

**Diseño de un prototipo de laboratorio remoto para ser implementado en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Bogotá.**

**Presentado por:**

**Cristian Alejandro Amaya Fernández  
Brayan Esneider Bernal Macías  
Julián Mauricio Perdomo Bermeo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
MAESTRIA EN TELEMATICA**

**Dr. Fredys Simanca Herrera**

**UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA  
CAMPUS BOGOTA**

**2021**



## Tabla de contenido

<b>1. ASPECTOS RELATIVOS AL CONTENIDO DEL TRABAJO FINAL DE GRADO DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>1.1. TÍTULO</b>	<b>3</b>
<b>1.2. RESUMEN O ABSTRACT Y PALABRAS CLAVE.</b>	<b>3</b>
1.2.1. PALABRAS CLAVE.	3
<b>1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>1.5. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS.</b>	<b>5</b>
<b>1.6. OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
<b>1.7. METODOLOGÍA</b>	<b>12</b>
1.7.1. VARIABLES O CATEGORÍAS	12
1.7.2. HIPÓTESIS O SUPUESTOS.	13
1.7.3. PARTICIPANTES (POBLACIÓN Y MUESTRA)	13
1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	14
1.7.5. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO.	14
1.7.5.1. <i>Impresora 3D</i>	14
1.7.5.2. <i>Prototipo de laboratorio remoto de impresión 3D</i>	15
1.7.5.3. <i>Programación de la base de datos.</i>	15
1.7.5.4. <i>Programación de la interfaz de interconexión</i>	16
1.7.5.5. <i>Conexión de los dispositivos</i>	16
1.7.5.6. <i>Diseño de red</i>	17
1.7.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS.	18
<b>1.8. RESULTADOS.</b>	<b>18</b>
1.8.1. MENÚ DE ACCESO:	19
1.8.2. MENÚ DEL LABORATORIO:	20
1.8.3. SISTEMA DE EMPUJE:	21
1.8.4. INICIO DE LA PRÁCTICA:	22
<b>1.9. DISCUSIÓN</b>	<b>23</b>
<b>1.10. CONCLUSIONES</b>	<b>24</b>
<b>1.11. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>24</b>

## 1. ASPECTOS RELATIVOS AL CONTENIDO DEL TRABAJO FINAL DE GRADO DE INVESTIGACIÓN.

A continuación, se describen los aspectos que debe contener el trabajo de grado final de investigación de acuerdo con lo definido en la resolución rectoral 1518 de 2016 para los programas de maestría.

### 1.1. TÍTULO

Diseño de un prototipo de laboratorio remoto para ser implementado en el laboratorio de automatización de la universidad cooperativa de Colombia sede Bogotá.

### 1.2. RESUMEN O ABSTRACT Y PALABRAS CLAVE.

En este documento, se presenta el diseño de un laboratorio de acceso remoto, el cual permitirá a estudiantes y profesores interactuar y realizar a través de internet, prácticas de procesos de modelamiento e impresiones CAD por medio de una impresora 3D. Se propone implementar un sistema de hardware y software que permitirán monitorear y controlar variables remotamente, desde un equipo de cómputo, ubicado en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Bogotá.

El principal problema que motivo al desarrollo de esta investigación, es la pandemia la cual tiene un impacto que genero confinamientos totales obligando a la universidad Cooperativa de Colombia a cerrar de manera temporal sus sedes y reinventar sus modelos de enseñanza, a pesar de que existen diferentes plataformas que logran remplazar con éxito el modelo de enseñanza presencial a través de la virtualidad, la institución aun presenta un gran inconveniente con el desarrollo de sus clases prácticas debido a que no se cuenta con disponibilidad de recursos remotos que brinden a los estudiantes y profesores manipular los diferentes equipos de laboratorio que se tienen actualmente.

El objetivo de esta investigación es diseñar el prototipo del laboratorio remoto, con una infraestructura tecnológica confiable y segura, que permitan acceder y desarrollar una práctica no presencial. Se realizó un análisis de datos que permitieron identificar con exactitud el tipo de prácticas, la cantidad de estudiantes y los equipos que se usa con más frecuencia en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Bogotá, esto se realizó con el fin de identificar las diferentes variables que permiten determinar el equipo de laboratorio que se ajusta al diseño que será implementado como laboratorio remoto.

#### 1.2.1. Palabras clave.

Laboratorio Remoto, software, hardware, servidores, automatización.

### 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

La Universidad Cooperativa de Colombia sede Bogotá dentro de su estructura académica cuenta con la facultad de ingeniería que posee 20 espacios APA (Ambientes prácticos de

aprendizaje) cuyo objetivo principal es brindar una atención de las practicas incluidas en los diferentes programas ofertados por la institución. Entre estos espacios ya mencionados la universidad cuenta con un solo laboratorio especializado de automatización donde estudiantes y profesores pueden desarrollar sus metodologías practicas e investigativas en las áreas de control digital, control análogo, robótica, electrónica industrial, automatización, electrónica digital, sistemas de potencia y maquinas, diseño industrial y electro neumática; estas áreas están dotadas de equipos de cómputo, controladores lógicos programables (PLC's), tarjetas de adquisición de datos, bancos de neumática e hidráulica, impresora 3D, banda transportadora, brazo robótico, módulo de QUANSER, banco de doblado, banco de pruebas eléctricas, entre otros. Infraestructura tecnológica que permite a los programas de Ingeniería industrial, Sistemas electrónica y telecomunicaciones generar mejores condiciones académicas a sus estudiantes y profesores.

Actualmente la pandemia obligó a las instituciones educativas públicas y privadas a cerrar sus instalaciones en todo el país, readaptando sus métodos de enseñanza teóricas y prácticas a metodologías virtuales. La Universidad Cooperativa de Colombia como Institución de educación superior no ha sido la excepción, ya que se ha visto en la necesidad de implementar una modalidad combinada que articula las clases presenciales y los ambientes prácticos virtuales, a pesar de los esfuerzos que los profesores e institución han hecho por mantener y garantizar un aprendizaje adecuado a los estudiantes, sigue existiendo una latente preocupación por el desarrollo de las clases prácticas de laboratorio.

La no presencia física de estudiantes y profesores en los laboratorios de la universidad crea una necesidad inminente de generar nuevas tecnologías combinadas y de interconectar el laboratorio de automatización de manera remota, permitiendo así a estudiantes y profesores poder desarrollar sus prácticas de laboratorio.

Se plantea la posibilidad de interactuar de manera segura por medio de una infraestructura tecnológica que brinde a estudiantes y profesores de la universidad cooperativa de Colombia sede Bogotá, poder desarrollar sus prácticas de laboratorio sin tener que desplazarse hasta las instalaciones de la institución y de esta manera fomentar el debido manejo de los dispositivos con los que se cuentan en el laboratorio de automatización.

Con el desarrollo de un laboratorio remoto, busca dotar de nuevos ambientes de trabajo, donde puedan validarse experiencias formativas, con acceso a través de la web y estudiar la viabilidad de compartir espacios físicos. Además de diseñar estrategias colaborativas en torno al desarrollo de contenidos y proyectos de investigación que se articulen a través de las redes académicas. (Rojas-Calero, 2012)

De acuerdo con los aspectos anteriormente mencionados se plantea dar solución a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo diseñar el prototipo del laboratorio de automatización para ser utilizado en una impresora 3D de manera remota en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia?

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

Los motivos que llevaron a investigar sobre el diseño e implementación de un laboratorio remoto se centran en la necesidad que tiene la Universidad Cooperativa de Colombia para impartir sus clases prácticas en la modalidad presencial, esto a causa del confinamiento mundial que se ha presentado por la pandemia que se padece en estos momentos, la cual obligo a cerrar de manera temporal todas sus sedes a nivel nacional, generando un retraso académico significativo para estudiantes y profesores en el desarrollo de sus prácticas de laboratorio.

Brindar nuevas alternativas de aprendizaje por medio de la implementación de nuevas tecnologías permitirán estudiantes y profesores capacitarse apropiadamente generando nuevos conocimientos en el manejo del prototipo de laboratorio remoto.

El diseño del prototipo para interconectar de manera remota el laboratorio de automatización, aporta a la Universidad Cooperativa de Colombia una nueva visión en el modelo de enseñanza práctica. El beneficio de los estudiantes y profesores está en la posibilidad de conectarse con la universidad de manera remota y hacer uso de sus servicios de manera eficaz debido al manejo de información y de las comunicaciones. Este proyecto optimizara en gran parte el desarrollo de guías académicas y brindara una mayor cobertura en la ocupación y control de horarios en las prácticas de laboratorio.

