True)
```

Organiza todos los elementos dentro de la página:

Título grande.

Caja para escribir el nombre de un equipo.

Gráficos con números importantes.

Gráficos de barras.

Mapa con las sedes.

Actualización dinámica de los gráficos

```
@app.callback(
```

```
    [Output('indicadores', 'figure'),
```

```
    Output('top_centros', 'figure'),
```

```

Output('grafico_inventario', 'figure'),
Output('mapa_sedes', 'figure')],
[Input('busqueda', 'value')]
)
def actualizar_dashboard(busqueda)

```

Cada vez que la persona escribe algo en la caja de búsqueda, esta función actualiza todos los gráficos y el mapa mostrando solo los equipos que coinciden con lo escrito.

Ejecutar el dashboard dentro del notebook

```

def run_dash():
    app.run(debug=False, port=8063, use_reloader=False)

```

Prepara la página web para que se pueda ejecutar.

```
thread = threading.Thread(target=run_dash)
```

Crea un hilo para que el dashboard funcione en segundo plano, sin bloquear el notebook.

```
thread.start()
```

Inicia la ejecución del dashboard en segundo plano.

```
IFrame(src="http://127.0.0.1:8063", width="100%", height="900")
```

Muestra el dashboard dentro del notebook, permitiendo que la persona vea y use los gráficos y mapas sin salir del archivo.

## Desarrollo de la aplicación

Como parte del proyecto titulado Diseño de un entorno interactivo para la visualización de datos de los instrumentos y equipos de laboratorio de la UNAD, se desarrolló una aplicación web utilizando el lenguaje de programación Python y el framework Dash, con el propósito de

integrar, consultar y visualizar de manera dinámica los datos del inventario nacional de laboratorios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

La estructura del sistema se basa en la carga y validación de dos fuentes de datos institucionales: un archivo Excel que contiene el inventario de equipos de laboratorio, y un archivo CSV que registra las sedes universitarias junto con sus respectivas coordenadas geográficas. Para garantizar la integridad de los datos, se implementaron rutinas de verificación que aseguran la existencia de columnas clave como “Descripción”, “Código”, “Placa” y “Centro de Costo”. Asimismo, se realizó la conversión de las coordenadas de latitud y longitud desde formato textual a valores numéricos, permitiendo su posterior representación geoespacial.

Una vez procesados los archivos, se ejecutó la unión de ambos conjuntos mediante la coincidencia entre el campo “Centro de Costo” del inventario y el campo “Nombre” de las sedes. Esta fusión permitió consolidar la información en un único DataFrame, sobre el cual se aplicaron procesos de limpieza para completar valores faltantes y estandarizar los registros.

La interfaz de usuario fue diseñada utilizando componentes visuales de Bootstrap, organizados en un contenedor principal que incluye: un encabezado institucional, un panel de búsqueda por nombre, código o placa, un botón para mostrar todos los registros, un mapa interactivo que georreferencia los equipos por sede, un gráfico tipo sunburst que representa la distribución jerárquica de los equipos por sede y responsable, y un panel de detalle que muestra información específica del equipo seleccionado.

Funcionalmente, la aplicación permite al usuario realizar búsquedas específicas, visualizar los resultados en un mapa dinámico, explorar la distribución de equipos mediante gráficos jerárquicos y consultar detalles por sede. Los mecanismos de interactividad se gestionan mediante callbacks que conectan los componentes visuales con la lógica de filtrado y

visualización. El primero de ellos actualiza el mapa y genera alertas informativas según el término de búsqueda o la acción del botón, mientras que el segundo genera el gráfico sunburst y presenta los detalles del equipo al hacer clic en una sede del mapa.

La aplicación puede ejecutarse localmente en entornos de desarrollo mediante Dash, o de forma remota a través de plataformas colaborativas como Google Colab, lo que facilita su accesibilidad, portabilidad y adaptabilidad a diferentes contextos académicos. Esta herramienta representa una solución tecnológica integral para la gestión visual del inventario de laboratorios, fortaleciendo la transparencia, el control y la toma de decisiones en el contexto institucional de la UNAD.

### **Validación del entorno visual interactivo: usabilidad y rendimiento Propósito**

Validar que el entorno visual interactivo (dashboard) sea comprensible, funcional y adecuado para los requerimientos de los usuarios y laboratorios de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Para ello, se emplean métodos que no requieren encuestas, como inspecciones expertas (evaluación heurística y recorrido cognitivo), modelos de interacción (KLM/GOMS) y métricas objetivas de rendimiento, incluyendo latencias por callback y un proxy de Time To Interactive (TTI). Esta estrategia se fundamenta en literatura clásica sobre usabilidad y desempeño (Card, Moran y Newell, 1980; Chrome for Developers, s.f.; ISO/IEC, 2011; Nielsen, 1994; web.dev, 2023; Wharton, Rieman, Lewis y Polson, 1994).

### **Definiciones operativas**

**Intuitivo.** Señales claras como etiquetas, ayudas emergentes y mensajes que permiten comprender qué hacer, cómo hacerlo y cómo interpretar la respuesta. Esta característica se evalúa mediante criterios heurísticos y recorridos cognitivos (Nielsen, 1994; Wharton et al., 1994).

