



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN
DE DATOS Y CONTROL CON UNA INTERFAZ HOMBRE-
MÁQUINA PARA LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO DESDE UNA PLATAFORMA VIRTUAL.**

JUAN CAMILO MUÑOZ ARBOLEDA

I.U. PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGIA MECANICA AUTOMOTRIZ

2022

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN
DE DATOS Y CONTROL CON UNA INTERFAZ HOMBRE-
MÁQUINA PARA LA OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO DESDE UNA PLATAFORMA VIRTUAL.**

JUAN CAMILO MUÑOZ ARBOLEDA

ASESOR

**ARLEY SALAZAR HINCAPIE
INGENIERO MECÁNICO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO TECNÓLOGO
MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

I.U. PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

MEDELLÍN

2022

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada y antes que todo, quiero agradecer a Dios y el universo por la oportunidad una vez más de permitirme disfrutar de esta vida y aprender cosas nuevas todos los días, también quiero dar gracias a mi familia por apoyarme en todos los proyectos y decisiones que he tomado hasta este momento de mi vida, que me han permitido crecer y entender muchas cosas que hacen parte de esta existencia.

Siempre he dicho que la gratitud es algo que nace desde lo más profundo de nuestro ser, y por ello se manifiesta con verdad cuando el sentimiento que la produce es genuino, genuino como los saberes que he adquirido de mi Institución Universitaria Pascual Bravo y los docentes que allí cumplen con la tarea de germinar en los estudiantes la semilla de la creatividad, la innovación, la sed de nuevos conocimientos etc. que adquirimos en nuestra alma mater y nos sirven como eslabones para ser personas con conciencia de una identidad global y unidad hacia con la vida, la naturaleza y la sociedad, para dar soluciones a problemas de la cotidianidad que se presentan el día a día y así poder crear un mundo mejor, por todo esto y mucho más; gracias.

Por último y no menos importante quiero darles gracias en especial a mi tutor y sus colegas que fueron una ficha clave en la creación de los eslabones del conocimiento que me permitieron darle dirección y sentido a la realización de este proyecto.

RESUMEN

En este proyecto se diseñó y desarrolló un sistema de adquisición de datos y control para un sistema de aire acondicionado tipo mini Split, con una interfaz hombre-máquina para la operación del mismo desde una plataforma virtual

El sistema consta de varios componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y también organizadores como lo son la caja de control donde se ubican algunos componentes electrónicos y la coraza para los conjuntos de cables para que se vea todo más estético y ordenado también cuenta con 12 sensores de temperatura instalados a lo largo de la tubería de cobre por la que circula el gas refrigerante, aparte de eso, se le instalaron 6 transductores de presión, distribuidos estratégicamente por las zonas de la tubería de cobre donde más varía la presión, también cuenta con sensores de humedad en la salida de la evaporadora, además tiene instalados 3 sensores de corriente, uno para cada motor ventilador (ventilador de condensación y motor ventilador de evaporador) y 1 más para el compresor y así monitorear su consumo de corriente, además de esto, cuenta con 3 relés de estado sólido, para controlar el funcionamiento de los motores ventiladores y el compresor para así crear fallas controladas en el sistema de aire acondicionado y poder analizar fenómenos físicos y químicos; luego todos estos datos obtenidos por los sensores convergen en un Arduino mega para analizarlos y controlar todo el sistema en tiempo real.

Situados en la caja de control o caja eléctrica, esta una fuente para alimentar el sistema de adquisición de datos, los relés de estado sólido y un par de fusibles aéreos para proteger los circuitos electrónicos de picos de voltajes además de un switch maestro mecánico para darle más seguridad al sistema; la caja se encuentra ubicada en sima y por fuera de la unidad condensadora.

ABSTRACTS

In this project, a data acquisition and control system for a mini Split type air conditioning system was developed and presented, with a man-machine interface for its operation from a virtual platform.

The system consists of several electrical, electronic, mechanical components and also organizers such as the control box where some electronic components are located and the shell for the cable assemblies so that everything is more aesthetic and better presented, it also has 12 sensors temperature sensors installed along the copper pipe through which the refrigerant gas circulates, 6 pressure transducers were also installed, strategically distributed in the areas of the copper pipe where the pressure varies the most, it also has 3 pressure sensors installed current, one for each fan motor (condensation fan and evaporator fan motor) and 1 more for the compressor and thus monitor its current consumption, in addition to this, it has 3 solid state relays, to control the operation of the motors fans and the compressor in order to create controlled faults in the air conditioning system and to be able to analyze physical phenomena and chemicals; then all this data obtained by the sensors converge in an Arduino mega to control and analyze them in real time.

Located in the control box or electrical box, is a power supply for the data acquisition system, the solid state relays and a pair of air fuses to protect the electronic circuits from voltage spikes, as well as a mechanical master switch to give more safety to the system; the box is located at the bottom and outside the condensing unit.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACTS	5
GLOSARIO Y ACRONIMOS	7
INTRODUCCIÓN	9
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	10
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS	12
GENERAL	12
<i>Objetivos Específicos</i>	12
MARCO TEORICO	13
CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	13
<i>Definición de los componentes principales:</i>	14
<i>Comportamiento del refrigerante</i>	16
PROTOCOLO DE KIOTO	19
LABORATORIOS REMOTOS	20
MICRO CONTROLADOR	21
SENSORES	22
<i>Sensor de temperatura DS18B20</i>	22
<i>Transductor de presión</i>	23
<i>Sonda sensor de temperatura y humedad SHT10</i>	24
<i>Sensor de corriente no invasivo SCT 013</i>	25
<i>Relé de estado sólido o SSR</i>	26
ESTADO DEL ARTE	27
METODOLOGIA	28
FASE 1	28
INSTRUMENTACIÓN DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO MINI SPLIT	28
<i>Instalación de los transductores de presión</i>	30
<i>Sensores de temperatura de refrigerante</i>	31
<i>Sensores de temperatura de aire y HR</i>	32
<i>Presurización y limpieza</i>	33
<i>Instalación de sensores de corriente y RSS</i>	34
FASE 2	35
PUESTA A PUNTO DE LOS SENSORES Y TRANSDUCTORES	35
FASE 3	35
IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE MONITOREO Y CONTROL EN UN ENTORNO GRÁFICO Y WEB	35
APLICACIÓN PARA INTERACCIÓN VIRTUAL	37
FASE 4	39

COMPETENCIAS.....	39
CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	41

GLOSARIO Y ACRONIMOS

Palabras Clave: Sistema de refrigeración, laboratorio remoto, control, automatización, interfaz, conectividad, plataforma web, diseño, sensores, micro controlador.