El desarrollo de la investigación tiene como alcance para la Universidad Cooperativa de Colombia brindar un mejor desempeño académico a sus estudiantes, ya que a través de una infraestructura tecnológica en hardware y software permitan interconectar de manera segura a estudiantes y profesores por medio de internet garantizándoles un manejo seguro de la información.

#### 1.5. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS.

Los laboratorios remotos, se inician en la década de los 90's en universidades de Europa, denominados inicialmente campus virtuales (Universidad de León, Universidad de Oviedo, Universidad de Valladolid, entre otras), su desarrollo inicial estuvo confinado principalmente en el área de ingeniería de control, pero con el tiempo, se ha ido extendiendo a otros países y a otras áreas del conocimiento como son: la robótica, las aplicaciones nucleares, ingeniería sísmica e ingeniería estructural. (Rojas-Calero, 2012)

Los laboratorios remotos se consideran como una evolución de los laboratorios virtuales. En este caso al sistema computacional se les agrega instrumentación, control y acceso a equipos de laboratorio reales. Ya no se habla de llevar a cabo prácticas en un simulador, sino que se trata de realizar actividades prácticas de forma local o remota a través de una intranet o internet, permitiendo la transferencia de información entre un proceso real y los estudiantes de manera unidireccional o bidireccional. Bajo este esquema el estudiante utiliza y controla los recursos disponibles en un laboratorio, mediante el uso de tarjetas de adquisición de datos, sensores e instrumentos de medida con interfaces de red y software. (Medina et al., 2011)

En Colombia también se han venido implementando el desarrollo de laboratorios remotos

como en la Universidad Nacional, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Valle y Universidad Autónoma de Occidente; en las cuales se implementaron para sus áreas en ingeniería de control, física, robótica, circuitos eléctricos, ingeniería sísmica e ingeniería estructural.(Rojas-Calero, 2012). Este tipo de laboratorios remotos pueden ser fácilmente usados por diferentes tipos de usuarios desde estudiantes, profesores, ingenieros, técnicos, científicos y en general cualquier persona que tenga los conocimientos necesarios dependiendo de la naturaleza del laboratorio, convirtiendo esto en una fortaleza para el trabajo en equipo.

Una arquitectura convencional de un laboratorio remoto está conformada por un servidor de laboratorio que provee los servicios de conectividad hacia los dispositivos remotos a través de las aplicaciones respectivas, un conjunto de dispositivos para acceder remotamente que poseen las capacidades de comunicación necesarias (puertos de comunicación y protocolos compatibles con aplicaciones) y un cliente con las características necesarias para conectarse a estos servicios.(Zuluaga López, 2011)

Actualmente existe un abanico muy amplio de tecnologías que pueden ser utilizadas para implementar el cliente de un laboratorio remoto, desde la más ligera aplicación web hasta la más pesada aplicación de escritorio. Todas ellas pueden ser clasificadas en dos grupos:

Aplicaciones de escritorio: aquellas que se ejecutan en el escritorio del ordenador del usuario.

Aplicaciones web: aquellas que son ejecutadas en el navegador del escritorio del usuario. (García-Zubia et al., 2007)

Para la implementación de laboratorios remotos existen técnicas que integran diferentes tecnologías para llevar a cabo su infraestructura, entre ellas están los laboratorios remotos basados en una aplicación específica Cliente/servidor TCP/IP, la estructura de este modelo se implementa a través de una PC (cliente) el cual envía al servidor, vía internet, un archivo con el software que se quiera manipular; un ejemplo básico puede ser la de un PLC conectado al servidor para enviar y recibir archivos utilizando el protocolo TCP/IP. (García-zubía et al., 2005)

Otras implementaciones que se han usado para creación de laboratorios remotos han sido aplicaciones web, el funcionamiento de este modelo es muy sencillo, el estudiante accede al servidor a través de una página web. Un micro servidor, con una IP propia, sirve como puente entre el servidor y el dispositivo programable, lo que le permite al usuario final poder acceder y controlar los equipos de laboratorios. Los terminales Server o Windows también pueden ser una estrategia muy útil al momento de implementar un laboratorio remoto, este se basa en utilizar el servicio terminal Server del sistema operativo Windows, la idea básica es ceder el control del servidor a un cliente para que pueda manipular archivos o programas dependiendo el requerimiento del laboratorio. (de la Cruz F. Et al., 2010)

El desarrollo de laboratorios remotos facilitaría a todo el personal académico e investigativo poder interactuar con los equipos de laboratorio en horarios fuera de los establecidos o programados en las practicas presenciales, lo cual le permitiría al estudiante adquirir y afianzar los conocimientos de una manera más eficiente, según (García-Zubia et al., 2007)

menciona los siguientes equipos y tecnologías utilizadas por el lado del cliente:

- Aplicación Multiplataforma: funcionamiento sobre diferentes sistemas operativos.
- Aplicación invasiva o intrusiva: permisos para acceder al equipo de cómputo del usuario o establecer conexiones.
- Proveedores: posibilidad de utilizar herramientas de diferentes proveedores.
- Instalación requerida: necesidad de instalación de drivers, plugins o players.
- Ancho de banda: mayor o menor necesidad de ancho de banda para el funcionamiento de la aplicación.
- Audio y video: soporte de audio y video por parte de la aplicación.

Según (Riman et al., 2011) un servidor de laboratorio y un servidor web, también representan características importantes en los entornos actuales de los laboratorios remotos, los cuales se mencionan a continuación:

Autenticación:

Todo sistema que necesite de acceso de usuarios requiere autenticación para de esta manera solo permitir el ingreso de usuarios registrados; en el caso de los laboratorios remotos la autenticación para cada estudiante debe estar conformada con un nombre de usuario “username” y una contraseña “password”. Esta característica es importante desde el punto de vista de protección del sistema, ya que su implementación asegura disminuir los niveles de riesgos de seguridad en el servidor. Riesgos de seguridad en el servidor que pueden presentarse sin una adecuada configuración de autenticación son:

- El acceso no autorizado a documentos privados o confidenciales en el sistema de archivos del servidor.
- La disponibilidad de información sobre el equipo de cómputo servidor que podría ser utilizada por personas o usuarios no autorizados, para ingresar al sistema.
- Errores que permiten a intrusos ejecutar comandos en el servidor provocando fallas en el sistema.
- Denegación del servicio por saturación de la red, debido al bloqueo del servidor causado por envío permanente de mensajes.

Agendamiento:

La programación de horarios para sistemas como los laboratorios remotos es una característica para tener en cuenta, debido a que permite la optimización del ingreso de los usuarios a la plataforma remota, evitando congestiones y conflictos por los probables intentos de ingreso al mismo tiempo por parte de los estudiantes, lo cual provoca saturación y la no

obtención del servicio generando un impacto negativo en la utilización del laboratorio remoto.

#### Interfaz de usuario:

Es un entorno multiusuario y colaborativo que facilita la comunicación entre el estudiante y/o investigador remoto y el experimento a desarrollar. La interrelación se produce a través de un navegador web que debe permitir:

- La gestión de acceso: por ejemplo, la gestión de acceso de administrador o docente para crear y borrar cuentas, comprobar y manejar los tiempos de acceso. Así como también agregar o eliminar información específica de las experiencias a desarrollar.
- Módulos de usuario: la interfaz de usuario debe contener módulos, con los cuales el estudiante remoto y/o investigador pueda identificarse con nombre de usuario y contraseña, seleccionar y verificar posibles horarios de agendamiento, estudiar conceptos previos acerca del laboratorio a realizar, visualizar resultado para el posterior análisis y tratamiento de los informes a través de la interfaz.

#### Base de datos:

Es un sistema gestor que contiene registros con respecto a usuarios, perfiles, horarios, experimentos, resultados e informes; este sistema gestor o servidor de base de datos utiliza tablas que administran la información de los mencionados registros teniendo en cuenta documentación referente a contraseñas, correos electrónicos, calendario, guías de laboratorio, entre otros.