**Eficiente.** Tareas clave como búsqueda, navegación en el mapa, exploración jerárquica y reinicio de vista, que se completan con pocos pasos y baja latencia. La eficiencia se estima mediante modelos de interacción y telemetría (Card et al., 1980; ISO/IEC, 2011).

**Adecuación al contexto UNAD.** El entorno opera con datos reales del inventario institucional, incluye cobertura geográfica mediante mapas y permite una lectura jerárquica a través de visualizaciones tipo sunburst, utilizando terminología coherente con estándares técnicos (ISO/IEC, 2011).

### **Preguntas de validación.**

1. ¿La interfaz muestra el estado del sistema y orienta la acción del usuario mediante mensajes, alertas y conteos, conforme a principios heurísticos? (Nielsen, 1994).
2. ¿Las tareas definidas ( $T1 - T4$ ) pueden aprenderse y ejecutarse sin ambigüedad? (Wharton et al., 1994).
3. ¿El flujo de interacción reduce el número de acciones y el tiempo requerido por usuarios expertos? (Card et al., 1980).
4. ¿El rendimiento, medido en latencias y TTI estimado, permite una experiencia fluida? (ISO/IEC, 2011; Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023).

### Hipótesis evaluables

**H1 (Heurística).** Al menos el 80 % de los ítems evaluados cumplen con criterios como visibilidad del estado, coherencia y prevención de errores (Nielsen, 1994).

**H2 (Recorrido).** Se espera un nivel de éxito  $bS \geq 0.9$  en los pasos críticos, como descubrimiento de funciones, señalización y retroalimentación (Wharton et al., 1994).

**H3 (KLM).** El tiempo estimado para completar tareas por parte de usuarios expertos se mantiene bajo.  $TKLM = \sum ti$ ,  $ti \in \{K, P, H, M, R\}$  con parámetros típicos en segundos:  $K \approx 0.12$ ,  $P \approx 1.10$ ,  $H \approx 0.40$ ,  $M \approx 1.20$  y  $R$  como latencia medida (Card et al., 1980).

**H4 (Rendimiento).** Las latencias de búsqueda aumentan de forma casi proporcional al tamaño de los datos, y el proxy de TTI indica disponibilidad temprana para la interacción (ISO/IEC, 2011; Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023).

### Alcance

La validación incluye evaluación heurística, recorrido cognitivo, estimación KLM, telemetría de eventos y cálculo del proxy de TTI, además de recomendaciones. No se consideran encuestas, pruebas A/B ni auditorías completas con Lighthouse en entornos de producción.

## **Criterios de aceptación**

**Usabilidad.** Se acepta si  $bS \geq 0.9$  en las tareas  $T1 - T3$  y  $bS \geq 0.95$  en  $T4$ , además de cumplir con las heurísticas clave.

**Rendimiento.** Se acepta si el percentil 95 de latencia está dentro de los umbrales definidos por tarea, la tasa de error es igual a cero y el proxy de TTI se encuentra dentro de rangos adecuados para interacción temprana.

## **Metodología sin encuestas: inspección experta, métrica de interacción y telemetría mínima**

La validación se realiza mediante cuatro técnicas complementarias:

- a) Evaluación heurística (Nielsen, 1994; Moran, 2023).
- b) Recorrido cognitivo (Wharton, Rieman, Lewis y Polson, 1994).
- c) Estimación mediante modelos KLM/GOMS (Card, Moran y Newell, 1980).
- d) Telemetría local con métricas de latencia y errores, alineadas con el estándar de eficiencia de desempeño definido por ISO/IEC (2011).

## **Evaluación heurística (Nielsen)**

El objetivo consiste en identificar problemas comunes sin necesidad de involucrar usuarios, utilizando las diez heurísticas propuestas por Nielsen (1994). El procedimiento incluye:

1. Inventariar tareas y pantallas.
2. Recorrer los flujos T1–T4.
3. Calificar la gravedad y prioridad de los hallazgos.

El índice de cumplimiento se calcula como:

$$H = (1/10) \sum sh, \text{ donde } sh \in \{0, 1\}$$

El criterio de aceptación se establece en  $H \geq 0.8$ . Este método ofrece alto valor con bajo costo, sin requerir encuestas (Nielsen, 1994; Moran, 2023).

## Recorrido cognitivo

Esta técnica evalúa la claridad de cada paso en una tarea, considerando cuatro aspectos: intención del usuario, visibilidad de opciones, asociación entre acción y efecto, y comprensión del resultado (Wharton et al., 1994).

El éxito se calcula como:

$$bS = (1/m) \sum Xi, \text{ donde } Xi \in \{0, 1\}$$

El criterio de aceptación se define como  $bS \geq 0.9$  y ausencia de bloqueos.

## Estimación KLM/GOMS

El modelo KLM permite estimar el tiempo requerido por un usuario experto para completar una tarea, considerando acciones como presionar teclas, apuntar, mover el mouse, pensar y esperar respuestas del sistema (Card et al., 1980).