PCB: Circuito integrado impreso

CI: Circuito integrado

SSR: Relé de estado solido

HR: Humedad relativa

GEI: Gases de efecto invernadero

ONU: Organización de naciones unidas

LV: Laboratorios Virtuales

LC: Laboratorios Convencionales

Tabla de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Elementos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.</i>	13
<i>Ilustración 2 Eje. Evaporador LG.</i>	14
<i>Ilustración 3 Eje. Condensador LG</i>	15
<i>Ilustración 4 Válvula de expansión con bulbo sensor</i>	15
<i>Ilustración 5 Eje. Compresor</i>	16
<i>Ilustración 6 Comportamiento de refrigerante en el ciclo de refrigeración</i>	17
<i>Ilustración 7 Diagrama de presión vs entalpía</i>	17
<i>Ilustración 8 Eje. de micro controlador o CI.</i>	21
<i>Ilustración 9 Eje. de una PCB Arduino Uno</i>	21
<i>Ilustración 10 Eje. de una PCB Raspberry Pi</i>	22
<i>Ilustración 11 Sensor de temperatura DS18B20</i>	22
<i>Ilustración 12 Ejemplo de un transductor de presión.</i>	23
<i>Ilustración 13 Ejemplo sonda sensor de temperatura y humedad.</i>	24
<i>Ilustración 14 Eje. Sensor de corriente no invasivo SCT 013</i>	25
<i>Ilustración 15 Eje. Relé de estado sólido.</i>	26
<i>Ilustración 16 Esquema de conexión para la recuperación del gas. Fuente propia</i>	29
<i>Ilustración 17 Distribución de los sensores en el sistema. Fuente propia.</i>	30
<i>Ilustración 18 Transductor de presión instalado. Fuente propia</i>	31
<i>Ilustración 19 Fijación del sensor de T7 . fuente propia.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ilustración 20 Sensor de temperatura aislado T3. Fuente propia</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Ilustración 21 HR1 y HR2. Fuente propia</i>	32
<i>Ilustración 22 T12. Fuente propia</i>	32
<i>Ilustración 23 Presurización y barrido con nitrógeno.</i>	33
<i>Ilustración 24 Recarga de refrigerante. Fuente propia</i>	33
<i>Ilustración 25 Sensor de corriente línea de motor ventilador del evaporador. Fuente propia</i>	34
<i>Ilustración 26 Caja eléctrica. Fuente propia</i>	34
<i>Ilustración 27 Puesta a punto de sensores. Fuente propia</i>	35
<i>Ilustración 28 Caja Eléctrica Cableada. Fuente propia</i>	36
<i>Ilustración 29 Diseño utilizado en la pantalla táctil. Fuente propia</i>	36
<i>Ilustración 30 Caja eléctrica con pantalla táctil. Fuente propia</i>	37
<i>Ilustración 31 Ubidots App menú principal. Fuente propia</i>	38
<i>Ilustración 32 Ubidots App P2. Fuente propia</i>	38

INTRODUCCIÓN

La pandemia mundial declarada el 30 de enero de 2020 por el virus COVID- 19 cambio la vida de todo el mundo creando nuevas necesidades donde el avance tecnológico fue la herramienta principal para suplirlas. Aun sabiendo que la pandemia fue un plus o vehículo para que la tecnología esté más cerca de nosotros en menos tiempo y nos haya cogido por sorpresa esta evolución digital apresurada, no es un misterio y está más que claro que el avance de la industria y la tecnología es de manera exponencial por el constante y cada vez más “inteligente” desarrollo humano. Esto dio un cambio drástico a la educación afectando y transformando la manera en que se desarrollan las clases, haciendo de la pedagogía un proceso mucho más autodidacta para los estudiantes, además de esto; el avance de nuevas tecnologías se incorporan en el desarrollo de las clases, afectando el elemento “presencial” haciendo que la virtualidad sea el principal vehículo del aprendizaje, agregando nuevas formas de organizar, acceder y compartir el trabajo en las aulas; mediante un nuevo mundo digital que día a día está en constante expansión, integrando nuevas herramientas que permiten una mejor interacción y comunicación entre los humanos y las máquinas a través de aplicaciones y plataformas webs que están en constante avance; esta evolución digital planta la semilla para un nuevo modelo de educación dándole mucho más peso a las herramientas didácticas virtuales para el complemento de la educación semi-presencial de la nueva era.

Por otro lado las nuevas tecnologías abren las puertas para que la educación tenga más y mejores herramientas para medir, analizar y guardar los datos de operación de un sistema térmico mucho más fácil y práctico. Adaptando los equipos a sistemas electrónicos y avances informáticos que ahora tenemos acceso, es posible que las prácticas de laboratorio se puedan hacer de forma remota.

Esta herramienta didáctica virtual, está a la vanguardia en tecnología, equipada con sensores de presión, temperatura, flujo másico de refrigerante, consumo de corriente, voltaje, humedad relativa; además de relés de estado sólido de controlador por fase para controlar motores ventiladores e inducir fallas al sistema para analizar y evaluar los efectos aplicados en este, una unidad de control es la encargada de recibir y enviar las señales para manipular el sistema; los datos recolectados de los valores de estas variables serán visualizados en una interfaz gráfica que permite analizar y mostrar el comportamiento en tiempo real según la interacción.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la historia ha habido muchos acontecimientos que como resultado han dejado grandes cambios y en la actualidad para diferentes sectores la escena que “dejo” la pandemia del Covid-19 a nivel global, puede ser positiva en lo que se refiere a transformación tomando en cuenta que como resultado la tecnología ahora está más cerca de todos y a esto le sumamos la llegada de la cuarta revolución industrial o industria 4.0 que llega a Colombia a finales del 2019 proponiendo un reto para las industrias en la forma de realizar los procesos integrando nuevas tecnologías como lo son; el internet de las cosas, la robótica, la electrónica etc. La revista Semana en el artículo: *Los retos que Colombia supera ante la cuarta revolución industrial* señala que “La cuarta revolución industrial se enfoca en la optimización de procesos y recursos mediante la recolección y el aprovechamiento de los datos. “Una revolución industrial se caracteriza por el surgimiento de nuevas tecnologías y nuevas maneras de percibir el mundo, que impulsan un cambio profundo en la economía y en la estructura de la sociedad”, afirma Schwab”. (Semana, 2020) Y además a parte de la industria, para las “fabricas educativas” esto también fue un detonador, porque la educación es la base sólida de una economía “evolucionada” donde los avances que van a potenciar o mejorar las actividades de las empresas de producción pueden ser investigados y desarrollados por las universidades en proyectos de investigación. El reto de la evolución nos presenta el desarrollo tecnológico como una herramienta que se puede aprovechar para potenciar todos los ámbitos de la estructura social y más aún en la educación donde se vuelve un vehículo para llegar a lugares remotos mediante el internet y la conectividad.