Todas estas características del lado del cliente y del lado del servidor sumadas a la implementación de un laboratorio remoto causan varias ventajas en el desarrollo de experiencias o clases prácticas, como las mencionadas en: (Ronald, 2010)

- Se presentan menos daños y averías por uso incorrecto de los equipos, logrando de esta manera optimizar los equipos del laboratorio, además de generar seguridad en las prácticas.
- Con los laboratorios remotos, las universidades fortalecen su imagen ante entidades gubernamentales reguladores como el MEN (Ministerio de Educación Nacional), debido a que hace uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC como herramienta diferencial en la educación y mejora su “good Will” teniendo en cuenta que al estudiante se le amplía su oferta horaria.
- Generan flexibilidad al horario porque facilitan su experimentación, aunque el laboratorio y el estudiante no tengan coincidencia en el espacio físico.
- La enseñanza se adecua a las circunstancias y necesidades de los estudiantes.
- Teniendo en cuenta las mediciones realizadas a las IES (Instituciones de Educación Superior) por entidades como el MEN, acerca de la calidad de la educación y la investigación; el uso de TIC en la educación y el acompañamiento en el trabajo



independiente de los estudiantes; el laboratorio remoto puede ser considerado como un indicador de la calidad.

- Un laboratorio remoto permite una enseñanza constructivista, generando aprendizaje significativo y autónomo, además es una herramienta rentable para el estudiante en su formación porque este puede seguir adquiriendo conocimientos fuera de los “horarios normales”, incrementando la dedicación por parte del estudiante en la realización de las prácticas de laboratorio.
- Ofrece un medio para realizar las actividades independientes de los estudiantes en el área práctica, mejorando y reforzando de esta manera el proceso de aprendizaje.
- Se aprovechan los recursos humanos y materiales de los laboratorios tradicionales. Al integrar, las herramientas necesarias para la ejecución de las prácticas, mejorando así, la disponibilidad de la infraestructura y equipos del laboratorio.

El desarrollo de un laboratorio remoto, basado en internet para la enseñanza en la Universidad Europea de Madrid, ofrece el tipo de control que ejecuta el servidor o el cliente, las características del sistema y la arquitectura. La metodología está basada en los protocolos de comunicación. Concluyendo en un laboratorio remoto basado en internet para la educación en la ingeniería basada en control. (Nourdine Aliane et al., 2007)

(Ruiz Olaya & Franco Mejía, 2015) Describen el desarrollo de la aplicación web, la cual indica cual es el sistema de control más rápido para este tipo de implementaciones para los laboratorios remotos, enfoca el diseño de interfaz de trabajado y los tiempos para el sistema emulado del diseño. Muestra el entorno enfocado en el diseño y el tipo de software que se requiere para el correcto funcionamiento tanto en tiempo real como virtual; estableciendo una metodología de desarrollo de software. En conclusión, el artículo da a entender las herramientas en las cuales se llevó a cabo el desarrollo de la interfaz para la implementación y manejo de las prácticas del laboratorio remoto.

Este artículo permite identificar los tipos de acceso que manejaría el laboratorio para la interacción del estudiante con los equipos y las practicas, adicional da a conocer el prototipo para interconectar el equipo del laboratorio con el PC para su manipulación, así como también, su diseño de implementación, calidad y operación. La conexión de plataforma es la metodología planteada para este trabajo. Se concluye con la creación de laboratorios híbridos, con el fin de brindar la posibilidad de elegir e integrar el tipo de practica que se quiere desarrollar.(Velosa-García et al., 2017)

(Mar-Cornelio et al., 2019) Muestra el sistema de control para el desarrollo de las prácticas de estudiantes y docentes, su funcionamiento, la sintonía, y los controles para la ejecución de las practicas por el sistema que implementaron. Adicionalmente presenta cómo se puede llevar a cabo una interfaz para la interacción con el usuario y el sistema; utilizando una metodología de conexión de plataforma. La utilización del SLR en la enseñanza de la ingeniería de control para el desarrollo de prácticas de laboratorios de forma remota permitió que los estudiantes experimentaran sobre los contenidos teóricos y los dispositivos físicos.

En este documento se describen algunas vulnerabilidades que aún se presentan al momento de implementar un laboratorio remoto, así como sus beneficios y ventajas. Además de esto dan a conocer arquitecturas de software y hardware estables, diseños de interconexión cliente servidor y sus diferentes protocolos de red como TCP/IP por aplicaciones web, conexión con terminales Windows server o similares. De la misma manera, muestra la implementación de un weblab de dispositivos lógicos programables (PLD); estableciendo una metodología en el desarrollo de software y hardware, así como el diseño de interconexión. Con el propósito de mostrar cómo esta estructura de laboratorio ha dado una visión para que al momento de implementar un laboratorio remoto se pueda hacer de manera rentable confiable y fácil de usar. (García-zubía et al., 2005)

El artículo a continuación describe las categorías de desarrollo de plataforma virtual y seguridad, donde se dan a conocer dos tipos de interfaces las cuales fueron usadas a través del lenguaje de programación de java, la GUI es una interfaz gráfica que le permite al usuario un acceso guiado a los objetos que contiene el laboratorio, la interfaz API (Programación de Aplicaciones de Interfaz) permite a los desarrolladores crear programas locales que les darán acceso a varios recursos del laboratorio al mismo tiempo; permitiendo a los usuarios consultar tutoriales, ejecutar simulaciones e intervenir en la manipulación de equipos de laboratorio. Todo esto bajo una metodología de desarrollo de software. Este documento detalla como las personas pueden interactuar con un laboratorio remoto de manera segura y confiable haciendo uso de una estructura cliente, servidor e interfaces de software que le permiten al estudiante poder seleccionar y manipular distintos equipos de laboratorio. (Di Stefano et al., 1997)

(Orduna et al., 2015) describe el desarrollo de Wategay4Labs el cual permite integrar múltiples laboratorios remotos en múltiples herramientas de aprendizaje, con el fin de convertir un laboratorio remoto privado a uno público donde cualquier persona del medio pueda utilizarlo, permitiendo alianzas con diferentes universidades y generando así una reducción de costos y aprovechando al máximo el uso de los equipos de laboratorio. Se establece una metodología inmersa en el desarrollo de software y hardware. A partir de los diferentes métodos de integración, se puede concluir con el potencial que puede tener la implementación de laboratorios remotos en las instituciones educativas y cómo estas pueden generar alianzas para optimizar costos y generar de esta manera facilidades para los estudiantes.

En este documento implementan un laboratorio remoto adaptativo, enfocado en el aprendizaje virtual y remoto para brindar una mejor experiencia académica al estudiante, de tal forma que puedan identificar, visualizar y determinar qué tipo de laboratorios van a usar y qué tipo de prácticas van a realizar. Todo este tipo de análisis lo realizan con la ayuda de la integración de software, donde el estudiante tiene la capacidad de almacenar la información del experimento o práctica a realizar, visualizando el procedimiento a través de interfaces remotas del laboratorio. Esto bajo una metodología de almacenamiento de datos y desarrollo de software. El software almacena información específica de cada estudiante, el cual le permite identificar si el estudiante cumple con los conocimientos básicos del laboratorio o práctica que desea realizar, esto brinda una mayor confianza entre la interacción

del usuario y el administrador del laboratorio remoto. (Rivera et al., 2017)

Este trabajo presenta la construcción y diseño de un sistema de laboratorio a distancia (SLD) orientado al estudio de control automático que desarrolla la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, el cual tiene como objetivo principal, permitir a la población académica ajustar controladores predefinidos y diseñar controladores propios, con el propósito de probarlos en dispositivos físicos a través de Internet y analizar su comportamiento; utilizando una metodología de diseño de interconexión. El cual se puede concluir con la creación de un software de administración de prácticas, que proporciona y facilita el uso de paquetes como matlab y Simulink, pero que, además, incorpora nuevas características en el intercambio de información con los estudiantes, haciendo posible el diseño de controladores con algoritmos complejos para ser implementados de manera remota. (Sartorius et al., 2005)

(Andújar Márquez & Mateo Sanguino, 2010) presentan las características de un diseño de laboratorios de acceso remoto con control de sistemas físicos por medio de instrumentos virtuales, aplicado a la enseñanza en Automática de la Universidad de Huelva, el cual tiene como objetivo principal, presentar un proyecto educativo y de investigación denominado: Laboratorio de Ensayo de Robots (LER), llevado a cabo por estudiantes y profesores de pregrado y posgrado. Presentando una metodología de desarrollo de software y hardware. En conclusión, se plantea una definición clara de los conceptos de instrumentos, desde un laboratorio convencional hasta un laboratorio virtual, pero pasando por un laboratorio remoto y que, además, se construyó una plataforma robótica multipropósito para las practicas reales de Automática.

## 1.6. OBJETIVOS

### 1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el prototipo del laboratorio de automatización para ser utilizado de manera remota en la Universidad Cooperativa de Colombia.