$$TKLM = \sum ti, \text{ donde } ti \in \{K, P, H, M, R\}$$

Ejemplos de cadenas típicas:

$$TT1 \approx M + H + 4K + R = 2.08 + R$$

$$TT2 \approx M + P + K + R + M = 3.62 + R$$

$$TT3 \approx M + P + K + R = 2.42 + R$$

$$TT4 \approx P + K + R = 1.22 + R$$

Esta estimación resulta útil para comparar variantes de flujo y optimizar la eficiencia.

## Telemetría local (callbacks)

Se registra información por evento en formato CSV, incluyendo: timestamp, tipo de evento, tiempo en milisegundos, número de resultados, término de búsqueda y sede.

Se calculan los cuantiles  $P50$  y  $P95$ , además de la tasa de error.

$$ErrorRate = \text{número de excepciones} / \text{número total de callbacks}$$

El proxy de TTI se define como:

$$TTI_d = \text{tiempo de lectura (xlsx)} + \text{tiempo de unión de datos} \\ + \text{tiempo de depuración de coordenadas (latitud/longitud)}.$$

### **Integración y decisión**

Para cada tarea ( $T1 - T4$ ) se integran los siguientes indicadores: evaluación heurística ( $H$ ), recorrido cognitivo ( $bS$ ), tiempo experto estimado ( $TKLM$ ), latencias ( $P50/P95$ ) y tasa de error ( $ErrorRate$ ).

Se calcula la mejora porcentual como:

$$\Delta\% = ((T_{antes} - T_{después}) / T_{antes}) \times 100, \text{ para } T \in \{TKLM, P50, P95\}.$$

El TTI canónico puede auditarse con Lighthouse (Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023). Los criterios típicos establecen que  $P95$  en búsqueda debe ser  $\leq 500$  ms ( $1\times$ ) y  $\leq 1000$  ms ( $5\times$ ), con  $ErrorRate$  igual a cero.

### **Validez y confiabilidad**

La evaluación heurística y el recorrido cognitivo permiten cubrir aspectos de aprendibilidad y señalización (Nielsen, 1994; Wharton et al., 1994). El modelo KLM predice tiempos de ejecución para usuarios expertos (Card et al., 1980). La telemetría se basa en repeticiones y cuantiles robustos, mientras que el proxy de TTI puede ser corroborado mediante auditoría con Lighthouse (ISO/IEC, 2011; Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023).

### **Escenarios de tarea (T1–T4) y criterios de aceptación**

La validación se organiza en torno a cuatro tareas representativas del entorno visual interactivo. Cada una se formaliza con observables, métricas y umbrales, sustentados en literatura especializada (Card, Moran y Newell, 1980; ISO/IEC, 2011; Nielsen, 1994; Wharton, Rieman, Lewis y Polson, 1994).

### **Búsqueda libre (por descripción, código o placa)**

El recorrido incluye visualizar el campo de búsqueda, ingresar el término y analizar el conteo o alerta resultante. Estimación de tiempo experto:

$$TT1 \approx M + H + 4K + R = 2.08 + R$$

Métricas consideradas: éxito binario, número de acciones (A), latencias P50/P95 y tasa de error. Criterios de aceptación:

$$bS\_T1 \geq 0.9$$

$$A \leq 6$$

$$P95 \leq 500 \text{ ms } (1 \times) \text{ y } \leq 1000 \text{ ms } (5 \times)$$

### **Exploración por sede (mapa → sunburst)**

El recorrido contempla hacer clic en un marcador, interpretar el gráfico sunburst y regresar a la vista global. Estimación de tiempo experto:

$$TT2 \approx M + P + K + R + M = 3.62 + R$$

Métricas consideradas: número de pasos, latencias P50/P95 y carga visual (número de nodos). Criterios de aceptación:

$$bS\_T2 \geq 0.9$$

$$P95 \leq 700 \text{ ms } (1 \times) \text{ y } \leq 1200 \text{ ms } (5 \times)$$

$$ErrorRate = 0$$

### **Consulta de detalle contextual**

El recorrido incluye seleccionar un elemento y visualizar información adicional. Estimación de tiempo experto:

$$TT3 \approx M + P + K + R = 2.42 + R$$

Criterios de aceptación:

$$bS_{T3} \geq 0.9$$

$$P95 \leq 600 \text{ ms (1 } \times \text{)} \text{ y } \leq 1000 \text{ ms (5 } \times \text{)}$$

*Terminología consistente*

### **Reinicio global (“Mostrar todos”)**

La acción consiste en restablecer la vista general del entorno. Estimación de tiempo experto:

$$TT4 \approx P + K + R = 1.22 + R$$

Criterios de aceptación:

$$bS_{T4} \geq 0.95$$

$$P95 \leq 400 \text{ ms (1 } \times \text{)} \text{ y } \leq 800 \text{ ms (5 } \times \text{)}$$

$$ErrorRate = 0$$

### **Indicadores y aceptación global**

Los indicadores clave incluyen:

- Tasa de error:  $ErrorRate = \text{número de excepciones} / \text{número total de callbacks}$
- Éxito por recorrido:  $bS = (1/m) \sum Xi$
- Tiempo experto estimado:  $TKLM = \sum ti$

La aceptación global se determina cuando los valores de bS y heurísticas se encuentran en rangos satisfactorios, las latencias P95 están dentro de los umbrales definidos y el proxy de TTI indica disponibilidad adecuada para la interacción.