En la actualidad el acondicionamiento de aire para espacios por medio de sistemas de refrigeración por compresión de vapor es un tema de estudio de gran importancia en carreras profesionales y tecnológicas de la institución universitaria Pascual Bravo, además de otras universidades, donde los alumnos estudian y analizan variables de operación como la temperatura, humedad relativa, caudal volumétrico, presión, flujo másico de refrigerante, voltajes, comportamiento y consumo de la corriente, entre otras, estas son variables que generalmente se asumen para ejemplos teóricos y aplicación de fórmulas. Para contribuir en el desarrollo de la educación y lograr una integración digital en pro del funcionamiento de la tecnología como herramienta pedagógica, este proyecto también está pensado para brindar un apoyo en programas de regionalización de la universidad donde la educación es virtual recortando la brecha entre aprender con ejemplos teóricos y aprender sobre un mecanismo real analizando variables reales.

JUSTIFICACIÓN

La importancia del estudio investigativo radica en la manera en que la evolución tecnológica se presenta y la forma en que los seres humanos nos adaptamos a estos nuevos cambios, aprovechando he incorporado las nuevas tecnologías en nuestro diario vivir de manera que se pueda sacar el máximo provecho, pero no solo momentáneamente, sino creando nuevas herramientas que nos aporten conocimientos y maneras de reinventar las herramientas existentes para generar nuevas maneras de aprendizaje y conexión en el ámbito estudiantil universitario.

Actualmente la institución Universitaria Pascual Bravo necesita integrar nuevos métodos para suplir aspectos en las aulas de clases que la virtualidad ha dejado por fuera, como lo son las prácticas en los talleres y laboratorios que ya no se pueden realizar; es así como el desarrollo de este proyecto en fusión con el semillero de investigación SICAP, llena un vacío en donde se plantea realizar, y dinamizar las clases presenciales mediante la visualización de la operación de un sistema de refrigeración en un entorno grafico e interactivo a distancia, donde no es necesario que el estudiante se desplace a los laboratorios para presenciar un fenómeno físico, facilitando y favoreciendo los procesos de formación en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un sistema de adquisición de datos y control de un sistema de aire acondicionado mediante una interfaz hombre-máquina que funcione desde una plataforma virtual.

Objetivos Específicos

+ Integrar y programar el sistema de adquisición de datos con una interfaz hombre-máquina para la operación del sistema desde una plataforma virtual.

+ Diseñar la guía de laboratorio virtual para emplear el sistema en la enseñanza y análisis de la operación de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

+ Diseñar el sistema de control y adquisición de datos integrando el Arduino como central de control.

MARCO TEORICO

Con la necesidad y el objetivo de que este trabajo sea mejor comprendido debemos darle una mirada a las bases que lo conforman por esta razón a continuación se tocan temas y conceptos como lo son: ciclo de refrigeración por compresión de vapor, laboratorios remotos, micro controladores, los sensores utilizados y se especifican más detalladamente los componentes y mecanismos que se ven involucrados en este proyecto, y así tener una idea más clara de cómo se integran en él.

Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

La gran mayoría de los sistemas de aire acondicionado y refrigeración en ámbitos domésticos, industriales o de climatización utilizan ciclos de compresión de vapor (Mario L. Ruz, 2016) este tipo de sistemas de refrigeración tienen cuatro elementos básicos: el evaporador, el condensador, la válvula de expansión y el compresor *Ilustración 1* (Mario L. Ruz, 2016) La eficiencia del ciclo de este tipo de sistemas está estrechamente ligada con las condiciones de trabajo a las que se somete el equipo, como son la temperatura del ambiente, T_H , la temperatura impuesta en el fluido a refrigerar, T_L , la carga térmica impuesta en el evaporador, y otros aspectos también relevantes, como por ejemplo el tipo de refrigerante utilizado o las características de los elementos mencionados.



Ilustración 1 Elementos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Definición de los componentes principales:

***Evaporador:** Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Su nombre proviene del cambio de estado sufrido por el refrigerante al recibir esta energía, luego de una brusca expansión que reduce su temperatura. Durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso. (Wikipedia, es.wikipedia.org, 2021) *Ilustración 2*



Ilustración 2 Eje. Evaporador LG

***Condensador:** Este equipo es el encargado de transformar (a través de la condensación) el gas refrigerante de su estado gaseoso al líquido para continuar con el ciclo de refrigeración. Al hacerlo, el calor latente es abandonado por la sustancia y transferido al ambiente circundante. El condensador es uno de los equipos más importantes en todo sistema de refrigeración porque rechaza todo el calor del sistema: tanto el calor absorbido por el evaporador, como el calor que se produce por la entrada de energía al compresor. (Rivera-Mata, 2018) *Ilustración 3*



Ilustración 3 Eje. Condensador LG

***Válvula de expansión:** Una válvula de expansión termostática (a menudo abreviado como VET o válvula TX en inglés) es un dispositivo de expansión el cual es un componente clave en sistema de refrigeración y aire acondicionado, que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema. Básicamente su misión, en los equipos de expansión directa (o seca), se restringe a dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este. Para realizar este cometido dispone de un bulbo sensor de temperatura que se encarga de cerrar o abrir la válvula para así disminuir o aumentar el ingreso de refrigerante y su consecuente evaporación dentro del evaporador, lo que implica una mayor o menor temperatura ambiente, respectivamente. (wikipedia, 2022) *Ilustración 4*



Ilustración 4 Válvula de expansión con bulbo sensor

***Compresor:** es el encargado de comprimir el gas que actúa como fluido refrigerante. Al aumentar la presión, las partículas que componen el gas se mueven más rápido y aumenta su temperatura. (Preciogas, 2021) *Ilustración 5*



Ilustración 5 Eje. Compresor

Comportamiento del refrigerante

Básicamente el comportamiento del refrigerante en el circuito *Ilustración 6* y la forma en que se comportan los principales elementos que lo conforman, es el siguiente: “El compresor se encarga de aumentar la presión en el sistema. Al llegar el refrigerante al condensador condensa el fluido disminuyendo su temperatura y liberando energía. La válvula de expansión genera una caída de presión en el sistema. Luego en el evaporador, el refrigerante se evapora aumentando así su temperatura, absorbiendo energía y regresando al compresor.

