

# Diseño e implementación de metodología para la creación de laboratorios remotos de docencia: caso de estudio Sistema de Acondicionamiento de Aire

María García Buitrago, Adrián Martínez Pérez, Jhon Isaza Hurtado y Sebastián Vélez García

Facultad de Ingenierías - Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia

[mariagarcia@itm.edu.co](mailto:mariagarcia@itm.edu.co), [adrianmartinez@itm.edu.co](mailto:adrianmartinez@itm.edu.co), [jhonisaza@itm.edu.co](mailto:jhonisaza@itm.edu.co), [sebastianvelez@itm.edu.co](mailto:sebastianvelez@itm.edu.co)

**Resumen**— Las condiciones de pandemia han llevado a la educación a buscar formas alternativas de llegar a los estudiantes con un proceso formativo similar a las condiciones de la presencialidad. Existen muchas herramientas virtuales para el aprendizaje a través de aplicativos en red, pero estos medios no reemplazan la interacción con los equipos reales. Las herramientas tecnológicas deben ser exploradas a profundidad de tal forma que permitan generar una experiencia cercana con los equipos de laboratorio. Por esta razón, en este artículo se presenta un diseño de una propuesta metodológica con el objetivo de repotenciar laboratorios disponibles en instituciones universitarias, facilitando el acceso remoto a los dispositivos. Esta metodología integra la experiencia pedagógica y tecnológica de docentes y estudiantes y es implementada en un equipo de aire acondicionado del laboratorio de fluidos del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) de Medellín.

**Palabras clave**— Unidad de aire acondicionado, laboratorio remoto, práctica remota, virtual, plataforma digital.

Recibido: 28 de octubre de 2022. Revisado: 18 de enero de 2023. Aceptado: 27 de febrero de 2023.

## Design and implementation of methodology for the creation of remote teaching laboratories. Case Study Air Conditioning System

**Abstract**— The conditions of the pandemic have led education to seek alternative ways of reaching students with a training process similar face-to-face condition. There are many virtual tools for learning through web applications, but these means do not replace interaction with real teams. The technological tools must be explored in depth in such a way that they allow the generation of a close experience with the laboratory equipment. For this reason, this article presents a design of a methodological proposal with the object of repowering laboratories available in university institutions, facilitating remote access to devices. This methodology integrates the pedagogical and technological experience of teachers and students and is implemented in an air conditioning unit of the fluids laboratory of the Metropolitan Technological Institute (ITM) of Medellín.

**Keywords**— Air-conditioning unit, remote laboratory, remote practice, virtual, digital platform.

## 1 Introducción

La formación de estudiantes en los programas de ingeniería tiene un componente práctico importante que busca preparar al futuro egresado para enfrentar situaciones reales que se presentan en la industria. Estas prácticas involucran el trabajo con equipos reales, prácticas que además de requerir mucha inversión, tienen asociados costos de mantenimiento, administración y riesgos durante la manipulación. Hoy en día, las tecnologías de la información facilitan la formación en línea debido a que cada vez es más fácil el acceso a los equipos de forma remota; aprovechando esta potencialidad para fines académicos intentando reducir las múltiples desventajas presentadas por algunos autores [1] como pueden ser: las falacias del diálogo virtual, la información como sustituto de la formación, el debilitamiento de la comunidad educativa, la discriminación virtual y el internet como medio monopolio provocando la obsolescencia de otros medios. Algunas de estas desventajas se pueden solucionar a través de la participación conjunta de proyectos de investigación que involucren recursos tecnológicos y pedagógicos, de esta manera generar prácticas que lleven a resultados efectivos de aprendizaje.

Cuando se trata de prácticas de ingeniería, las instituciones tienen claro que las actividades formativas de este tipo de programas académicos requieren laboratorios especializados, a diferencia de programas académicos de formación analítica y teórica. Por esto, se ha despertado el interés de incluir los laboratorios remotos como una alternativa para el desarrollo de competencias más cercana a la presencial y con las ventajas ofrecidas por la virtualidad [2]. Además, respecto a la enseñanza en ingeniería es necesario implementar nuevos enfoques tecnológicos en el proceso enseñanza-aprendizaje, especialmente para el apoyo del aprendizaje en línea, en el cual se presenta un atraso relativo respecto a otras áreas del conocimiento, principalmente debido a la dificultad para el acceso a los simuladores virtuales de laboratorios [3].



El objetivo de la investigación fue diseñar una propuesta metodológica para repotenciar laboratorios disponibles en instituciones universitarias a partir de la implementación de laboratorios remotos, la cual es aplicada a un equipo de aire acondicionado. El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sesión 2 se presentan los antecedentes que dan cuenta del estado del arte, posteriormente en la sesión 3 se encuentra el marco conceptual y en la sesión 4 la metodología propuesta. Luego, en la sesión de resultados y análisis se presenta la implementación de la metodología. Finalmente se presentan conclusiones y referencias.

## 2 Antecedentes

Desde hace varios años se han generado diferentes investigaciones que buscan incorporar herramientas digitales para el desarrollo de prácticas para la formación académica profesional. En [4] se presenta un proyecto de laboratorio virtual que busca evitar la deserción temprana en programas de ingeniería, donde se evaluaron los aspectos motivacionales de los estudiantes frente al uso de la tecnología en el desarrollo de laboratorios simulados, demostrando la importancia de la organización previa de los contenidos a evaluar como ejercicio necesario para el aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación.

No sólo se han encontrado investigaciones propiamente dichas, sino que también se encuentra en la literatura, el abordaje de este tema a través de casos empíricos sobre la virtualización de los escenarios de práctica. Por ejemplo, en [5] se analizan los resultados del aprendizaje que generan los laboratorios virtuales y remotos frente a los tradicionales, demostrando que en el 89% de los estudios analizados el logro de los resultados de aprendizaje de los estudiantes con las prácticas virtuales o remotas es igual o mayor al logrado por los de las prácticas físicas. En el trabajo [5] se indica que con respecto a los laboratorios remotos estos son una práctica mucho más interactiva que no dista de la realidad, dado que muchos laboratorios físicos están mediados por un software de simulación y un hardware de computación para la adquisición de datos, haciendo que el laboratorio remoto se acerque mucho más a la experiencia vivida en la presencialidad, no obstante, invita a seguir estudiando modelos que puedan ser aplicados a diferentes niveles cognitivos.