### **Marco de calidad y métricas de rendimiento**

La validación del entorno visual interactivo se fundamenta en el modelo de calidad definido por la norma ISO/IEC 25010 (2011), el cual establece características como usabilidad y

eficiencia de desempeño. Para evaluar la disponibilidad de interacción, se utiliza el indicador Time To Interactive (TTI), que en este caso se estima mediante un proxy reproducible en el entorno local (Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023).

### Métricas clave consideradas

- Latencias  $P50$  y  $P95$  por evento (callbacks), incluyendo tareas como búsqueda, navegación por mapa, exploración jerárquica y reinicio global.
- Tasa de error (ErrorRate), como indicador de robustez ante excepciones.
- Proxy de  $TTI$ , calculado a partir de tres componentes:  $TTI_d =$   
*tiempo de lectura del archivo (xlsx) + tiempo de unión de datos + tiempo de depuración de coordenadas (latitud/longitud).*
- Eficiencia de interacción, estimada mediante el modelo  $KLM$ :  $TKLM = \sum ti$ , donde  $ti \in \{K, P, H, M, R\}$

### Criterios de aceptación (ejemplo)

- $P95$  en búsqueda  $\leq 500$  ms (1  $\times$ ) y  $\leq 1000$  ms (5  $\times$ )
- $P95$  en navegación mapa  $\rightarrow$  sunburst  $\leq 700$  ms (1  $\times$ ) y  $\leq 1200$  ms (5  $\times$ )
- $ErrorRate = 0$
- $TTI_d \leq 1500$  ms (1  $\times$ ) y  $\leq 3000$  ms (5  $\times$ )

Este marco permite evaluar el desempeño del entorno de manera objetiva, alineado con estándares internacionales y buenas prácticas en desarrollo de interfaces interactivas.

### Ecuaciones y estimadores

La validación técnica del entorno se apoya en fórmulas que permiten estimar tiempos de interacción, complejidad de filtrado y disponibilidad para el usuario. Estas expresiones se

fundamentan en modelos clásicos de interacción y rendimiento (Card, Moran y Newell, 1980; Chrome for Developers, s.f.; ISO/IEC, 2011; web.dev, 2023).

### Modelo KLM (tiempo experto)

$$TKLM = \sum ti, \text{ donde } ti \in \{K, P, H, M, R\}$$

Los parámetros típicos utilizados en la estimación son:

- $K$  (*presionar tecla*):  $\approx 0.12$  segundos
- $P$  (*apuntar con el cursor*):  $\approx 1.10$  segundos
- $H$  (*mover el cursor*):  $\approx 0.40$  segundos
- $M$  (*pensar*):  $\approx 1.20$  segundos
- $R$  (*esperar respuesta*): *valor medido en telemetría*

Este modelo permite calcular el tiempo total estimado para completar una tarea por parte de un usuario experto, considerando acciones secuenciales.

### Complejidad del filtro por subcadenas

$$T(n) \approx c \cdot n \quad T(5n) \approx 5 \cdot T(n) \quad T(10n) \approx 10 \cdot T(n)$$

Esta relación refleja un crecimiento lineal en el tiempo de procesamiento conforme aumenta el tamaño del conjunto de datos, lo cual es coherente con el comportamiento observado en tareas de búsqueda.

### Proxy de TTI de datos

$$TTI_d = t_{lectura}(xlsx) + t_{merge} + t_{depuración}(lat/long)$$

Este estimador representa el tiempo necesario para que el entorno esté listo para la interacción, considerando la carga de datos, la unión de fuentes y la depuración de coordenadas geográficas. El valor puede ser comparado con el TTI canónico obtenido mediante auditoría con Lighthouse (Chrome for Developers, s.f.; web.dev, 2023).