Durante este proceso, en el condensador el fluido libera energía para poder volver al estado líquido y esto se traduce en una disminución en su temperatura. En el evaporador se produce el efecto contrario, el refrigerante absorbe energía de su entorno. Esto quiere decir que el evaporador es el que produce el efecto refrigerante.

En los tramos de la salida del compresor hasta la válvula de expansión se considera de alta presión (HP) y desde la salida de la válvula de expansión hasta la entrada del compresor se considera de baja presión (LP). (Matute, 2016) *Ilustración 6*

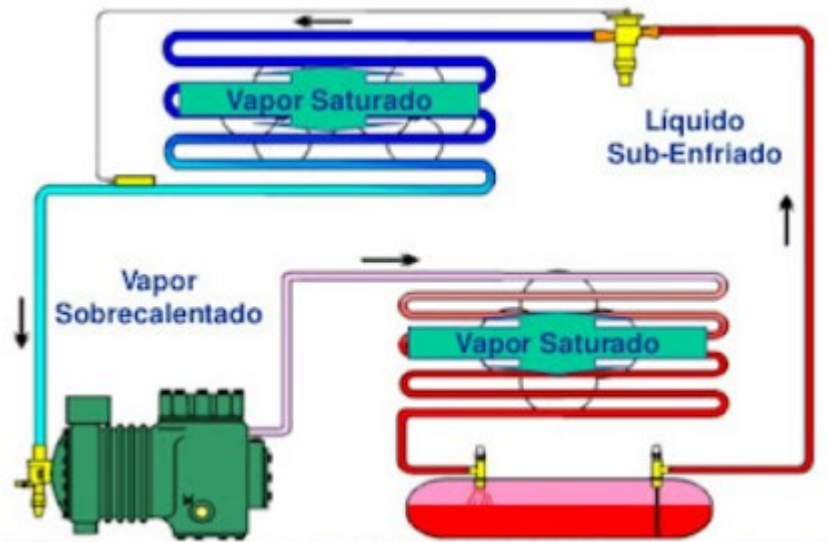


Ilustración 6 Comportamiento de refrigerante en el ciclo de refrigeración

A continuación, se observa la representación del ciclo de refrigeración en el diagrama presión vs entalpia correspondiente al sistema de refrigeración. *Ilustración 7*

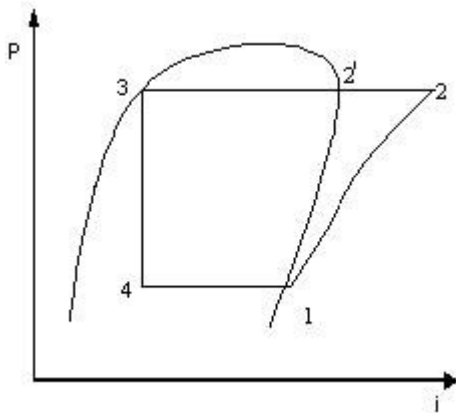


Ilustración 7 Diagrama de presión vs entalpia

Eficiencia del ciclo η : La eficiencia estará dada por el producto entre el COP y la diferencia de temperatura de condensador y evaporador sobre temperatura del evaporador. (Herwin Marcos Villamil Salcedo, 2005)

$$\eta = \frac{COP(T_c - T_e)}{T_e}$$

Ecuación 1

Trabajo de compresor W: Se define como la diferencia de entalpías entre los puntos 3 y 2. (Herwin Marcos Villamil Salcedo, 2005)

$$W = h_3 - h_2$$

Ecuación 2

Efecto Refrigerante Neto ERN: Se define como la diferencia de entalpías entre los puntos 1 y 2 en los cuales se ubicará el evaporador, de tal forma que esta ecuación describa la capacidad de enfriamiento. (Herwin Marcos Villamil Salcedo, 2005)

$$ERN = h_2 - h_1$$

Ecuación 3

Flujo másico de refrigerante: Se define como la relación entre el valor de la carga de refrigeración obtenida y la diferencia de entalpías en el evaporador. (Herwin Marcos Villamil Salcedo, 2005)

$$m = \frac{Q}{\Delta h}$$

Ecuación 4

Coficiente de rendimiento COP: Es el coeficiente de desempeño entre el efecto refrigerante neto y el trabajo del compresor. (Herwin Marcos Villamil Salcedo, 2005)

$$COP = \frac{ERN}{W} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_2}$$

Ecuación 5

Tasa de remoción de calor: Es la tasa de remoción de calor el cual tiene un equipo de aire acondicionado, se define como QL

Tasa de rechazo de calor: Es la tasa de rechazo de calor el cual tiene un equipo de aire acondicionado, se define como QH

También cabe resaltar que en un sistema de aire acondicionado puede ocurrir un fenómeno positivo denominado **sub-enfriamiento** que se da cuando el líquido condensado ve reducida su temperatura por debajo del punto de saturación.

Por otro lado, también ocurre el **sobrecalentamiento** cuando el número de grados del refrigerante en estado de vapor está por encima de su temperatura de saturación a una presión determinada.