Por otra parte, en [6] se presenta un análisis sobre el estado de los laboratorios remotos en temas de control y las grandes oportunidades para desarrollarlos, indicando que el desafío de los laboratorios remotos y virtuales está en lograr combinar ambos tipos de experiencias de tal forma que sean complementarias entre sí para alcanzar los resultados de aprendizaje. Autores como [7] consideran que la incorporación de las TIC en la educación no garantiza automáticamente la asimilación de las competencias declaradas en los cursos asociados, por lo que se hace indispensable un proceso sistemático e intencionado para la inclusión de herramientas como el laboratorio virtual en el proceso enseñanza-aprendizaje mediado por las TIC. Esto puede lograrse mediante el desarrollo

de prácticas estructuradas que faciliten el logro de las intencionalidades de formación esperadas.

Otro aspecto para tener en cuenta es el correcto diseño de experimentos y la adecuada selección de las variables a medir, manipular o controlar para desarrollar remotamente las competencias de aprendizaje propuestas [8], de tal forma que los estudiantes puedan tomar datos reales de equipos disponibles en un laboratorio físico.

La Universidad de Dortmund en Alemania desarrolló el programa ELLI (*Excellent Teaching and Learning in Engineering Science*), donde se empleó un brazo robótico usando el software Labview [9], para realizar ensayos de propiedades mecánicas de forma remota para una asignatura del programa de ingeniería mecánica, a través de dicha práctica ha logrado resultados exitosos medidos a través de una evaluación realizada anualmente durante seis años, donde participaron alrededor de 250 estudiantes, mostrando en los resultados de la evaluación una tendencia positiva respecto a la introducción de esta herramienta virtual remota.

Otros investigadores de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia desde el ámbito pedagógico se han sumado a presentar diseños nuevos para ambientes de aprendizaje [10], presentando un modelo para estos diseños que explican a través de cuatro componentes esenciales: el cognitivo, el comunicativo, el tecnológico y el pedagógico, así como las relaciones que se generan entre ellos.

En [11] el autor indica que es necesario tener un mayor panorama para evaluar los aprendizajes de los laboratorios remotos en diferentes disciplinas dentro de la educación superior. Lo cual indicaría la necesidad de ampliar las aplicaciones que permitan realizar evaluaciones del logro de los resultados de aprendizaje que una práctica de laboratorio facilita en los entornos remotos.

Actualmente, la enseñanza de la ingeniería genera nuevas tendencias que comienzan a ser reportadas en la literatura debido a que pueden influenciar la educación del futuro, si bien algunas de las estrategias propuestas son novedosas, otras se vienen trabajando hace algún tiempo y actualizan sus condiciones para adaptarse a la dinámica cambiante que implica el uso de las TIC en la educación. Entre las estrategias más importantes encontradas en la literatura y reportadas por varios autores [3], [5] se encuentra una gran variedad, tales como: Educación a Distancia, *E-Learning*, Realidad Virtual, Avatares, Realidad Aumentada, Sistemas Virtuales basados en dinámicas y educación inmersiva, entre otras, lo cual indica que se vienen grandes cambios a nivel educativo y que las instituciones tendrán una oportunidad importante con el uso de tecnologías y el internet de las cosas (IoT).

Considerando que los laboratorios en ingeniería buscan encontrar sentido a las teorías científicas al ser utilizadas para la explicación del mundo real, en esta investigación se utiliza la estrategia de laboratorio remoto como una posibilidad de generar contextos significativos para el aprendizaje [7], para lo cual se encontró que los alumnos desarrollan habilidades y destrezas que le permiten reconocer el entorno real de una forma más fácil.

Finalmente, la integración de laboratorios virtuales a los métodos de enseñanza tradicional, requieren de la permanente revisión de las guías de laboratorio, que se convierten en un insumo fundamental para la implementación de la estrategia [12].

Aunque en las investigaciones anteriores es evidente la implementación de diferentes laboratorios remotos, el diseño de modelos y la incursión de tecnologías digitales, aún no se presenta una metodología para implementar laboratorios remotos que combinen el uso de herramientas digitales que tienen los equipos incorporadas de fábrica con un hardware que involucra la implementación de controladores y sensores, que al comunicarse entre sí, permitan llevar a cabo las prácticas de laboratorio en ese equipo, pero sin problemas de temporalidad y desplazamientos que presenta la práctica presencial.

Dado esto, en este trabajo se presenta el diseño de una metodología para el desarrollo de un laboratorio remoto, la cual es validada hasta la etapa de programación y diseño de la interfaz gráfica con adquisición de datos en el equipo de aire acondicionado del laboratorio de fluidos del Instituto Tecnológico Metropolitano, dejando para futuros trabajos el desarrollo de prueba piloto a la comunidad estudiantil y con ello el análisis de resultados.

### 3 Marco Teórico o Conceptual

Esta investigación está enmarcada en dos marcos referenciales. El primero, en la enseñanza mediada por la virtualidad a partir del uso de laboratorios remotos y el segundo, son los aspectos teóricos que permiten una mejor comprensión del funcionamiento de un aire acondicionado a partir del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, como elemento sobre el cual se aplicará la metodología. A continuación, se presentan brevemente ambos marcos.

#### 3.1 Enseñanza mediada por la virtualidad usando laboratorios remotos

El término laboratorio remoto hace referencia a un experimento que puede ser controlado y monitorizado de forma no presencial desde una ubicación lejana al punto donde se realiza [13]. Entre las ventajas identificadas se encuentran la posibilidad de tener disponible el equipo en cualquier momento, la facilidad para acceder desde lugares apartados geográficamente, la oportunidad de repetir y analizar los resultados y sus implicaciones en el desarrollo de los resultados de aprendizaje y en caso de presentarse una falla o accidente en el equipo, se minimiza el riesgo de lesiones personales [6].