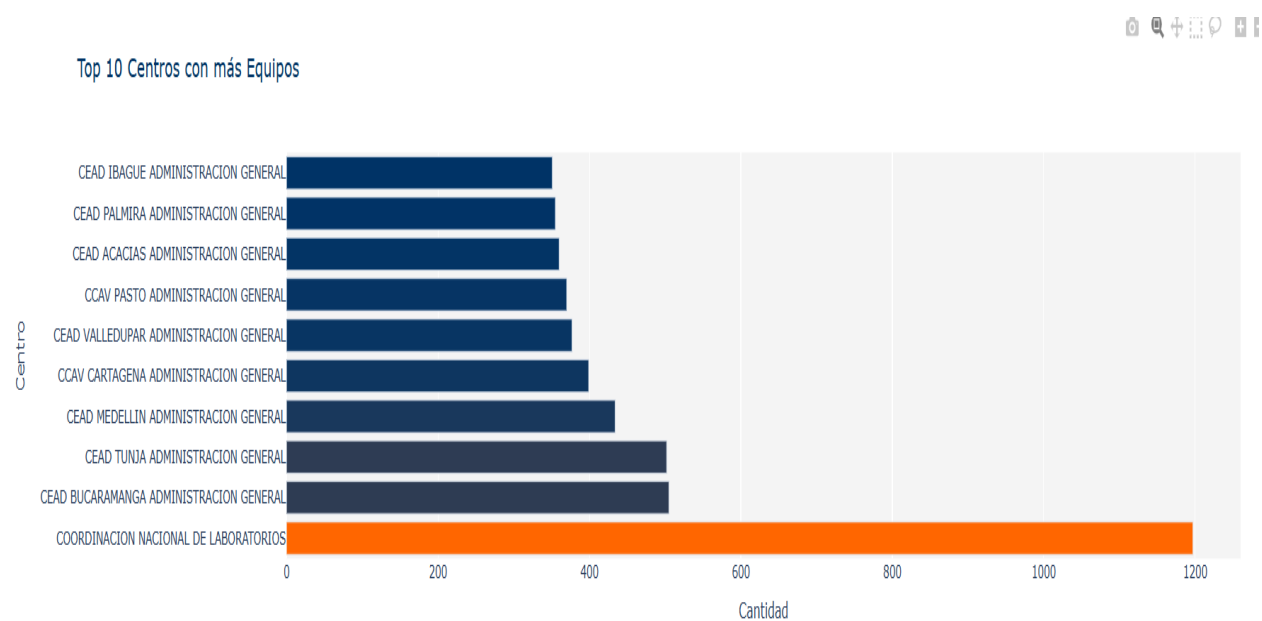
## Datos, análisis y figuras

Para la validación se integró el archivo de inventario en formato XLSX con el maestro de centros en formato CSV. Este proceso incluyó la normalización de encabezados, la unión de campos como “Centro de Costo” y “Nombre”, y la verificación de coordenadas geográficas (latitud y longitud).

La **Figura 13** muestra la visualización de los centros con mayor cantidad de equipos de laboratorios, lo cual, facilita el análisis de cobertura y distribución.

### Figura 13

*Top 10 centros con mayor cantidad de equipos de laboratorio*



*Fuente.* Elaboración propia

## Lectura de resultados

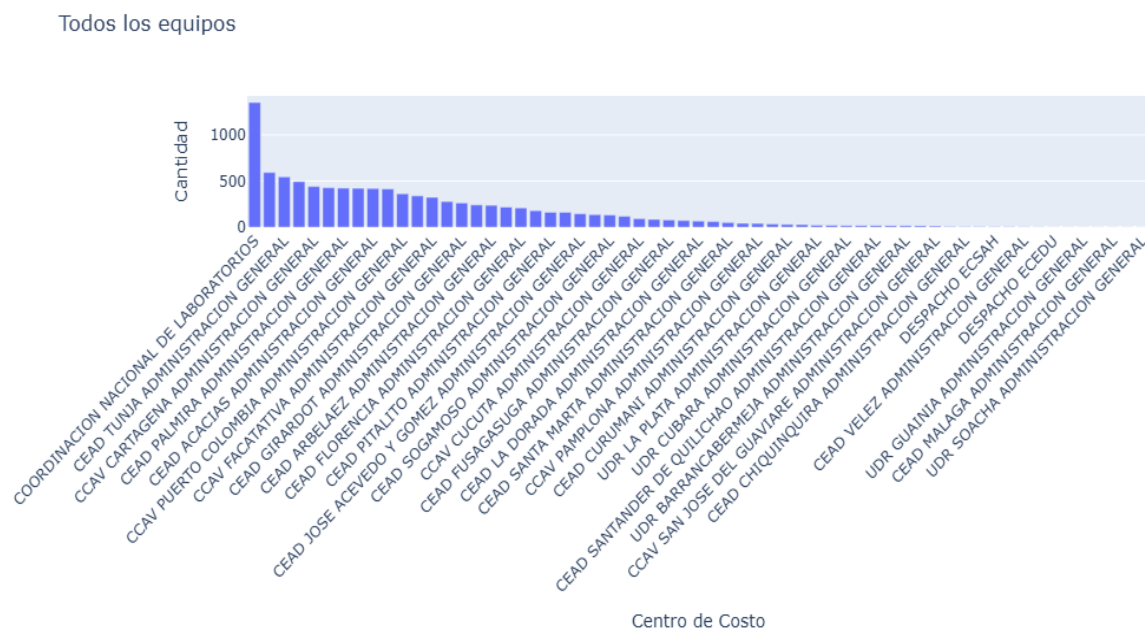
Las medianas y los valores P95 de latencia muestran un crecimiento casi lineal conforme aumenta el tamaño del conjunto de datos. Este comportamiento es coherente con la complejidad esperada en operaciones de filtrado por subcadenas. Además, el proxy de TTI indica que el

entorno está disponible para la interacción en tiempos adecuados. No se registraron excepciones en los escenarios previstos.

La **Figura 14** muestra la distribución y la cantidad de equipos de laboratorio que posee cada uno de los centros.

### **Figura 14**

#### *Distribución de equipos por centro*



*Fuente.* Elaboración propia

En la **Figura 15** Se presenta un mapa detallado de Colombia, en el cual se destacan múltiples puntos naranjas que indican la ubicación geográfica de los centros de la UNAD que cuentan con equipos de laboratorio. Estos recursos están destinados al desarrollo de los componentes prácticos de los cursos metodológicos. Cabe resaltar que, a medida que se realiza la búsqueda de equipos específicos, el sistema genera nuevas imágenes que muestran únicamente los

centros que disponen del equipamiento solicitado, facilitando así la planificación académica y logística.