### 1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las asignaturas que tienen en su contenido laboratorios de automatización de los programas académicos de la facultad de ingeniería de la sede bogotá.
- Determinar el laboratorio a realizar y sus requerimientos.
- Diseñar el laboratorio seleccionado de acuerdo con su infraestructura.
- Desarrollar el prototipo del laboratorio de automatización para ser utilizado manera remota por estudiantes y profesores.

- Validar el funcionamiento y conectividad del prototipo.

## 1.7. METODOLOGÍA

Algunos estudios sobre la implementación de laboratorios remotos dan a conocer la importancia que significan y los beneficios que estos representan para toda la comunidad académica.(N Aliane, 2008)(Ronald, 2010)(Andújar Márquez & Mateo Sanguino, 2010) Por esta razón, se inicia con el desarrollo de la investigación la cual va a hacer documentada con los modelos y características del prototipo intermediario que permitirá establecer una conexión remota con el laboratorio de automatización, este tipo de comunicaciones a distancia requieren de una estructura que comprende una infraestructura física, desarrollo conceptual, una plataforma virtual interactiva, mecanismos de administración y seguridad, y métodos de evaluación.(Luro et al., n.d.)(Riman et al., 2011)(Kazmierkowski & Liserre, 2008)

Para el presente documento de investigación (Diseño de un prototipo de laboratorio remoto para ser implementado en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Bogotá) se desarrolla a partir de una investigación descriptiva. Este método nos permite estudiar un conjunto de procesos prácticos y lógicos (*METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA - Roberto Hernandez Sampieri - Google Libros, n.d.*), los cuales van a permitir un acercamiento más eficiente con el diseño del prototipo de laboratorio remoto. Con un enfoque cualitativo podemos analizar y determinar la cantidad de programas académicos y cantidad de estudiantes, la cual determina la práctica de laboratorio más adecuada para diseñar el laboratorio remoto. Con el diseño experimental se realizan pruebas de calidad de desarrollo de software para la plataforma de acceso al laboratorio, pruebas de conectividad entre software y el diseño de hardware (equipos de cómputo, servidor, Cámaras web, Dispositivo de impresión 3D) por último se realizarán pruebas de interconexión de red entre el usuario y el laboratorio.

A continuación, se describen tres fases del proyecto que permitirán desarrollar los objetivos propuesto en la investigación:

- 1) Diseño de software y hardware.
- 2) Diseño de red para la interconexión del laboratorio remoto.

### 1.7.1. Variables o categorías

Para el desarrollo de esta investigación se definieron tres diferentes variables en las cuales se identificaron recursos, actividades, roles, tipos y capacidades, estas categorías de análisis son:

Desarrollo de plataforma Virtual. Teniendo en cuenta de que es una variable dependiente podemos construirla a partir de diferentes lenguajes de programación, la plataforma virtual genera una mejor interacción entre usuario y máquina.

Seguridad de red. A partir de diferentes protocolos de red se pretende establecer una comunicación segura y estable para proteger la confiabilidad entre el usuario y el laboratorio.

Servidores almacenamiento de datos. Permite almacenar información personal de los usuarios que intenten ingresar al laboratorio remoto donde se establecerán protocolos de seguridad en el tratamiento de la información.

De igual forma, se establecieron criterios de inclusión y exclusión basados en los estudios de investigaciones en donde se evalúa el impacto del laboratorio remoto. Esto con el fin de tener más claridad y definir los propósitos, ventajas y limitaciones en los métodos de recolección de la información. Se definieron los siguientes criterios:

#### Criterio de Inclusión:

- Estudios publicados y en proceso de publicación contemplados entre el año 1995 - 2021.
- Estudio e investigaciones en donde se realizan intervenciones para laboratorios remotos.
- Artículos de investigación en español e inglés, libros, ponencias en congresos nacionales e internacionales.
- Estudios que describan aspectos generales de protocolos de interconexiones remota.
- Estudios que reportan ventajas, desventajas, posibilidades, limitaciones, características, usos, desafíos y efectividad de laboratorios remotos.

#### Criterios de Exclusión:

- Estudios que no estén relacionados con la temática.
- Búsqueda en blogs y paginas no confiables.

#### 1.7.2. Hipótesis o supuestos.

El desarrollo de un prototipo orientado a la interconexión remota permitirá a estudiantes y profesores mejorar sus condiciones educativas en cuanto a sus prácticas de laboratorio.

#### 1.7.3. Participantes (población y muestra)

El Proyecto de investigación se desarrolla en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Bogotá, el cual está diseñado para que los estudiantes y profesores de los programas de ingeniería Industrial, Electrónica, Sistemas y programas a afines implementen y resuelvan sus prácticas de laboratorio. Además, este laboratorio cuenta con equipos y herramientas tecnológicas robustas que impulsan al progreso de estudios de investigación.

El laboratorio de Automatización de la universidad Cooperativa de Colombia sede Bogotá, Cuenta con una población aproximadamente de ciento veintisiete (127) Estudiantes y un aproximado de diez (10) profesores. La muestra objetivo de estudio y con la cual se realizó la prueba, estuvo conformado por los estudiantes de los programas de ingeniería electrónica, ingeniería industrial. El tamaño de la muestra estuvo conformado por cien (100) estudiantes y (10) profesores que imparten un total de 10 cursos y un promedio de 12 prácticas de laboratorio por semestre.

#### 1.7.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para la recolección de la información en este proyecto de investigación se empleó la técnica documental. La técnica documental permitió la revisión y análisis bibliográfico consultando libros, artículos, tesis de grado, revistas, revisión del plan de estudio institucional, páginas web para la reconstrucción conceptual y teórica del problema.

Para el adecuado y estricto análisis de la información se realizó una búsqueda detallada en las bases de datos IEE Explorer, Scielo, Google académico, Scopus y proquest. Utilizando los siguientes criterios de búsqueda: año de publicación, tipo de documento (artículos, Libros, revistas) Conferencias, Autores, categorías de artículos, País de publicación.

Para el almacenamiento y distribución de información se plantea usar diferentes medios tecnológicos en la web, especialmente plataformas en la nube, que permitan un fácil acceso y manipulación de documentos, entre los involucrados en el proyecto de investigación.

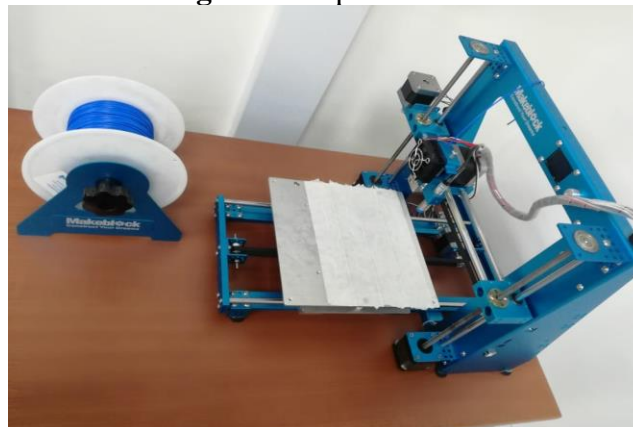
#### 1.7.5. Procedimiento analítico.

##### 1.7.5.1. Impresora 3D

Este prototipo de laboratorio remoto está basado en el uso del dispositivo de impresión 3D que se encuentra físicamente en el laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Bogotá; donde se realizan distintas prácticas de laboratorio de diferentes programas académicos.

La impresora 3D que se muestra en la Figura 1, la cual cuenta con una fuente abierta, una estructura estable y concisa con marco de aluminio Prusa i3 y un diseño con visualización OLED con base móvil; desde la parte eléctrica contiene una RAMPS 1.4 y un Shield 2560 que trabajan de manera conjunta y compatible, programada por el software Cura. Este dispositivo realiza impresiones en 3D de alta calidad y precisión extrema, ya que está configurada con una resolución XY de 0.1 mm, resolución de capa de 0.1 a 0.3 mm, permitiendo crear prototipos Art Craft, modelos de impresión, esculturas y hasta juguetes.