Protocolo de Kioto

Con vista a reducir el impacto del cambio climático y las emisiones de los GEI se creó un acuerdo impulsado por la ONU para así lograr minimizar los efectos del calentamiento global, básicamente se trata de lo siguiente:

“Este acuerdo se creó a modo de respuesta por la amenaza que suponía el campo climático y los problemas que las industrias mundiales plantean al medio ambiente. El impulsor fue la Organización de Naciones Unidas (ONU) en el año 1997 en Kyoto (Japón). Propone conseguir que los países (especialmente los más industrializados y que más contaminan) se comprometan a adoptar medidas para reducir sus emisiones. Ahora mismo, y dependiendo siempre de cada nación, se propone la reducción de al menos un 5,2% en la emisión de gases altamente contaminantes que están destruyendo el Planeta”. (Borràs, 2020)

Estos son los gases de efecto invernadero que hay que reducir según lo pactado en el Protocolo de Kyoto o Kioto:

Dióxido de carbono o CO₂: Se produce en el mundo a gran escala cada vez que se queman combustibles fósiles. El factor más determinante para el cambio climático y el mayor objetivo de Kyoto.

Gas metano: Procede de los fertilizantes que se usan en los procesos agrícolas, una de las actividades del hombre que más daña el medio ambiente por los métodos que utiliza.

Óxido nitroso: Lo emiten los vehículos al funcionar. Es uno de los gases de efecto invernadero con mayor efecto en la atmósfera, por lo que es vital regular su emisión al máximo.

Hidrofluorcarbono, perfluorocarbono y hexafluorocarbono de azufre: Otros gases contaminantes que pretende reducir el tratado de Kyoto. Están presentes en muchos procesos industriales. (Borràs, 2020)

Para entender un poco más en que consiste a continuación se cita una parte del artículo 10.c del protocolo.

“Todas las partes cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático, y adoptarán medidas viables para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos , en particular en beneficio de los países en desarrollo, incluidas la formulación de políticas y programas para la transferencia efectiva de tecnologías ecológicamente racionales que sean de propiedad pública o de dominio público y la creación en el sector privado de un clima propicio que permita promover la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales y el acceso a éstas.” (CEPAL)

Laboratorios Remotos

Los laboratorios remotos son herramientas tecnológicas compuestas por software y hardware que les permite a los estudiantes de manera remota realizar sus prácticas como si estuvieran en un Laboratorio Tradicional (Zamora Musa, 2012)

Son laboratorios convencionales con equipos generalmente sofisticados o exclusivos que por medio de interfaces Web permiten la manipulación del equipo de forma remota. Este tipo de acceso facilita compartir los recursos entre varias instituciones, de esta forma la inversión para equipamiento puede compartirse entre varias instituciones y el número de usuarios especializados se incrementa, aumentando así los beneficios académicos. Los laboratorios remotos representan un lugar o entorno cuya función es realizar un control sobre un sistema físico a distancia, con el objetivo de tele operar un sistema real, realizar experimentos y acceder a los datos a través de la red para obtener medidas. (Cornelio, González, & Ching, 2020)

Dentro de las características que distinguen a los laboratorios remotos se encuentra la disminución de gastos por conceptos de mantenimiento y equipamiento. Se considera que esta característica los hace atractivos para ser utilizados por instituciones y centros de investigaciones que realizan cursos a distancia. A partir del estudio de la literatura especializada sobre los Laboratorios Remoto a escala internacional, diversos autores afirman que representan una alternativa efectiva para la enseñanza en ingeniería. (Cornelio, González, & Ching, 2020)

Micro controlador

El micro controlador *Ilustración 8* es un circuito integrado que posee en su interior una arquitectura similar a la de un computador, como memorias RAM, EEPROM, CPU y periféricos de entrada y salida o también llamados I/O. (Ronceros, 2020)

Un micro controlador recién salido de fábrica no ejecutará ninguna tarea. Este deberá ser programado para realizar desde un pequeño encendido de un foco led hasta un sistema avanzado de control de un robot. Tiene la capacidad de reemplazar una gran cantidad de circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NAND, temporizadores, decodificadores, conversores A/D - D/A, etc., simplificando el diseño a una placa de circuito impreso (PCB, por sus siglas en inglés) de reducida dimensión y pocos componentes. Los micro controladores poseen la mayoría de componentes de un computador, no obstante, se diferencian en que estos cuentan con características fijas que no se alteran. (Ronceros, 2020) Nombrando algunos de los PCB o circuitos integrados que hoy en día son muy comunes y comercializados son, por ejemplo: El Arduino Uno *Ilustración 9* o la Raspberry Pi *Ilustración 10*



Ilustración 8 Eje. de micro controlador o CI.



Ilustración 9 Eje. de una PCB Arduino Uno



Ilustración 10 Eje. de una PCB Raspberry Pi

Sensores

A continuación, se muestran los sensores y sus características, utilizados en el proyecto para monitorear las variables requeridas.

Sensor de temperatura DS18B20



Ilustración 11 Sensor de temperatura DS18B20

El DS18B20 *Ilustración 11* es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus. El sensor DS18B20 es fabricado por Maxim Integrated, el encapsulado de fábrica es tipo TO-92 similar al empleado en transistores pequeños. La presentación comercial más utilizada por conveniencia y robustez es la del sensor dentro de un tubo de acero inoxidable resistente al agua. Con este sensor

podemos medir temperatura desde los -55°C hasta los 125°C y con una resolución programable desde 9 bits hasta 12 bits. Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica, esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que se está comunicando, puesto que en un bus 1-wire pueden existir más de un dispositivo. (SAC, 2021)

Transductor de presión



Ilustración 12 Ejemplo de un transductor de presión.

Un transductor de presión, *Ilustración 12* a veces llamado transmisor de presión, es un transductor que convierte presión en una señal eléctrica analógica. Aunque hay varios tipos de transductores de presión, uno de los más comunes es el transductor de base de calibrador de tensión. La conversión de presión en una señal eléctrica se logra mediante la deformación física de medidores de tensión que están unidos al diafragma del transductor de presión y cableados a una configuración de puente de Wheatstone. LA presión APLICADA AL transductor de presión produce una deflexión del diafragma que introduce tensión en los calibradores. La tensión producirá un cambio en la resistencia eléctrica proporcional a la presión. (omega.com)

Sonda sensor de temperatura y humedad SHT10



Ilustración 13 Ejemplo sonda sensor de temperatura y humedad.