### Figura 15

*Mapa de Colombia con los centros de la UNAD*



*Fuente.* Elaboración propia

### Resultados de usabilidad y rendimiento

Los resultados obtenidos permiten evaluar el entorno visual interactivo en términos de usabilidad, eficiencia y rendimiento, conforme a los estándares establecidos.

### Usabilidad (evaluación heurística y recorrido cognitivo)

Se observó cumplimiento en aspectos clave como visibilidad del estado del sistema y consistencia terminológica, lo cual se refleja en indicadores positivos dentro de la evaluación heurística (Nielsen, 1994). El recorrido cognitivo no presentó bloqueos en las tareas  $T1 - T4$ , lo que indica que los flujos de interacción son comprensibles y funcionales (Wharton, Rieman, Lewis y Polson, 1994). Se identificó que el gráfico sunburst profundo podría beneficiarse de una agregación inicial para reducir la sobrecarga visual.

### **Eficiencia (modelo KLM)**

Los tiempos estimados para usuarios expertos fueron los siguientes:

$$TT1 \approx 2.08 + R$$

$$TT2 \approx 3.62 + R$$

$$TT3 \approx 2.42 + R$$

$$TT4 \approx 1.22 + R$$

Estos valores se calcularon con base en el modelo KLM, considerando acciones como presionar teclas, apuntar, mover el cursor, pensar y esperar respuesta del sistema (Card, Moran y Newell, 1980). La latencia  $R$  fue tomada directamente de los registros de telemetría.

### **Rendimiento (telemetría)**

Las tareas de búsqueda en escenarios  $1\times$ ,  $5\times$  y  $10\times$  mostraron un crecimiento cuasi lineal tanto en la mediana como en el percentil 95 de latencia. El proxy de TTI resultó compacto, indicando que el entorno está disponible para la interacción en tiempos adecuados. No se registraron errores durante la ejecución de las tareas, lo cual sugiere una robustez técnica satisfactoria. Estos resultados son coherentes con los criterios de eficiencia de desempeño definidos por ISO/IEC (2011) y con los lineamientos de TTI establecidos por Chrome for Developers (s.f.) y web.dev (2023).

### **Mejoras recomendadas (bajo costo, alto impacto)**

A partir de los resultados obtenidos, se identifican tres mejoras que pueden implementarse con bajo esfuerzo técnico y alto beneficio para la usabilidad y el rendimiento del entorno visual interactivo.

#### **Agregación inicial en el gráfico sunburs**

Se recomienda que el gráfico jerárquico (sunburst) se presente de forma agregada o expandible por defecto. Esta medida permite reducir la sobrecarga visual en inventarios extensos, facilitando la navegación y comprensión de la estructura (Nielsen, 1994).

#### **Mensajes consistentes en todos los paneles**

Se sugiere estandarizar los mensajes del sistema, incluyendo aquellos que indican ausencia de resultados. Además, se recomienda mantener las validaciones sobre columnas y procesos de unión de datos, con el fin de asegurar coherencia terminológica y técnica (ISO/IEC, 2011).

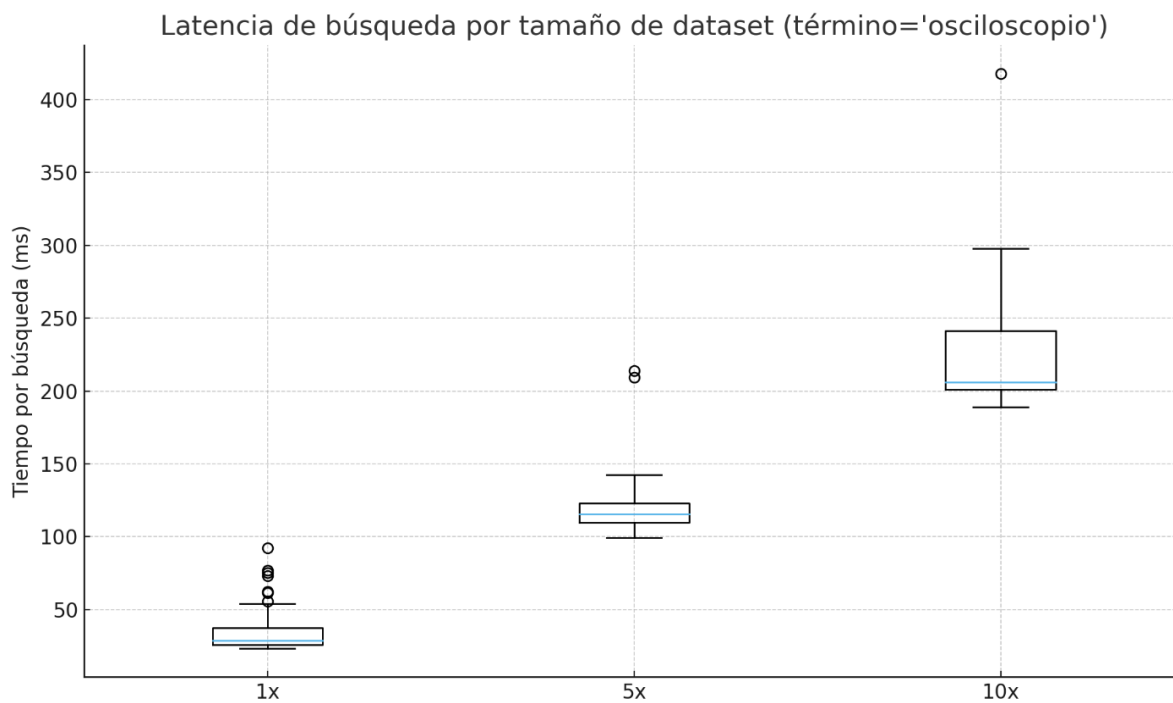
#### **Línea base de telemetría comparativa**

Se propone establecer una línea base de telemetría que registre los valores  $P50$  y  $P95$  por evento (callback). Esta información permitirá comparar versiones futuras del entorno, combinando estimaciones del modelo KLM con tiempos reales de ejecución.