No obstante, es habitual que antes de realizarse la transición a laboratorios remotos, se haga inicialmente con laboratorios virtuales [14], lo anterior por la menor complejidad relativa de implementación de estos, si se les compara con los laboratorios remotos. Puesto que, en el caso de los laboratorios virtuales, ni siquiera es requerido un equipo de laboratorio como tal, pues el estudio del dispositivo se puede realizar por medio de simulaciones o a través de bases de datos de prácticas realizadas

de forma pretérita en el equipo, las cuales son procesadas con un equipo de cómputo al cual se puede acceder de forma remota. Finalmente, la implementación de los laboratorios remotos trae consigo a su vez unos mayores costos asociados, pues no solo será requerida la implementación de un software, sino que también se requerirá la implementación de un hardware asociado a los equipos de medida, controladores y actuadores, todos ellos capaces de comunicarse entre sí por medio de diversos tipos de señales y de modificar entonces de forma tangible el comportamiento del equipo físico.

Investigadores en [15] identificaron mediante un artículo de revisión, algunas de las características usuales de los laboratorios virtuales disponibles en este momento, encontrando común el uso de interfaces de usuario basados en versiones en red de *Labview frotend*.

Un laboratorio remoto puede estar compuesto de tres (3) componentes principales (Fig. 1): el equipo de laboratorio real con su instrumentación, la conexión a internet y la interfaz para comunicación usuario (estudiante)-equipo, estas partes se encuentran integradas por elementos intermedios necesarios para su funcionamiento.

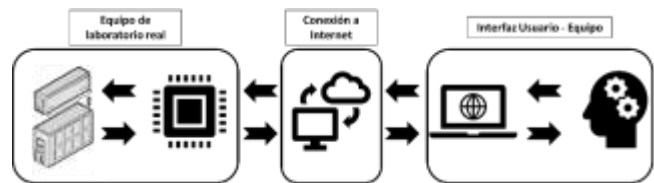


Figura 1. Componentes de laboratorios remotos.  
Fuente: Los autores

La definición de los componentes es presentada a continuación.

**Equipo de laboratorio real.** Se considera el centro del laboratorio remoto, debido a que contiene el dispositivo a manipular por parte del usuario para generar los datos de comportamiento por medio de sensores, luego se requiere un sistema para leer los datos generados y finalmente un microprocesador o dispositivo de control embebido que permita enviar la información necesaria para manipular el equipo.

**Conexión a internet.** Permite el flujo de información interfaz-máquina que está compuestos por sensores con el fin de garantizar una adecuada descripción del comportamiento del equipo, a un sistema de desarrollo embebido de código abierto y de bajo costo (Arduino), encargado de leer los datos que serán consultados. Para manipular el equipo se enviará la información al microprocesador o dispositivo de control embebido por medio de consultas HTTP, el cliente, el servidor, el sistema embebido donde se encuentran conectados los sensores y el posterior almacenamiento en la base de datos.

**Interfaz de usuario.** Utilizada para visualizar los valores de los sensores y graficas asociadas a las variables medidas en tiempo real, demás le permite al usuario desarrollar las tareas asociadas a la prueba de laboratorio a realizar al almacenar los datos generados. Se considera un desarrollo gráfico según el diseño. Se puede considerar como parte de este componente el

medio de acceso del usuario (estudiante), considerados como dispositivo que permite la conexión del estudiante con la interfaz, puede ser un PC, *tablet*, *Smartphone*, etc.

Los anteriores componentes están relacionados entre sí en función de diseñar una práctica remota, a través del uso de un lenguaje de programación, el uso de un *hardware* y unos dispositivos y sensores que permiten a los estudiantes obtener la misma información que obtendrían en las instalaciones del laboratorio, pero de forma remota.

### 3.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

El equipo de aire acondicionado intervenido en el laboratorio funciona cumpliendo un ciclo termodinámico de tipo cerrado, el cual contiene un refrigerante que tiene entre otras propiedades la capacidad de cambiar de estado absorbiendo y entregando calor a un espacio.

El ciclo ideal de refrigeración (Fig. 2), tiene componentes básicos para su funcionamiento que según [16] son: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. Estos componentes están acompañados de medidores y controles que le permite al sistema revisar las condiciones de trabajo del refrigerante que circula a través de dichos componentes.

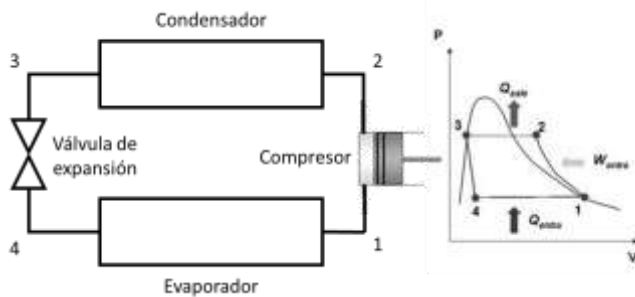


Figura 2. Ciclo ideal de refrigeración  
Fuente: [17].

La función del compresor consiste en elevar la presión del fluido refrigerante que viene del evaporador, con el fin de ayudarlo a circular de un medio de baja temperatura a un medio de alta temperatura, por lo que es necesario un aporte de energía exterior (eléctrica) para lograr su funcionamiento. El condensador y el evaporador son intercambiadores de calor, en los cuales el refrigerante pierde o gana calor y cambia su estado de vapor a líquido o viceversa. Por último, la válvula de expansión o tubo capilar es el elemento encargado de generar una caída de presión en el refrigerante y con ello una disminución en la temperatura que le permita absorber la energía de calor del espacio que se desea acondicionar [17].

El aire acondicionado utiliza una válvula de expansión termostática [18], que a través de un bulbo y tubo capilar que contiene líquido refrigerante en su interior, censa la temperatura a la salida del evaporador, al ponerse en contacto la tubería del condensador con el bulbo. El cambio de temperatura en el fluido refrigerante al estar confinado en un espacio limitado se convierte en una señal de presión que es transmitida al cuerpo

de la válvula para controlar la apertura o cierre para dosificar el refrigerante en función de la carga térmica que llega al equipo.