Es un sensor, robusto y preciso, de tipo industrial. La interfaz en serie de 2 hilos y regulación de tensión interna permite una integración fácil y rápida del sistema. Además, es compatible con Arduino. El socket de suspensión de pared hace que sea fácil de instalar. (Electronica)

Características:

- Consumo de energía: 0.15mW (Promedio)
- Tipo de interfaz: interfaz de dos hilos (Digital)
- Cable rojo - 5v
- Cable azul - GND
- Cable amarillo - Cable Reloj
- Cable negro - Cable de datos
- Rango de humedad: 0-100% de humedad relativa
- Rango de temperatura: -10~80 °C
- Exactitud de la humedad: $\pm 5.0\%$ RH
- Exactitud de la temperatura: $\pm 0,5$ °C
- Tamaño: 49mm x 14mm

Sensor de corriente no invasivo SCT 013



Ilustración 14 Eje. Sensor de corriente no invasivo SCT 013

Los sensores de la serie SCT-013 *Ilustración 14* son sensores que trabajan como transformadores, la corriente que circula por el cable que deseamos medir actúa como el devanado primario (1 espira) e internamente tiene un devanado secundario que dependiendo del modelo pueden tener hasta más de 2000 espiras. La cantidad de espiras representa la relación entre corriente que circula por el cable y la que el sensor nos entrega, esta relación o proporción es la que diferencia entre los diferentes modelos de sensores SCT-013, adicionalmente pueden tener una resistencia de carga en la salida de esta forma en lugar de corriente se trabaja con una salida voltaje. Una ventaja de SCT-013 es que no necesitamos interrumpir (cortar o desempalmar) el cable que vamos a medir, esto porque al igual que una pinza amperimétrica tiene el núcleo partido. (Mechatronic)

Relé de estado sólido o SSR



Ilustración 15 Eje. Relé de estado sólido.

Definición: Un relé de estado sólido *Ilustración 15* es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control. Los SSR consisten en un sensor que responde a una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga, y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles. (Wikipedia, es.wikipedia.org)

ESTADO DEL ARTE

La implementación de los sistemas de adquisición de datos y control se están volviendo muy importantes en las fábricas industriales o en empresas de carácter productivo, también para la educación en diferentes ámbitos ingenieriles y tecnológicos en múltiples temas y proyectos de estudio e investigación, según (M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina, 2011) “la realización de prácticas con equipo de laboratorio y prototipos didácticos es fundamental si se quiere consolidar los conceptos adquiridos en el aula y el autoaprendizaje. Sin embargo, debido a diferentes razones entre las que se encuentra la falta de presupuesto principalmente, los laboratorios físicos no siempre están disponibles, lo cual impone fuertes restricciones en el proceso de enseñanza aprendizaje. Afortunadamente, las nuevas tecnologías basadas en Internet, la virtualización y la mejora tecnológica en servidores, pueden ser utilizadas para suplir la carencia de laboratorios y además enriquecer el desarrollo de prácticas en espacios y entornos virtuales con características innovadoras.”

También (M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina, 2011) nos habla de que “Los LV por otro lado, al ser desarrollados como un sistema computacional accesible vía Internet, mediante un simple navegador, se puede simular un LC en donde los experimentos se llevan a cabo siguiendo un procedimiento similar al que se sigue en un LC, pudiendo inclusive ofrecer la visualización de instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, programados mediante applets de Java, Flash, cgi, javascripts, PHP, etc., incluyendo imágenes y animaciones. Mediante el uso de aplicaciones privativas⁷ o libres⁸ ejecutadas vía Internet, se pueden obtener resultados numéricos y gráficos. Inclusive, mediante el uso de un CAE⁹, se pueden tratar problemas de manera matemática, para obtener las competencias necesarias perseguidas en el diseño instruccional (DI) de las experiencias educativas.”

Por otro lado, (J. E. Chaparro-Mesa, 2019) asegura que: “uno de los principales problemas que enfrentan los métodos de enseñanza de las ciencias básicas y las ingenierías, es la separación del conocimiento teórico de la formación práctica. En este sentido, las experiencias en laboratorio se convierten en estrategias didácticas pedagógicas muy provechosas; sin embargo, implementarlas requiere de infraestructura física, equipos y materiales que originan grandes inversiones económicas” es ahí donde este proyecto se fortalece siendo apto para la interacción con una persona a la vez y al ser remoto prima la disponibilidad por reserva y también monitoreando sus partes se preserva un poco más la infraestructura física, aparte de ser una inversión de bajo costo como señalan, (Torre, Guzmán-Fernández, & Sifuentes-Gallardo, 2020) “Adquirir equipo para realizar prácticas de laboratorio se ha vuelto muy complicado debido a su alto costo. Para resolver este problema, la comunidad de docentes ha utilizado la placa de adquisición de datos Arduino. Esta placa es de bajo costo y permite la automatización de equipos de una manera simple y práctica. Sin embargo, ya no es suficiente utilizar solamente dicha placa, ahora es necesario combinarla con la implementación de un software de fácil uso (Visual Studio), y que

permita ser controlada en tiempo real. En este trabajo se detalla el diseño e implementación de una placa de adquisición de datos basada en Arduino, y una interfaz gráfica para su control y automatización. Para esto, se muestran tres aplicaciones simples que pueden ser reproducidas por cualquier maestro, investigador o estudiante que no tenga conocimientos básicos sobre electrónica o programación. Al combinar las tres aplicaciones anteriores, fue posible fabricar un medidor de pH con sensor de temperatura y con control de agitación. El costo comercial de este equipo de laboratorio es elevado, pero con la configuración propuesta el costo disminuye 80%.” en su proyecto de una guía para desarrollar un equipo de laboratorio con Arduino, le apuntan la disminución de costos ejemplo que se toma en este proyecto para su desarrollo.

METODOLOGIA

En este apartado del proyecto se presentan los métodos y los procesos utilizados para realizar la construcción del prototipo de aire acondicionado remoto, dividido en **4 fases**.

FASE 1

Instrumentación del equipo de aire acondicionado tipo mini Split.

Para intervenir el equipo de aire acondicionado he instrumentarlo con los sensores requeridos para medir las variables, fue necesario realizar una recuperación del refrigerante; *Ilustración 16* siendo consiente del impacto negativo en la capa de ozono que puede tener un mal manejo del gas refrigerante, se trató en lo posible de darle el manejo adecuado y con los equipos correspondientes pensando en el medio ambiente. Este es un proceso sencillo descrito de la siguiente forma: “Recuperar es extraer un fluido frigorífico de un sistema frigorífico con el fin de ser almacenado, reciclado, regenerado o transportado. Las operaciones de recuperación implican la utilización de tres clases de material: Recipientes específicos, equipos de recuperación, materiales y herramientas conexas” (Orozco, Montoya, & Gonzales, 2004). Lo que se requirió para la realización de este proceso fue lo siguiente: Manómetros, maquina recuperadora, depósito de gas refrigerante, una báscula y mangueras.