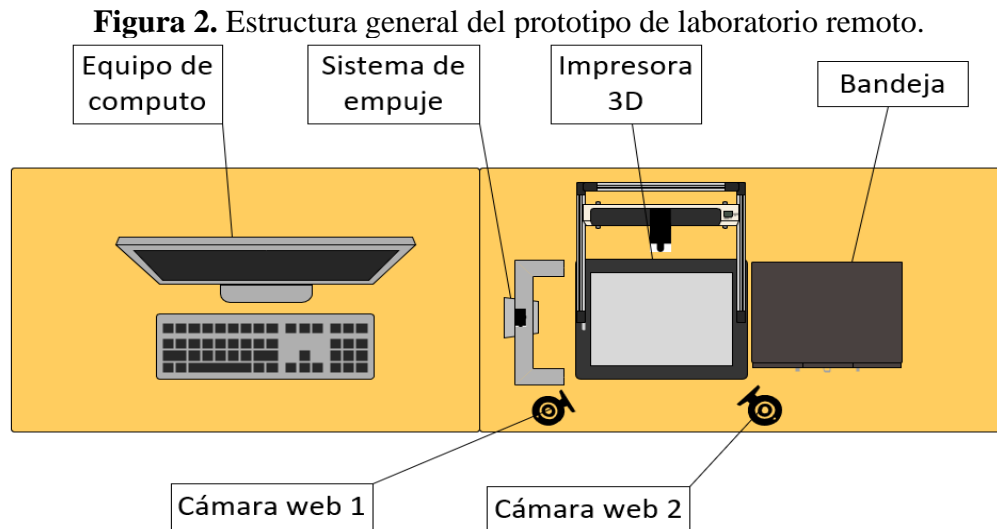
**Figura 1.** Impresora 3D.



Fuente: los autores.

### 1.7.5.2. Prototipo de laboratorio remoto de impresión 3D

La estructura del prototipo del laboratorio remoto de impresión 3D que se diseñó se muestra en la Figura 2, conformado por un equipo de cómputo al cual el usuario se conecta de manera remota por el aplicativo diseñado y desde donde se programa la impresora 3D con el software Cura, un sistema de empuje que se activa de manera autónoma para retirar de la impresora los objetos que allí queden una vez finalice la impresión, dos cámaras web para visualizar desde diferentes ángulos el objeto que se esté imprimiendo, y una bandeja para almacenar todos los objetos que se impriman en el momento.

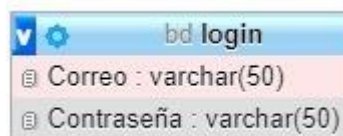


Fuente: los autores.

### 1.7.5.3. Programación de la base de datos.

Para el desarrollo del software el cual se va a implementar en el laboratorio de automatización, se inició con la creación de la base de datos para almacenar la información de los estudiantes y docentes que van a ingresar a realizar alguna práctica de laboratorio como se muestra en la Figura 3. En el software XAMPP CONTROL PANEL. (Gómez Rodríguez, 2017) se habilitan los módulos mysql y Apache para tener comunicación a la base de datos y de esta manera acceder a la configuración y creación de las tablas.

**Figura 3.** Diseño de la base de datos de inicio de sesión.



Fuente: los autores.

Una vez configurado estos servicios, se observa el puerto por el cual se está habilitado, para así poder acceder al Localhost de phpmyadmin (Said et al., 2015), donde se creó la base de

datos en la cual se almacena la información personal de todos los usuarios al momento de registrarse para reservar las prácticas de laboratorio como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.** Diseño de la base de datos de registro.



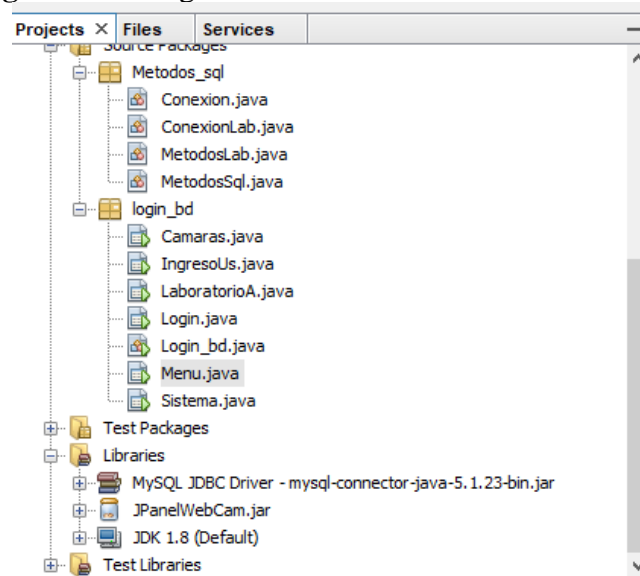
Column Name	Data Type
Nombre	varchar(50)
Apellido	varchar(50)
Correo	varchar(50)
Contraseña	varchar(50)

Fuente: los autores.

#### 1.7.5.4. Programación de la interfaz de interconexión

La interfaz y la conexión se construyó por parte del software NETBEANS (Oslo, n.d.), en el cual se implementa una gran parte del programa, ya que es de donde se programó la interconexión de los dispositivos y la conexión a la base de datos como se muestra en la Figura 5, donde se agregó la librería con su conector de mysql para tener comunicación con la base de datos creada, adicionalmente se pasa a la construcción de la interfaz del sistema de registro; también se agregó la librería jpanelwebcam para la interconexión de las cámaras web y el complemento JDK para que la aplicación se ejecute cada vez que el usuario quiera ingresar al laboratorio remoto (González, 2015).

**Figura 5.** Configuración de la interfaz de interconexión.



Fuente: los autores.

#### 1.7.5.5. Conexión de los dispositivos

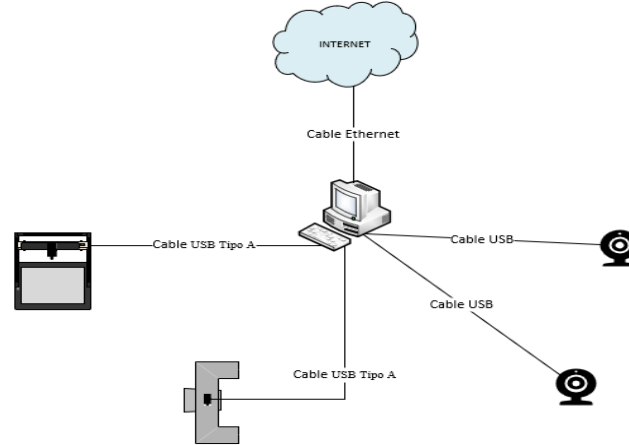
El esquema general de conexión de los diferentes dispositivos del prototipo del laboratorio remoto de impresión 3D se muestra en la Figura 8, los cuales están conectados de la siguiente



manera: las dos cámaras web se conectan por cable USB, la impresora 3D se conecta por medio de un cable USB Tipo A, así como también se conecta el sistema de empuje por medio del cable USB Tipo A.

Todos los tres 4 dispositivos (impresora 3D, sistema de empuje y las dos cámaras web) se conectan al mismo equipo de cómputo, ya que desde este computador los profesores y estudiantes se conectan de manera remota para realizar la práctica en la impresora 3D, y al mismo tiempo pueden observar desde las dos cámaras web lo que se está imprimiendo. Finalmente, este computador se conecta a internet por medio de un cable ethernet que va dirigido desde el servidor por el proveedor de servicio de la universidad.

**Figura 6.** Esquema general de conexión.

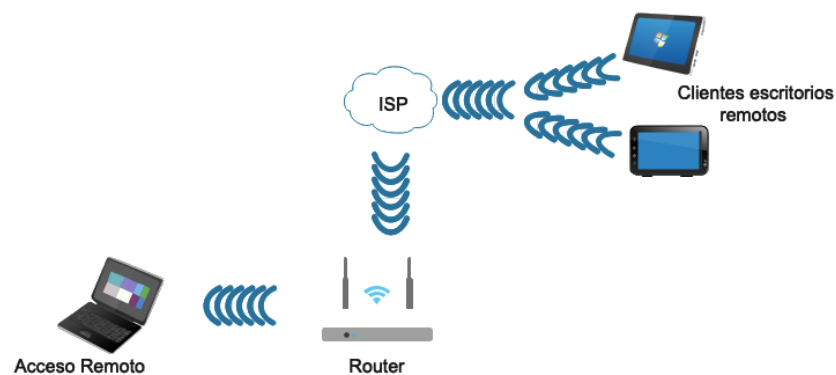


Fuente: los autores

#### 1.7.5.6. Diseño de red

Por medio de un proveedor de servicio a internet se pretende interconectar clientes a través de dispositivos como Tablet, Celulares, Portátiles entre otros. Los cuales van a solicitar acceso remoto al equipo de cómputo destino que es administrado por un router local, que interconectará de manera inalámbrica o por medio de un cable ethernet una conexión estable y segura para los usuarios (Carreño et al., 2021).