La **Figura 3** muestra la latencia de búsqueda por tamaño de conjunto de datos ( $1 \times$ ,  $5 \times$ ,  $10 \times$ ) Esta figura ilustra cómo se comporta el sistema ante diferentes volúmenes de información, mostrando que el crecimiento en latencia es proporcional al tamaño del dataset.

**Figura 16**

*Latencia de búsqueda por tamaño de dataset*



*Fuente.* Elaboración propia

## Conclusiones

El presente proyecto propone y valida un entorno visual interactivo para la gestión de equipos de laboratorio en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), respondiendo a una necesidad institucional crítica: la falta de visibilidad clara, trazabilidad operativa y planificación eficiente de los recursos tecnológicos distribuidos en los centros zonales. A través de un enfoque metodológico riguroso, se logró articular componentes técnicos, normativos y pedagógicos en una solución integral que potencia la labor docente y mejora la experiencia de aprendizaje.

Desde el punto de vista estructural, se diseñó un modelo entidad-relación robusto, alineado con estándares de normalización y buenas prácticas en bases de datos, que permite representar con precisión las relaciones entre equipos, responsables, centros de costo y eventos transaccionales como mantenimiento, uso y cambios de inventario. Este modelo fue complementado con una arquitectura visual basada en mapas, visualizaciones jerárquicas tipo sunburst y paneles informativos, facilitando la exploración intuitiva del inventario institucional.

La validación del sistema se realizó mediante técnicas expertas sin encuestas, incluyendo evaluación heurística, recorrido cognitivo, estimación mediante el modelo KLM/GOMS y telemetría local. Los resultados evidenciaron que el entorno cumple con los criterios de usabilidad y eficiencia de desempeño definidos por la norma ISO/IEC 25010. Las tareas representativas (búsqueda libre, navegación por sede, consulta contextual y reinicio global) fueron ejecutadas sin bloqueos, con latencias dentro de los umbrales definidos y sin errores registrados. El proxy de Time To Interactive (TTI) confirmó la disponibilidad temprana del sistema para la interacción.

Además, se estableció una línea base de telemetría comparativa que permitirá evaluar futuras versiones del entorno, integrando métricas como latencias *P50/P95*, tasa de error y tiempos expertos estimados. Este enfoque garantiza la sostenibilidad técnica del sistema y su capacidad de mejora continua.

En términos institucionales, el sistema fortalece la trazabilidad de los activos tecnológicos, aporta a la transparencia en la administración de recursos y permite al docente tomar decisiones pedagógicas basadas en información actualizada. Las mejoras recomendadas — como la agregación inicial en visualizaciones jerárquicas y la estandarización de mensajes— pueden implementarse con bajo esfuerzo técnico y alto impacto en la experiencia del usuario.

Finalmente, este proyecto no solo ofrece una solución tecnológica viable, sino que también establece un marco metodológico replicable para otras áreas académicas que requieran gestión visual, trazabilidad operativa y validación técnica sin depender de encuestas. Su alineación con los lineamientos institucionales de la UNAD y con estándares internacionales de calidad lo posiciona como una contribución significativa al fortalecimiento de la gestión académica en entornos distribuidos.

## Referencias Bibliográficas

- AcademiaLab. (2023). *Sistema de gestión de información de laboratorio*.  
<https://academia-lab.com/enciclopedia/sistema-de-gestion-de-informacion-de-laboratorio/>
- Aponte, A. F. H., & Agudelo, L. D. R. (2015). *Sistema de información para registrar y controlar el uso de equipos de cómputo en laboratorios de informática*. UNIMINUTO.  
<https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/0594f8c4-aaba-47b2-a648-283e9d369c9f/content>
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1980). The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. *Communications of the ACM*, 23(7), 396–410.  
<https://doi.org/10.1145/358886.358895>
- Chrome for Developers. (s.f.). *Performance metrics*.  
<https://developer.chrome.com/docs/lighthouse/performance>
- Connolly, T., & Begg, C. (2015). *Database systems: A practical approach to design, implementation, and management* (6th ed.). Pearson Education.
- Date, C. J. (2003). *Introducción a los sistemas de bases de datos* (8ª ed.). Pearson Educación.