Los equipos de refrigeración son estudiados con base en los datos obtenidos de las variables termodinámica que intervienen durante el proceso [19], tales como flujo másico, temperatura y presión del refrigerante que son leídos en diferentes puntos del ciclo, tanto a la entrada y como a la salida de los componentes, y que permiten evaluar el ciclo termodinámico y analizar el funcionamiento del equipo.

Los datos de las variables termodinámicas reportadas por el equipo cambian a lo largo del día dependiendo la temperatura del sitio donde esté operando, de ahí la importancia de censar a través de diferentes dispositivos estos datos para posteriormente ser analizados, debido a que existe en la literatura suficiente información sobre el comportamiento de los refrigerantes, basta obtener los datos y en este caso de manera remota sería suficiente la información en tiempo real para proceder al cálculo de la eficiencia y realizar análisis del funcionamiento del aire acondicionado.

De acuerdo con el marco teórico y conceptual presentado anteriormente, en la siguiente sesión se presenta la metodología propuesta para la creación de laboratorios de docencia en ingeniería.

## 4 Metodología propuesta para la creación de laboratorios remotos de docencia

La metodología considerada para la creación de laboratorios remotos de docencia está compuesta de nueve pasos (Fig. 3). El primer paso es seleccionar un equipo para implementar la práctica remota. En esta selección se recomienda tener en cuenta la posibilidad de acceso remoto que ofrece el fabricante del equipo de tal manera que sea viable la implementación de una práctica remota.

El paso siguiente (Paso 2) es fundamental, esto debido a que es necesario revisar cuales son las actividades que realizan los estudiantes al intervenir el equipo físico y si las actividades se pueden llevar a cabo a distancia logrando el alcance de la práctica de laboratorio, esto permite al equipo investigador generar una experiencia que sea muy cercana a la real sin afectar el resultado de aprendizaje que se lograría en la presencialidad.

A partir del anterior análisis se procede a diseñar la guía de laboratorio (Paso 3), la cual deberá ser ajustada al final de la implementación del laboratorio remoto, con los procedimientos técnicos que le faciliten al estudiante entender cómo acceder al equipo de forma remota de modo que pueda manipularlo y monitorearlo.

En este momento se procede a realizar una búsqueda y selección detallada de dispositivos como sensores y actuadores que permitan la lectura y manipulación de las variables de forma remota, Paso 4, pero simultáneamente se deben consultar y seleccionar herramientas virtuales, entornos gráficos, tipos de acceso, costo, lenguajes de programación utilizado, plataformas, entre otras, dado que el avance de la tecnología entregará diferentes opciones al momento de aplicar la metodología. La opción seleccionada depende de la

intencionalidad pedagógica, es decir, brindar al estudiante la posibilidad de obtener los datos de la nube o simplemente permitirle el acceso durante el desarrollo de la práctica.

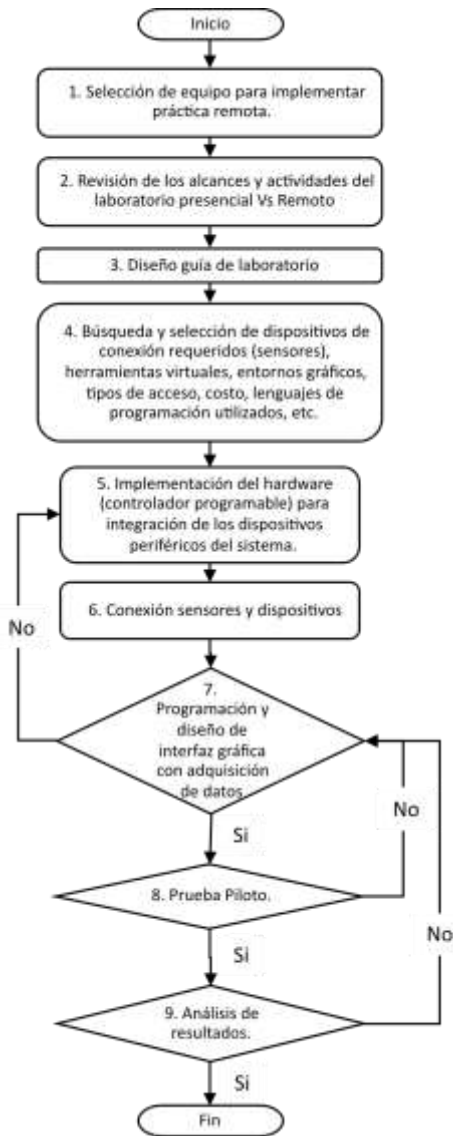


Figura 3. Diagrama de flujo para aplicar la metodología propuesta para la creación de laboratorios remotos de docencia  
Fuente: Los autores

De allí se procede con la implementación del hardware o controlador programable, Paso 5, que permite la integración física de los elementos periféricos seleccionados, Paso 6, en el cual se realiza la conexión de los equipos (sensores y dispositivos) previamente seleccionados, dando lugar al Paso 7 en el cual se desarrolla la programación y el diseño de la interfaz gráfica, así como la adquisición de datos. En este momento si la programación concuerda con lo planteado se puede seguir a los pasos siguientes. Por otro lado, de generarse una inconsistencia es necesario volver al Paso 5.

El Paso 8, busca realizar una prueba piloto con participación de los estudiantes, para verificar el apoyo que permite la guía de laboratorio diseñada para la práctica y los datos entregados en diferentes momentos de la experiencia al compararlos contra los datos del equipo, estas pruebas se realizarán inicialmente, desde el campus donde se encuentra el equipo instalado, luego desde diferentes estaciones de cómputo conectadas de forma individual, después desde puntos externos a la sede para probar la respuesta del sistema y su puesta a punto comparando los datos entregados con los reportados directamente en el equipo.

El paso anterior será implementado durante al menos dos semestres académicos y con ello revisar los logros del aprendizaje del laboratorio remoto contra la misma práctica realizada en el sitio físico del laboratorio, con lo que se procederá al Paso 9 donde se analizan los resultados. Sin embargo, en caso tal de que los pasos 8 y 9 no entreguen resultados satisfactorios, se hace necesario volver al Paso 7.