**Figura 7.** Topología de Conexión remota



Fuente: los autores

### 1.7.6. Consideraciones éticas:

En el desarrollo de la investigación se solicitó autorización de información detallada de los programas académicos y equipos de trabajo con los que cuenta en laboratorio de automatización. Ante el área de Ambientes prácticos de aprendizaje (APA), dentro de la Universidad Cooperativa de Colombia.

Los conceptos consignados en este documento final han sido tomados de artículos, libros, memorias de seminarios y congresos, entre otras fuentes, las cuales han sido referenciadas debidamente en la sección de Referencias y Bibliografía.

### 1.8. RESULTADOS.

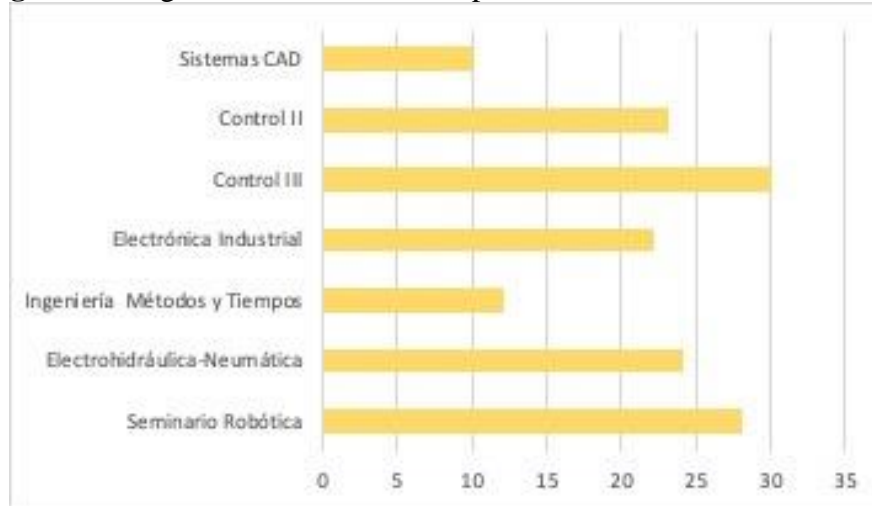
Como resultado del diseño de un prototipo de laboratorio remoto de impresión 3D, inicialmente se muestra el estudio y recolección de información realizado, con el fin de establecer el tipo de practica de laboratorio que se implementó en el prototipo de laboratorio remoto, relacionadas en la Tabla 1, partiendo de la cantidad de cursos y programas académicos que realizan prácticas de laboratorio, el número de estudiantes, el número de prácticas y la cantidad de equipos que se utilizan en las prácticas del laboratorio de automatización de la Universidad Cooperativa de Colombia (Bernal et al., 2021).

**Tabla 1.** Datos del laboratorio de automatización.

Nombre del Curso	Programa Académico	Total Estudiantes	Total Prácticas	Equipos de Laboratorio
Seminario Robótica	Ingeniería Electrónica	9	28	Brazo Robótico
Electrohidráulica - Neumática	Ingeniería Electrónica	6	24	Módulo de electroneumática Banco de neumática
Ingeniería Métodos y Tiempos	Ingeniería Industrial	15	12	Banco de control de calidad Banco de corte Banda transportadora
Electrónica Industrial	Ingeniería Electrónica	8	22	Puesto de trabajo PLC Módulo de electroneumática
Control III	Ingeniería Electrónica	22	30	Puesto de trabajo Modulo Quanser
Control II	Ingeniería Electrónica	9	23	Puesto de trabajo Modulo Quanser
Sistemas CAD	Ingeniería Industrial	16	10	Impresora 3D

Fuente: los autores.

**Figura 8.** Diagrama de la cantidad de prácticas realizadas en cada curso.



Fuente: los autores.

De la misma manera, se demuestra como resultado del proyecto el funcionamiento del aplicativo para la interconexión y uso del prototipo de laboratorio remoto, explicado paso a paso para el registro, uso y reserva de la práctica de laboratorio.

#### 1.8.1. Menú de acceso:

**Figura 9.** Menú de acceso.



Fuente: los autores.

Se proporcionan dos accesos en el menú de acceso como se muestra en la Figura 8, siendo este el menú principal al cual accederá inicialmente el profesor o estudiante. En la Figura 9 se muestra el primero acceso para el registro del usuario, en el caso de no tener usuario y contraseña para ingresar, en esta opción se solicita una serie de datos personales que se almacenará en la base de datos creada una vez proporciona la información; el segundo acceso conlleva al inicio de sesión como se muestra en la Figura 10, una vez registrado, el sistema solicitará el correo y la contraseña que se registró para poder acceder al laboratorio remoto.

**Figura 10.** Ventana de registro.

The screenshot shows a registration form with the following fields and buttons:

- REGISTRO DE USUARIOS** (Title)
- NOMBRE:**
- APELLIDO:**
- CORREO:**
- CONTRASEÑA:**
- GUARDAR** (Button)
- REGRESAR** (Button)

Fuente: los autores.

**Figura 11.** Ventana de inicio de sesión.

The screenshot shows a login form with the following fields and buttons:

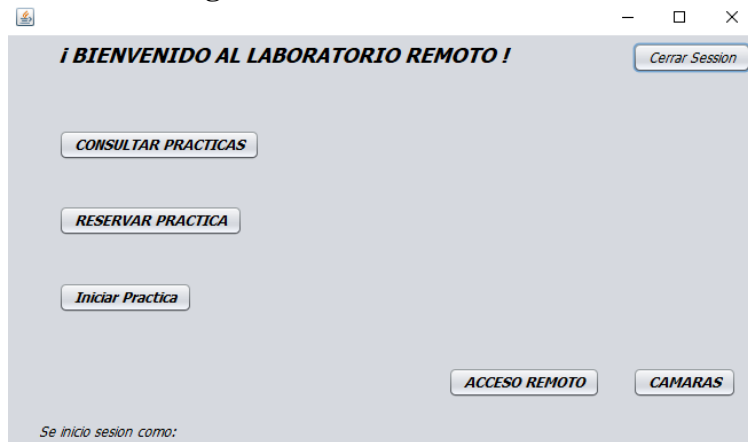
- INICIAR SESION** (Title)
- CORREO:**
- CONTRASEÑA:**
- ACEPTAR** (Button)
- REGRESAR** (Button)

Fuente: los autores.

### 1.8.2. Menú del laboratorio:

Después de haber realizado el proceso de registro y acceso, el usuario encontrará en la siguiente interfaz el menú que se muestra en la Figura 11, donde podrá consultar las prácticas reservadas, allí encontrará el nombre del usuario que ya reservó, la hora y la fecha en la que tiene programada la práctica; así como también, en este modo el estuante o docente puede reservar las prácticas que sean necesarias, teniendo en cuenta las reservas realizadas por otros usuarios para no tener algún cruce con otra practica; por ultimo puede iniciar la práctica programada.

**Figura 12.** Menú del laboratorio



Fuente: los autores.

Al momento de ingresar a reservar las practicas a desarrollar, el sistema solicita una serie de datos personales como se muestra en la Figura 12 como son: el nombre del estudiante o docente, hora y fecha para llevar a cabo la práctica y el tipo de práctica a implementar junto con la contraseña con la cual ingreso al sistema.

**Figura 13.** Ventana para reservar la práctica.

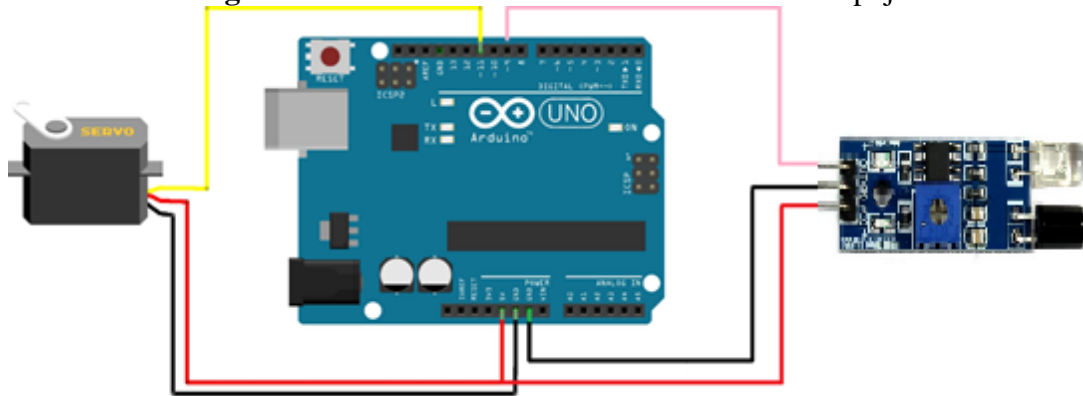
The image shows a form titled "INGRESE SU DATOS PARA RESERVAR SU PRACTICA". It contains several input fields: "NOMBRE Y APELLIDO:" with a text box, "CONTRASEÑA:" with a text box, "PRACTICA:" with a dropdown menu showing "Impresora 3D", "Hora:" with a text box, and "Fecha:" with a text box. At the bottom right, there are two buttons: "GUARDAR" and "REGRESAR".