- Fundación Jacinto Convit. (2017). *Sistema de gestión de mantenimiento a equipos de laboratorio*. <https://www.jacintoconvit.org.ve/es/publicaciones/Sistema-de-gestion-de-mantenimiento-a-equipos.pdf>
- García Pérez, A. del P., & Cepeda Páez, W. J. (2014). *Propuesta de sistema de gestión integrada para laboratorios universitarios*. Universidad Santo Tomás.  
<https://www.researchgate.net/publication/303959158>

González-Quiñónez, L. A., Villacrés-Zurita, F. G., Cevallos-Mina, M. G., Santillán-Vega, R. J., & Realpe-Bolaños, K. R. (2021). Implementación de mantenimiento RCM en laboratorios universitarios. *Revista Técnica de Ingeniería*, 15(2), 45–60.

<https://www.academia.edu/113193003>

Interlab. (2023). *Cómo los sistemas LIS transforman la gestión de datos clínicos*.

<https://interlab.mx/articulosInteres/pdf/LIS.pdf>

ISO/IEC. (2011). *ISO/IEC 25010: Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—System and software quality models*.

International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/35733.html>

LabCup. (2023). *Sistema integral para gestión de laboratorios*.

<https://www.labcup.net/es>

LabVantage. (2023). *Plataforma LIMS para gestión de laboratorios*.

<https://es.labvantage.com/informatics/lims/>

LovTechnology. (2023). *Implementación de sistemas LIMS en laboratorios*.

<https://lovtechnology.com/implementa-sistemas-de-gestion-de-informacion-de-laboratorio-lims/>

Meléndez, D., Batta, L., & Ruiz, R. (2017). Sistema de gestión de mantenimiento para equipos de laboratorio en la Fundación Jacinto Convit. *Revista Técnica de Ingeniería*, 12(1), 55–68.

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Computerized laboratory information systems (LIS)*. [https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LQMS%2017-4%20Computerized%20LIS\\_2.pdf](https://extranet.who.int/lqsi/sites/default/files/attachedfiles/LQMS%2017-4%20Computerized%20LIS_2.pdf)

Rodríguez Ruiz, J. E., & Serrano Osorio, M. (2022). *Sistema de información para gestión de inventario en laboratorios de electrónica*. Universidad Autónoma de Occidente.

<https://red.uao.edu.co/entities/publication/b8201c82-e9cc-45ed-97c5-fda895cd79cd>

Ruiz Castelblanco, C. S. (2022). *Sistema para controlar préstamos de equipos en laboratorios de telecomunicaciones*. Universitaria Agustiniana.

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/items/6292c0ca-bacb-477e-b7e7-8aea14c890d3>

Sapio Sciences. (2023). *Sapio LIMS: gestión de muestras y automatización*.

<https://www.sapiosciences.com/es/productos/sapio-lims/>

Universidad de los Andes. (2022). *Lineamientos para la gestión de equipos en laboratorios y talleres universitarios*. [https://planeacion.uniandes.edu.co/images/Arquitectura-Institucional/Modelo-de-](https://planeacion.uniandes.edu.co/images/Arquitectura-Institucional/Modelo-de-operacion/Estrategicos/SGLabsTalleres/Lineamientos_para_la_gestin_de_equipos.pdf)

[operacion/Estrategicos/SGLabsTalleres/Lineamientos para la gestin de equipos.pdf](https://planeacion.uniandes.edu.co/images/Arquitectura-Institucional/Modelo-de-operacion/Estrategicos/SGLabsTalleres/Lineamientos_para_la_gestin_de_equipos.pdf)

Universidad Libre. (2019). *Modelo de gestión de mantenimiento para laboratorios universitarios*. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/18454>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. (2022a). *Manual de gestión de equipos institucionales*. Dirección de Bienes y Servicios.

[https://sgeneral.unad.edu.co/images/documentos/consejoSuperior/acuerdos/2020/COSU\\_ACUE\\_029\\_20200812.pdf](https://sgeneral.unad.edu.co/images/documentos/consejoSuperior/acuerdos/2020/COSU_ACUE_029_20200812.pdf)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD]. (2023). *Inventario nacional de laboratorios*. Dirección de Gestión Técnica Institucional.

<https://academia.unad.edu.co/laboratorios>

Valencia Ramírez, A. M., & Mahecha Galindo, A. M. (2016). *Sistema para identificación y seguimiento de equipos en laboratorios*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

<https://repository.udistrital.edu.co/items/4628ce5e-74f5-4f6b-a152-d64373a813ed>

Vicerrectoría Académica. (2023). *Lineamientos para la gestión académica en laboratorios institucionales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia [UNAD].

[https://academia.unad.edu.co/images/laboratorios/Gesti%C3%B3n\\_Componente\\_Pr%C3%A1ctico\\_Laboratorios\\_VIMEP\\_FINAL\\_2106.pdf](https://academia.unad.edu.co/images/laboratorios/Gesti%C3%B3n_Componente_Pr%C3%A1ctico_Laboratorios_VIMEP_FINAL_2106.pdf)

web.dev. . (2023). *Measure performance with the TTI metric*. <https://web.dev/tti>

Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C., & Polson, P. (1994). The cognitive walkthrough method: A practitioner's guide. In J. Nielsen & R. L. Mack (Eds.), *Usability inspection methods* (pp. 105–140). John Wiley & Sons.