## 5 Resultados y análisis

En esta sesión se presenta la implementación de la metodología propuesta en la sesión anterior para el sistema de acondicionamiento de aire ubicado en el laboratorio de fluidos del ITM. Cada paso implementado es descrito a continuación:

**Paso 1.** Se selecciona el equipo de aire acondicionado del laboratorio (Fig. 4), debido a que cuenta con herramientas de comunicación incorporadas que facilitan acceder al equipo en forma remota a través de una aplicación suministrada por la fábrica. Este equipo es del tipo Invertir, marca MABE, modelo: MM12CDBWCCC8 que fue seleccionado para la implementación de la metodología.

**Paso 2.** Se revisa las actividades que son realizadas por los estudiantes durante la práctica con el equipo en físico. Al analizar las actividades se analizó que se basan en extraer datos de variables termodinámicas como presión, temperatura y otras, con las cuales los estudiantes realizan cálculos básicos de análisis de eficiencia y comportamiento del equipo a partir de los datos tomados y apoyándose en la información de textos académicos donde consultan las propiedades termodinámicas del refrigerante del equipo o el uso de software libre para el cálculo de estos. El procedimiento para llevar a cabo los cálculos será reportado en la guía de laboratorio. Esto permite inferir que, si se puede adquirir los datos del equipo en tiempo real, el estudiante podrá realizar las otras actividades que involucran el uso de los datos, cumpliendo el objetivo de la práctica.

**Paso 3.** Se procedió al diseño de la guía de laboratorio remoto, esta guía indica las variables a medir y como el estudiante con las mismas podrá alcanzar el logro de aprendizaje esperado de la práctica. En el paso dos, se identificó el alcance de la práctica teniendo como base lo que se hacía desde la presencialidad, por lo que se plantea una guía remota buscando obtener los mismos resultados que los logrados en la práctica presencial, esta guía se ajusta a los requerimientos técnicos delimitados que permiten indicar a los estudiantes cómo acceder al equipo y a la interfaz gráfica para la toma de

datos, además son planteadas respuestas a preguntas frecuentes que podrían realizar durante la práctica, cómo el que hacer si se le apaga el computador, dónde recuperar su clave, entre otras inquietudes que desde lo técnico se puede presentar en una intervención remota a un equipo. Por lo tanto, la guía deberá indicar cómo el estudiante accede al equipo desde la aplicación del fabricante y a la vez cómo se adquieren los datos en tiempo real necesarios para el análisis posterior del funcionamiento del equipo y que ha sido diseñado a partir de dispositivos conectados en el aire acondicionado, programados y a la vez conectados a un servidor.

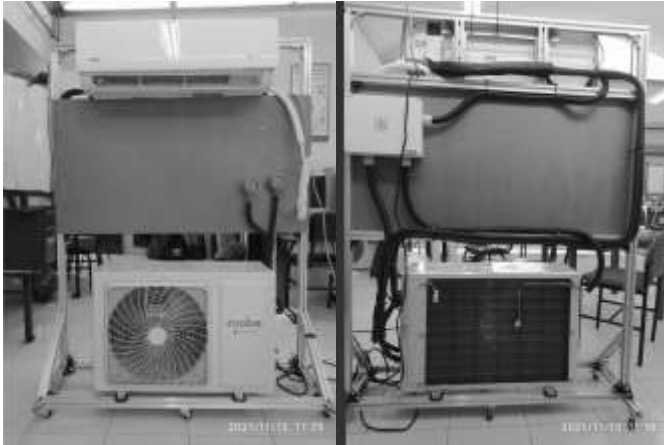


Figura 4. Aire acondicionado seleccionado para la implementación de la metodología. Vista Frontal (Izquierda), Vista Posterior (Derecha)  
Fuente: Los autores

**Paso 4.** Partiendo de lo anterior, se plantearon múltiples posibilidades para lograr la medición de las variables de forma remota, los instrumentos de medición, captura de datos requeridos y modelos de virtualización de tal forma que permitieran el diseño de la interfaz gráfica, además se concluyó que para la práctica no se requería almacenamiento de los datos, dado que estos se analizaban en el momento de la toma de datos de tal forma que cada estudiante que ingresara a manipular el equipo obtuviera sus propios reportes y no hubiera una experiencia igual.

Delimitado lo anterior y en concordancia con las dinámicas actuales en las cuales el Internet de las Cosas (IoT) permite realizar procesos de interconectividad de diferentes dispositivos para su manipulación de forma remota, diversas marcas han venido desarrollando tanto el hardware como el software que lo permiten, un claro ejemplo de ello es el módulo WIFI WG01F05478 comercializado por la empresa MABE® el cual a través de la aplicación “*Refreshing air - mabe*” le permite al usuario controlar su equipo de aire acondicionado remotamente. Sin embargo, en pro de garantizar la seguridad del usuario y evitar una manipulación del equipo sin una previa autorización, es necesario que el usuario posea una cuenta creada y haya ingresado a la misma.

Por otro lado, considerando que la cantidad de variables monitoreadas por un equipo de aire acondicionado de fábrica no permiten realizar un análisis termodinámico profundo de un

dispositivo de esta índole, se procedió con la selección de los dispositivos que entregaran los datos de medidas relacionadas con: presiones, temperaturas, humedades relativas y corriente consumida por el equipo, los cuales son descritos por medio de la primera columna de la Tabla 1. Adicionalmente allí también son indicados, el fluido refrigerante al cual se le realiza la respectiva medición, la ubicación del equipo en la cual se posiciona el sensor, su referencia y finalmente la designación de la señal para el desarrollo del programa que permite la lectura de dichas variables.

Para realizar la conexión de los sensores y dispositivos fue necesario intervenir el equipo de refrigeración, es decir, se retiró el refrigerante y luego de instalar los sensores se volvió a cargar el gas refrigerante.