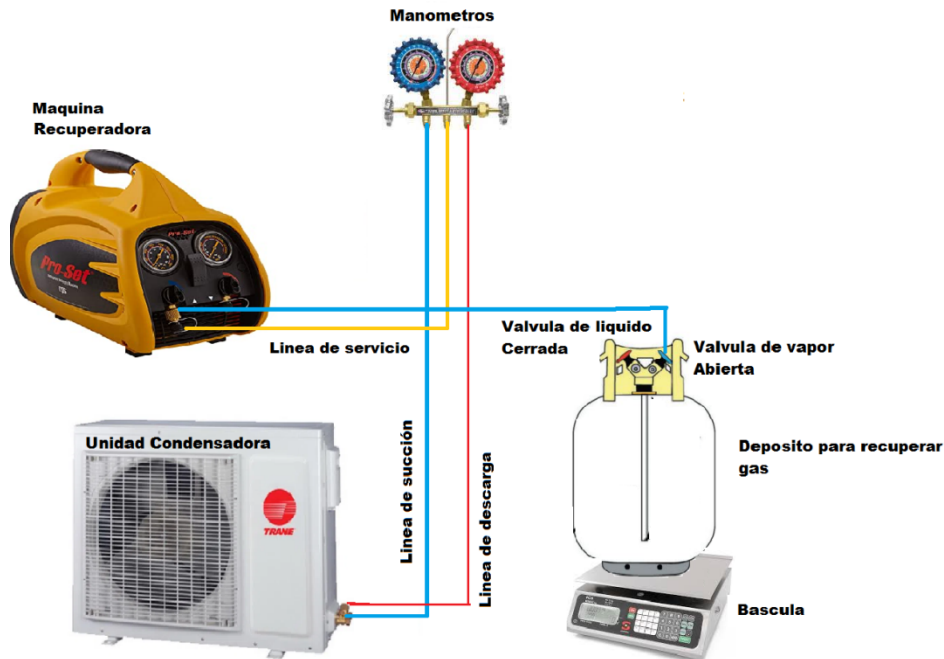


Ilustración 16 Esquema de conexión para la recuperación del gas. Fuente propia

Ya con las tuberías sin gas refrigerante y sin presión, para monitorear el sistema se miden las siguientes variables: Temperatura de refrigerante, temperatura del aire, HR, consumo de corriente, y presión, para un total de 21 señales *Tabla 1* distribuidas en el sistema de la siguiente manera: *Ilustración 17*.

Tabla 1 Código de sensores y ubicación en el sistema.

CÓDIGO	Posición en el aire acondicionado
T1	Temperatura aire en la succión del condensador (serpentín)
T2	Temperatura de aire en la descarga del condensador (serpentín)
T3	Temperatura del refrigerante en la descarga del compresor
T4	Temperatura del refrigerante en la succión del compresor
T5	Temperatura del refrigerante en la salida del condensador
T6	Temperatura del refrigerante a la salida del tubo capilar
T7	Temperatura del refrigerante a la entrada del tubo capilar
T8	Temperatura del aire en la succión del evaporador (serpentín)
T9	Temperatura del aire en la descarga del evaporador (serpentín)
T10	Temperatura del refrigerante a la entrada del evaporador
T11	Temperatura del refrigerante a la salida del evaporador
T12	Temperatura ambiente
i 1	Consumo de corriente del compresor

i 2	Consumo de corriente del motor ventilador del evaporador
i 3	Consumo de corriente del motor ventilador del condensador
P1	Presión en la descarga del compresor
P2	Presión en la succión del compresor
P3	Presión a la salida del condensador
P4	Presión a la salida del tubo capilar
HR1	Humedad relativa en la succión del evaporador (serpentín)
HR2	Humedad relativa en la descarga del evaporador (serpentín)

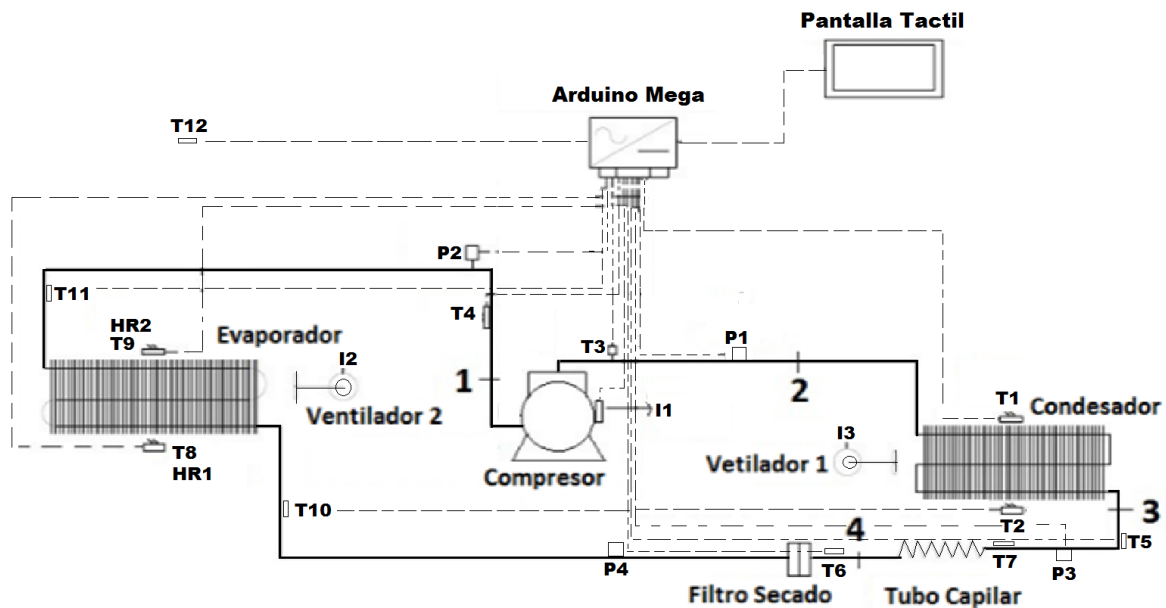


Ilustración 17 Distribución de los sensores en el sistema. Fuente propia.