Fuente: los autores.

### 1.8.3. Sistema de empuje:

El sistema de empuje es una implementación mecánica básica que se diseñó con el fin retirar o quitar de la base de la impresora 3D el objeto o pieza hecha; permitiéndole al estudiante o profesor seguir utilizando la impresora de manera inmediata. El mecanismo trabaja bajo una sencilla conexión electrónica entre una tarjeta de Arduino, un servomotor y un sensor detector de obstáculo como se muestra en la figura 13. Su funcionamiento es activar el servomotor en el momento que el sensor detecta que la base de la impresora 3D se corre hacia adelante al terminar de imprimir, de esta manera, el servomotor hace mover el pistón dentro del sistema de empuje para retirar el objeto en la impresora 3D.

**Figura 14.** Conexión electrónica del sistema de empuje.

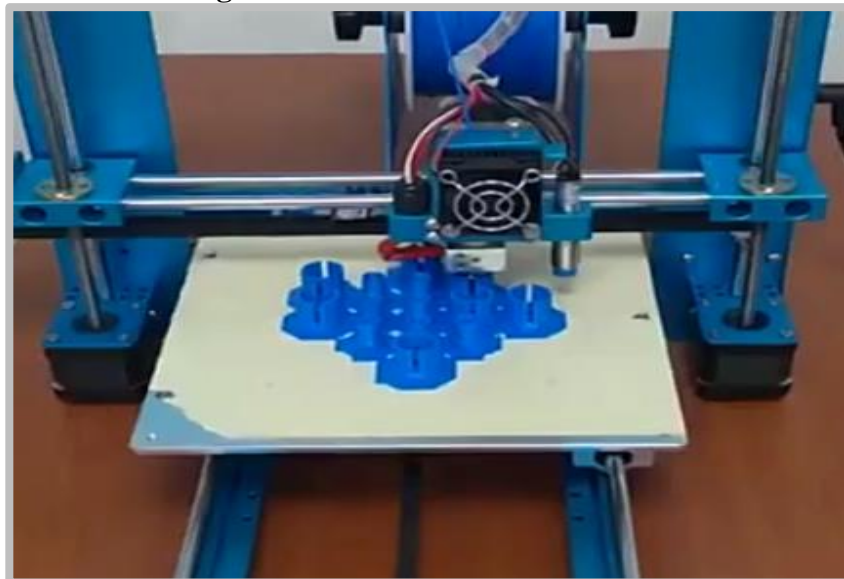


Fuente: los autores.

#### 1.8.4. Inicio de la práctica:

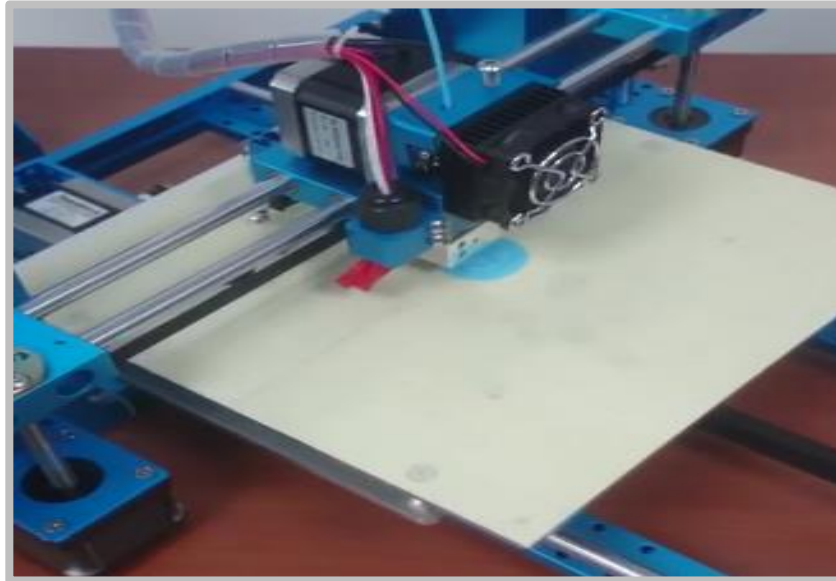
Una vez hecha la reserva y se inicie la práctica, el aplicativo le permitirá al profesor o estudiante el acceso al laboratorio remoto donde se podrá encontrar acceso a las cámaras web como se muestra en la Figura 13 y en la Figura 14. En la otra opción del menú del laboratorio se puede acceder al acceso remoto para interconectarse con el computador del laboratorio, donde puede programar la impresora con el programa Cura y así finalmente poder realizar la práctica desde el prototipo de laboratorio remoto, como se muestra en la Figura 15.

**Figura 15.** Ventana de cámara web 1.



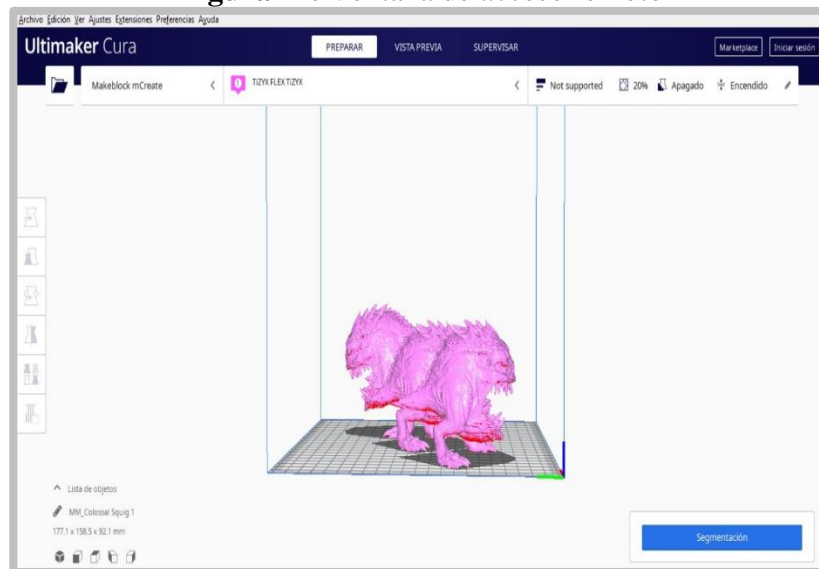
Fuente: los autores.

**Figura 16.** Ventana de cámara web 2.



Fuente: los autores.

**Figura 17.** Ventana de acceso remoto



Fuente: los autores

## 1.9. DISCUSIÓN

La disposición de laboratorios presenciales para los estudiantes de ingeniería se ha convertido en un gran problema al momento de desarrollar sus prácticas de laboratorio, esto debido a que los tiempos de prácticas libres son limitados y el cruce entre clases programadas dificultan aún más el libre desarrollo de investigaciones, por tal motivo los laboratorios remotos brindan la posibilidad de elegir el tipo de prácticas a desarrollar para integrar el aprendizaje teórico-práctico, incorporando nuevas estrategias de enseñanza para que el estudiante interactúe de manera real con los equipos de laboratorio.

Los costos de implementación de laboratorios presenciales pueden disminuirse aplicando

técnicas de integración por medio de plataformas de desarrollo de software, permitiendo integrar los laboratorios remotos no solo a instituciones educativas sino también a la sociedad, esto fomentaría posibles alianzas entre universidades donde no solo sería un beneficio de estudiantes de educación superior si no de estudiantes de educación media y baja. Es decir, los laboratorios remotos pueden ser vistos como una herramienta para la solidaridad educativa en el mundo.

#### 1.10. CONCLUSIONES

Se plantea diferentes tipos de análisis como identificación de prácticas, índice de aforo de estudiantes, estadísticas de uso e identificación de los programas académicos que emplean mayor parte del tiempo de manera presencial en el laboratorio de automatización; lo cual permitirá delimitar de una mejor manera el alcance del proyecto, establecer objetivos más precisos y concluir con un buen trabajo de maestría.