**Paso 5.** Se diseñó y prototipó una placa de circuito impresa (*Shield*) para el acondicionamiento de señales de los sensores. El esquema eléctrico de conexión de sensores y tarjeta de control (Fig. 5), muestra la conexión de 8 sensores de temperatura (DS18B20), 4 transductores de presión (500 psi), 4 sensores de humedad relativa (DHT11 y DHT22) y un medidor de corriente del compresor (STC013), con respecto a la adquisición de datos se realizó por medio del puerto serial.

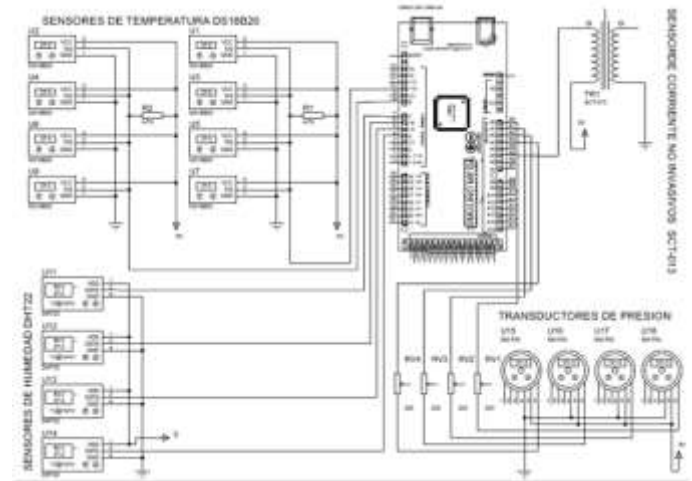


Figura 5. Esquema eléctrico de conexión de sensores y tarjeta de control. Elaboración utilizando Software Proteus 8.7  
Fuente: Los autores

Cada uno de los sensores, emplea un total de 3 conductores rojo, blanco y negro, dónde los conductores rojo y negro se encuentran conectados a los terminales Vcc y GND de la tarjeta Arduino respectivamente, para la cual se presenta el diseño y prototipo de la placa de circuito desarrollada para el acondicionamiento de señales de los sensores (Fig. 6). Finalmente, los conductores blancos representan cada una de las señales y llegan a los pines según tipo y numeración de las señales presentados en la Tabla 1 y representados en el esquema eléctrico de la Fig. 5.

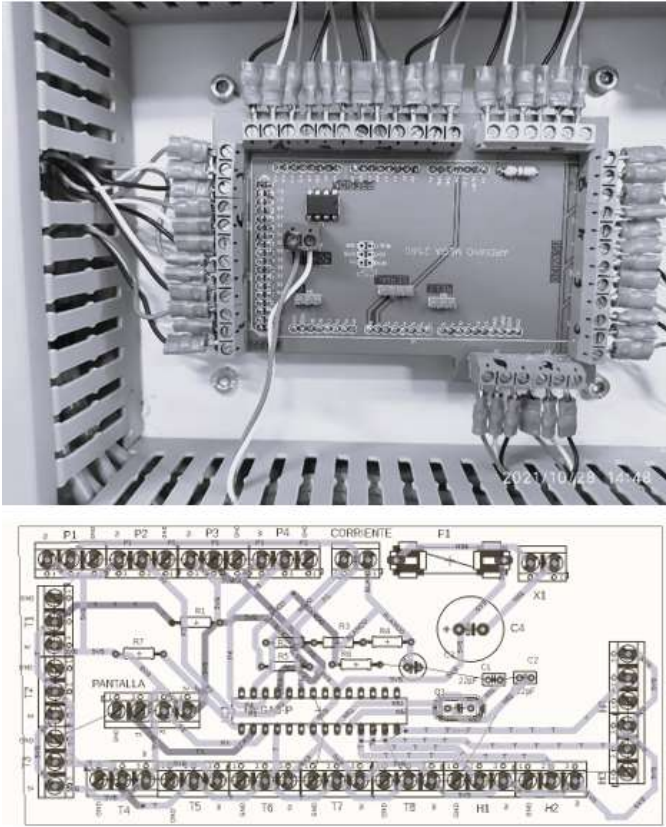


Figura 6. Prototipo (superior) y diseño (inferior) de la placa de circuito  
Fuente: Los autores

**Paso 6.** Se procedió a realizar la conexión de los sensores y dispositivos, la ubicación de ellos se indica en la Tabla 2.

Esquemáticamente el posicionamiento de los sensores en el equipo se muestra por medio de la Fig. 7.

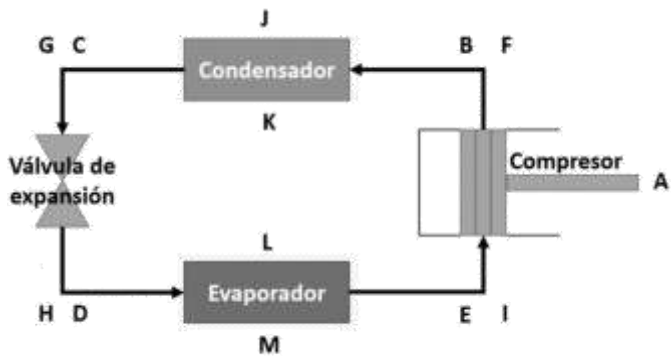


Figura 7. Ubicación esquemática de los sensores  
Fuente: Los autores

Tabla 1  
Sensores Seleccionados para Monitoreo de Variables del Aire Acondicionado

| Variable         | Fluido             | Ubicación del Sensor       | Sensor  | Numeración de las señales |     |
|------------------|--------------------|----------------------------|---|---------------------------|-----|
| Presión          | Refrigerante R410A | Entrada Compresor          | Transductor de presión tipo galga extensométrica de 500 PSI | A10                       |     |
|                  |                    | Salida Compresor           |   | A11                       |     |
|                  |                    | Entrada Válvula Expansión  |   | A12                       |     |
|                  |                    | Salida Válvula Expansión   |   | A13                       |     |
|                  |                    |                            |   |                           |     |
| Temperatura      | Refrigerante R410A | Entrada Compresor          | Sensor de Temperatura DS18B20                               | D12                       |     |
|                  |                    | Salida Compresor           |   | D13                       |     |
|                  |                    | Entrada Válvula Expansión  |   | D14                       |     |
|                  | Aire               |                            | Salida Válvula Expansión                                    |                           | D15 |
|                  |                    |                            | Entrada Evaporador  |                           | D16 |
|                  |                    |                            | Salida Evaporador   |                           | D17 |
|                  |                    |                            | Entrada Condensador   |                           | D18 |
|                  |                    |                            | Salida Condensador  |                           | D19 |
|                  |                    |                            |   |                           |     |
| Humedad relativa | Aire               | Entrada Evaporador         | Sensor de Humedad Relativa DHT22                            | D110                      |     |
|                  |                    | Salida Evaporador          |   | D111                      |     |
|                  |                    | Entrada Condensador        |   | D112                      |     |
|                  |                    | Salida Condensador         |   | D113                      |     |
|                  |                    |                            |   |                           |     |
| Corriente        | Eléctrico          | Entrada Aire Acondicionado | Sensor de corriente no invasivo SCT 013                     | A15<br>A16                |     |

Fuente: Los autores

Tabla 2  
Ubicación de Sensores en el Equipo de Aire Acondicionado

| Sensor                                  | Ubicación |
|---|-----------|
| Sensor de Corriente no Invasivos SCT013 | A         |
| Transductor de Presión de 500 psi       | B         |
| Transductor de Presión de 500 psi       | C         |
| Transductor de Presión de 500 psi       | D         |
| Transductor de Presión de 500 psi       | E         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | F         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | G         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | H         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | I         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | J         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | K         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | L         |
| Sensor de Temperatura DS18820           | M         |

Fuente: Los autores

**Paso 7.** El proceso de comunicación entre la tarjeta Arduino y la interfaz gráfica se desarrolló en Python 3.8 librería PYQT5, con respecto a la adquisición de datos y la comunicación en red, se empleó un módulo de comunicación WIFI *Haier* de referencia WIFI WG01F05478 y para la manipulación del punto de ajuste y activación del aire acondicionado, una tarjeta de control Arduino MEGA 2560 para la adquisición de datos.

Este proyecto utilizó el aplicativo propio del fabricante MABE *Refreshing Air* (Fig. 8), que permite realizar las funciones propias de un control remoto tradicional, solo que en este caso la transmisión de la información no se realiza de forma infrarroja, sino a través de una red wifi, para una comunicación bidireccional Equipo Aire Acondicionado – Nube – Dispositivo Móvil. Dentro de las funciones permitidas se encuentran: definición del *set point* de temperatura, oscilación de la aleta móvil, control de la velocidad de los ventiladores, modo del equipo y programación de los horarios de encendido y apagado, adicionalmente permite visualizar la temperatura del ambiente a acondicionar.

El diseño de la interfaz gráfica se realiza a través del software *QT designer 5*, permitió visualizar y almacenar los datos de los diferentes sensores (Fig. 9), encargados de la adquisición de datos de las medidas de variables termodinámicas de interés para la práctica de laboratorio remoto.

A través del módulo serial del Arduino MEGA 2560, se logra transferir la información captada por los sensores al equipo de cómputo que hará las veces de servidor.

La integración de la aplicación que proporciona el fabricante con el equipo de aire acondicionado acompañada con la aplicación diseñada para el ejercicio académico permite el acceso al equipo para contar con toda la información requerida y que sólo se obtenía en originalmente en sitio.



Figura 8. Interfaz aplicación MABE *Refreshing Air*. Pantalla principal (derecha), pantalla definición del *set point* de temperatura (izquierda). Fuente: Los autores.



Figura 9. Interfaz para el monitoreo y adquisición de datos de variables Fuente: Los autores

Hasta aquí, este trabajo presentó el desarrollo de la metodología para la implementación de un laboratorio remoto de docencia. El desarrollo posterior de los pasos 8 y 9 se dejan como trabajo futuro.

## 6 Conclusiones

En este artículo se presentó la implementación de una metodológica para repotenciar los laboratorios de docencia universitaria facilitando su acceso remoto con una planificación pedagógica apoyado en las posibilidades que hoy ofrece internet de las cosas (IoT) y el uso de las TIC para crear nuevas experiencias en la educación.

La metodología muestra una ruta clara para el desarrollo de laboratorios remotos que demuestra cómo es posible aprovechar los equipos de laboratorio disponible en las instituciones, transformando la práctica educativa.

Por otra parte, la guía de trabajo experimental es un instrumento que permite planificar pedagógicamente lo que se desea lograr en la práctica a través de la plataforma digital. Esta guía de laboratorio remoto fue otro resultado de este proyecto dado que es una hoja de ruta que da línea sobre los requerimientos a los que deberá responder la programación y la diagramación de la interfaz gráfica.

Tanto la herramienta como la metodología propuesta sirven de referente para ser escaladas a otros laboratorios o procesos, de esta manera, es posible promover la virtualización de programas de ingeniería con alto componente técnico.

Como trabajo futuro, se espera evaluar a través de indicadores de desempeño el tiempo de uso de la plataforma y los logros de aprendizaje por parte de los estudiantes que hacen su práctica remota y compararlo frente a los que hacen la práctica presencial.

## Referencias

- [1] L. Ralón, L. Vásquez y M. Vieta, «(De)formación en línea: acerca de las desventajas de la educación virtual.» *Científica de Comunicacin y Educacin*, vol. 11, n° 22, p. 171–176, 2004.
- [2] W. Y. Rojas y A. L. Fagua, «Remote and Virtual Laboratory: A Tool for Development in Engineering Practice.» *Ciencia, Innovación Tecnología*, vol. 1, n° 0, p. 71–80, 2013.
- [3] V. Potkonjak, M. Gardner, V. Callaghan, P. Mattila, C. Guetl, V. M. Petrović y K. Jovanović, «Virtual laboratories for education in science,