Los costos de adecuación de laboratorios presenciales pueden ser excesivos si los comparamos con la implementación de laboratorios remotos, el cual permite integrar varios ambientes prácticos de aprendizaje por medio de plataformas de desarrollo de software, facilitando el uso de los equipos de laboratorio y optimizando en gastos de infraestructura física.

Los laboratorios remotos generan un aprendizaje teórico-práctico más integral, incorporando nuevas estrategias de enseñanza para que el usuario interactúe de manera real con los equipos del laboratorio sin tener que estar de manera presencial en las instalaciones de la universidad, eliminando tiempos de desplazamiento e incentivando al buen uso del tiempo libre de los estudiantes.

El diseño de este prototipo de laboratorio remoto de impresión 3D permitirá que investigadores, profesores y estudiantes de los 12 campus de la Universidad Cooperativa de Colombia a nivel nacional, donde hace presencia la facultad de ingeniería, puedan hacer uso de este dispositivo desde sus viviendas o desde cualquier seccional, sede o centro de extensión de la universidad; generando.

El uso del laboratorio remoto, enfocado en este caso al manejo de la impresora 3D, les ofrece a los estudiantes de la Universidad Cooperativa de Colombia desarrollar y alcanzar con mayor esmero las competencias del curso de sistemas CAD o de cualquier otro, fortaleciendo la formación académica e investigativa para la ejecución de proyectos e innovación.

#### 1.11. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Aliane, N. (2008). Limitaciones pedagógicas de los laboratorios remotos de control. *Actas de Las XXIX Jornadas de Automática. Tarragona, España, June*. All Papers/A/Aliane 2008 - Limitaciones pedagógicas de los laboratorios remotos de control.pdf
- Aliane, Nourdine, Fernández, J., & Martínez, A. (2007). *Un Laboratorio de Ingeniería de Control*



*Basado en Internet An Internet-Based Control Engineering Laboratory. 18.*

- Andújar Márquez, J. M., & Mateo Sanguino, T. J. (2010). Diseño de laboratorios virtuales y/o remotos. Un caso práctico. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 7(1), 64–72. <https://doi.org/10.4995/RIAI.2010.01.06>
- Bernal, B., Amaya, C., Perdomo, J., & Simanca, F. (2021). *Design of a remote 3D printing laboratory prototype to be implemented at the Universidad Cooperativa de Colombia*. 12(10), 7687–7696.
- Carreño, P. E. H., Ortega, A. C., Simanca, F. A. H., Blanco, F. G., & Diago, V. O. (2021). *Impact Of The Electric Field And Equipotential Lines Remote Laboratory As A Tool To Support Inclusive Education*. 58, 6447–6453.
- de la Cruz F., F., Díaz-Granados, M., Zerpa, S., & Giménez, D. (2010). Web-LABAI: Laboratorio remoto de automatización industrial. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 7(1), 101–106. <https://doi.org/10.4995/RIAI.2010.01.10>
- Di Stefano, A., Fazzino, F., Lo Bello, L., & Mirabella, O. (1997). Virtual Lab: A Java application for distance learning. *IEEE Symposium on Emerging Technologies & Factory Automation, ETFA*, 93–98. <https://doi.org/10.1109/etfa.1997.616250>
- García-zubía, J., López-de-ipiña, D., & Orduña, P. (2005). Evolving towards better architectures for remote laboratories: a practical case. *International Journal of Online Engineering (IJOE)*, 1(2).
- Garcia-Zubia, J., Orduña, P., Saenz Ruiz de Velasco, J. M., Jacob Taquet, I., Diaz-Labrador, J., & Oliver Bernal, J. (2007). *Análisis de tecnologías sw para laboratorios remotos*.
- Gómez Rodríguez, J. F. (2017). Implementación de aplicación web con acceso a base de datos para manejo de inventario de la empresa Orange Business Services Colombia S.A. *Implementación de Aplicación Web Con Acceso a Base de Datos Para Manejo de Inventario de La Empresa Orange Business Services Colombia S.A.* <https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.02283>
- González, M. (2015). Herramienta de Desarrollo Netbeans. *Universidad Del Norte*, 5. [https://www.consultorjava.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/herramienta\\_desarrollo\\_netbeans.pdf](https://www.consultorjava.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/herramienta_desarrollo_netbeans.pdf) [http://www.consultorjava.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/herramienta\\_desarrollo\\_netbeans.pdf](http://www.consultorjava.com/wp/wp-content/uploads/2015/09/herramienta_desarrollo_netbeans.pdf)
- Kazmierkowski, M., & Liserre, M. (2008). Advances on Remote Laboratories and e-Learning Experiences (Gomes, L. and Garcia-Zubia, J., Eds.) [Book News]. In *IEEE Industrial Electronics Magazine* (Vol. 2, Issue 2). <https://doi.org/10.1109/mie.2008.924851>
- Luro, F. L., Bertogna, L., Sánchez, L., Rodríguez, J., & Castillo, R. Del. (n.d.). *Infraestructura para laboratorios de acceso remoto*.
- Mar-Cornelio, O., Santana-Ching, I., & González-Gulín, J. (2019). Sistema de Laboratorios Remotos para la práctica de Ingeniería de Control. *Revista Científica*, 3(36), 356–366. <https://doi.org/10.14483/23448350.14893>
- Medina, A. P., Saba, G. H., Silva, J. H., & de Guevara Durán, E. L. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación En Ingeniería*, 24–30. <http://academiajournals.com/downloads/LorandiLabsEd11.pdf>
- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA** - Roberto Hernandez Sampieri - Google Libros. (n.d.). Retrieved May 2, 2021, from <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=5A2QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=roberto+hernandez+sampieri+metodologia+dela+investigacion&ots=TjTm0SUiJZ&sig=grKMQAqbha3aR1G48LrpIHxqDmA#v=onepage&q&f=false>

- Orduna, P., Zutin, D. G., Govaerts, S., Zorrozuza, I. L., Bailey, P. H., Sancristobal, E., Salzmann, C., Rodriguez-Gil, L., DeLong, K., Gillet, D., Castro, M., Lopez-De-Ipina, D., & Garcia-Zubia, J. (2015). An Extensible Architecture for the Integration of Remote and Virtual Laboratories in Public Learning Tools. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 10(4), 223–233. <https://doi.org/10.1109/RITA.2015.2486338>
- Oslo, M. De. (n.d.). *Manual de Oslo Manual de Oslo*. 1–44.
- Riman, C., Hajj, A. El, & Mougharbel, I. (2011). A Remote lab experiments improved model. *International Journal of Online Engineering*, 7(1), 37–39. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v7i1.1460>
- Rivera, L. F. Z., Larrondo-Petrie, M. M., & Da Silva, L. R. (2017). Implementation of cloud-based smart adaptive Remote Laboratories for education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2017-October*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190473>
- Rojas-Calero, A. (2012). *Propuesta Para La Implementación De Un Laboratorio De Acceso Remoto Usando Redes Definidas En Software*. 90.
- Ronald, Z. M. (2010). Laboratorios remotos Análisis características y su desarrollo como alternativa a la práctica en la Facultad de Ingeniería. *Inge-Cuc*, 6(1), 267–280.
- Ruiz Olaya, D., & Franco Mejía, E. (2015). Herramienta de emulación de sistemas dinámicos a través de internet. *Revista Tecnura*, 19(46), 103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a08>
- Said, Y., Enrique, J., & Patiño, L. (2015). Diseño y desarrollo de una base de datos SQL y aplicación web para la gestión. *Universitat Politecnica de Valencia*, 1–72. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/92593/SAID - Diseño y desarrollo de una base de datos SQL y aplicación web para la gestión.pdf?sequence=1>
- Sartorius, A. R. C., Luis Hernández, S., & Santonja, R. A. (2005). Laboratorio a distancia para la prueba y evaluación de controladores a través de internet. *Controle y Automacao*, 16(1), 84–92. <https://doi.org/10.1590/s0103-17592005000100010>
- Velosa-García, J. D., Castillo-García, F. J., Espíldora, E., & Cobo, L. (2017). Requerimientos para laboratorios híbridos en Ingeniería de Manufactura. *DYNA (Colombia)*, 84(203), 65–74. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.61495>
- Zuluaga López, M. M. (2011). *Diseño de un sistema de aprendizaje para un laboratorio remoto usando una metodología de Ingeniería . Un estudio de caso*. 104.