- technology, and engineering: A review.» *Computers and Education*, vol. 95, p. 309–327, 2016.
- [4] M. Carmen, N. Antonia, H. Fernando, M. Carmen, N. Antonia y H. Fernando, «El laboratorio virtual: una herramienta para afrontar el desgranamiento.» *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, p. 1–16, 2014.
- [5] J. R. Brinson, «Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research.» *Computers and Education*, vol. 87, p. 218–237, 2015.
- [6] R. Heradio, L. de La Torre, D. Galan, F. J. Cabrerizo, E. Herrera-Viedma y S. Dormido, «Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis.» *Computers and Education*, vol. 98, p. 14–38, 2016.
- [7] O. A. Vega, S. J. Londoño y S. Toro, «Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias.» *Ventana Informática*, vol. 2181, n° 35, p. 97–110, 2016.
- [8] A. Cardoso, V. Sousa y P. Gil, «Demonstration of a remote-control laboratory to support teaching in control engineering subjects.» *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, n° 6, p. 226–229, 2016.
- [9] J. Grodotzki, T. R. Ortelt y A. E. Tekkaya, «Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4. 0.» *Procedia Manufacturing*, vol. 26, p. 1349–1360, 2018.
- [10] C. A. Merchán Basabe, «Modelamiento pedagógico de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVA).» *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, vol. 44, p. 51–70, 2018.
- [11] L. S. Post, P. Guo, N. Saab y W. Admiraal, «Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education.» *Computers and Education*, vol. May, p. 140, 2019.
- [12] R. Pastor, L. Tobarra, A. Robles-Gómez, J. Cano, B. Hammad, A. Al-Zoubi, R. Hernández y M. Castro, «Renewable energy remote online laboratories in Jordan universities: Tools for training students in Jordan.» *Renewable Energy*, vol. 149, p. 749–759., 2020.
- [13] B. Kalyan Ram, S. Arun Kumar, S. Prathap, B. Mahesh y B. Mallikarjuna Sarma, «Remote laboratories: For real time access to experiment setups with online session booking, utilizing a database and online interface with live streaming.» *In Lecture*, 2018.
- [14] J. M. Ramírez y S. Rivera, «Aplicación del ciclo de vida y el análisis en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos.» vol. 12, n° 23, p. 43–48, 2017 .
- [15] P. Tremsios, M. Wolf y S. Frerich, «Remote Lab meets Virtual Reality - Enabling immersive access to high tech laboratories from afar.» *Procedia Manufacturing*, vol. 43, p. 25–31, 2020.
- [16] Kosner, «Etapas del ciclo de refrigeración.» [En línea]. Available: <https://www.kosner.es/ciclo-de-refrigeracion/>. [Último acceso: 01 June 2016].
- [17] F. Navarro y A. E., «Ciclo de refrigeración por compresión.» 2011. [En línea]. Available: [https://navarrofree.com/Docencia/Termodinamica/CiclosGeneracion/ciclo\\_refrigeracion.htm](https://navarrofree.com/Docencia/Termodinamica/CiclosGeneracion/ciclo_refrigeracion.htm). [Último acceso: 05 05 2022].
- [18] D. R. Ruano, «Válvula de Expansión Termostática.» 2013. [En línea]. Available: [https://www.energianow.com/ingenieria\\_energetica\\_general](https://www.energianow.com/ingenieria_energetica_general).
- [19] F. Roffé, G. O. Lombardero y G. Sánchez, «Desarrollo de un sistema para el registro de variables termodinámicas en un equipo de enfriamiento.» *Elektron*, vol. 1, p. 5, 2021.
- Industrial en 2013 del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM). Trabajó para una compañía del sector del transporte de la energía la dirección de viabilidad y proyectos y fue líder de lubricación en una empresa del sector transporte. Ingresó al ITM en 2002 y hoy se desempeña como docente ocasional, ejerciendo labores como coordinadora (enlace) de la Maestría en Gestión Energética Industrial y docente enlace de autoevaluación sus intereses investigativos incluyen: Sistemas térmicos y mantenimiento.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7943-2636>
- A. F. Martínez-Pérez** recibe el título Ingeniero Mecánico en 2009 de la Universidad de Antioquia (UdeA), el título de Especialista en Gestión Energética Industrial en 2012 del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) y el título de Magister en Ingeniería-Sistemas Energéticos en 2016 de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), sede Medellín, Colombia. Trabajó para una compañía del sector metalmeccánico en el área de proyectos de ingeniería. Se desempeña como docente ocasional en el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) desde el 2014, ejerciendo labores como coordinador (enlace) de la especialización en Gestión de Sistemas Energéticos Industriales y sus intereses investigativos incluyen: Sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire, simulación y modelado  
. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5045-4703>
- J. A. Isaza-Hurtado** recibe el título de Ingeniero en Instrumentación y Control del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid en el año 2008, el título de Magister en Ingeniería con énfasis en Automatización Industrial y el título de Doctor en Ingeniería Automática de la Universidad Nacional de Colombia en los años 2012 y 2019 respectivamente. Dentro de sus intereses de investigación se incluye: la teoría de estimación y control, la automatización e instrumentación de procesos industriales y la educación en ingeniería. Se ha desempeñado como docente universitario por más de doce años y actualmente es docente tiempo completo en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, vinculado a la facultad de Ingenierías, además, ha liderado desde el año 2014 el Semillero de Investigación Automática.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1968-3070>
- S. Vélez-García** recibe el título de Ingeniero Electromecánico del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) en el año 2014 y el título de Magister en Gestión Energética Industrial en la misma institución en el 2018. Dentro de sus intereses de investigación se incluye: El estudio fluidodinámico y estructural de turbomáquinas, el análisis de sistemas eléctricos de distribución y la educación en ingeniería. Se ha desempeñado como docente universitario desde el año 2015 y actualmente es docente tiempo completo en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, vinculado a la facultad de Ingenierías, desde el año 2018 ha liderado el Semillero de Introducción a los Sistemas Electromecánicos y actualmente lidera la línea de investigación de Computación Avanzada, Diseño Digital y Procesos de Manufactura (CADD-Prom), adscrita al grupo de investigación de Materiales Avanzados y Energía (MATyER)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7571-4049>

**M.V. García-Buitrago** recibe el título Ingeniera Mecánica en 1999 de la Universidad de Antioquia (UdeA), el título de Especialista en Gestión Energética Industrial en 2003 y el título de Magister en Gestión Energética