Instalación de los transductores de presión.

Para la instalación de los transductores en el equipo se necesitó intervenir y cortar directamente la tubería de cobre, este proceso se realizó con la ayuda y supervisión de un docente del semillero SICAP capacitado en este tema; para este proceso se necesitan las siguientes herramientas: Corta tubo, racores, gas map, soldadura cobre-plata 5%, una sección de tubería de cobre y herramientas; el proceso consiste en cortar la tubería, donde luego se instala una T de cobre con un racor, después se sueldan las nuevas uniones y se conecta el transductor de presión al racor. *Ilustración 18*

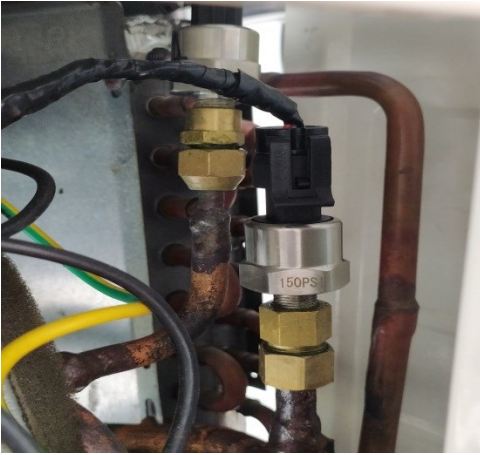


Ilustración 18 Transductor de presión instalado. Fuente propia.

Sensores de temperatura de refrigerante

En el siguiente paso se instalaron los Ilustración 11 Sensor de temperatura DS18B20 en la tubería de cobre, asegurando que toda la superficie del sensor quede en contacto con esta, para medir la temperatura a la que el refrigerante pasa por la tubería; se fijaron con abrazaderas plásticas y luego se aislaron térmicamente del ambiente con cinta rubatex, y cinta negra aislante 3M. *Ilustración 19*



Ilustración 19 Instalación sensor de temperatura. Fuente propia

Sensores de temperatura de aire y HR

La instalación de los sensores de HR, *Ilustración 20* y temperatura de aire, tanto el T12 *Ilustración 21* como los de los serpentines (T1, T2, T8 y T9) consistió en definir el lugar idóneo donde el sensor pudiera tener una buena lectura y asegurarlo con abrazaderas plásticas.

Ilustración 20 HR1 y HR2. Fuente propia



Ilustración 21 T12. Fuente propia

Presurización y limpieza.

Hasta este punto, el aire acondicionado está equipado con los sensores de temperatura de refrigerante, los sensores de HR, temperatura del aire en los puntos específicos mostrados previamente en la *Ilustración 17*. Y los transductores de presión, para verificar que los últimos hayan quedado bien acoplados a las tuberías y no hayan fugas de refrigerante cuando se realice la carga del equipo, y para limpiar las tuberías fue necesario presurizar el sistema con nitrógeno a 60 psi aproximadamente durante 30 min verificando todos los acoples. *Ilustración 22*

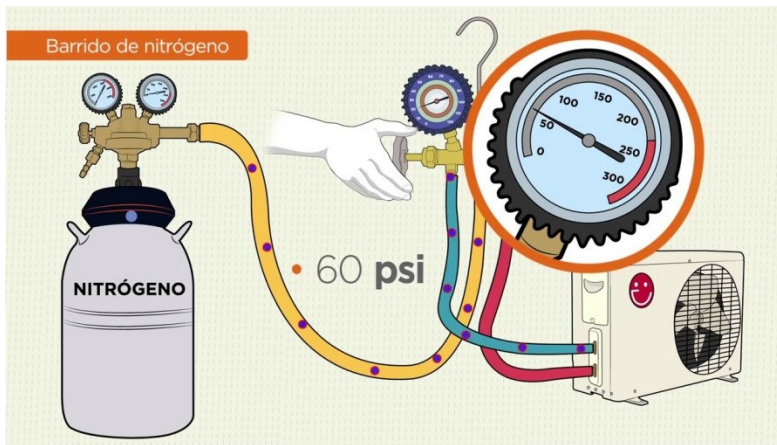


Ilustración 22 Presurización y barrido con nitrógeno.

Proceso de carga del nuevo refrigerante

Para cargar nuevamente el equipo con refrigerante R22 se utilizó: Una báscula para pesar la cantidad exacta de refrigerante que utiliza el equipo, manómetros, bomba de vacío para purgar el sistema, refrigerante nuevo y mangueras. *Ilustración 23*

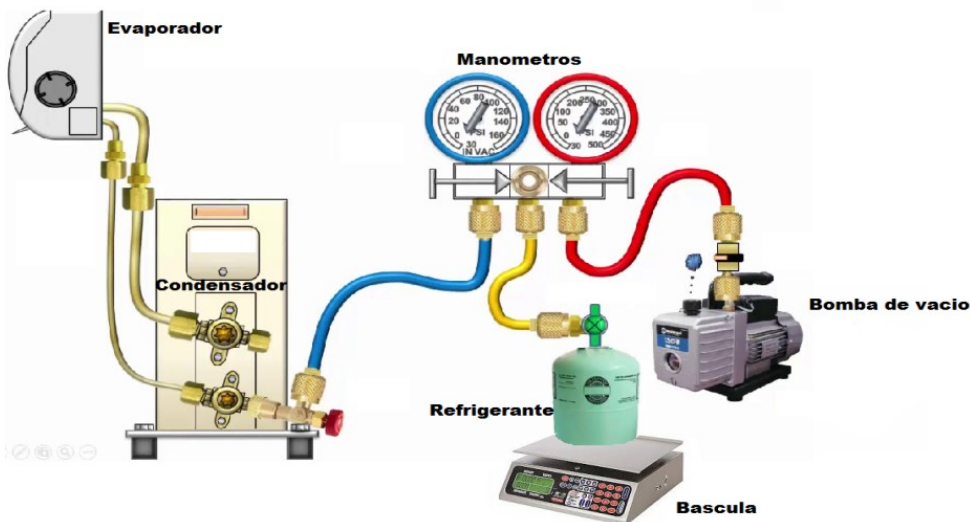


Ilustración 23 Recarga de refrigerante. Fuente propia

Instalación de sensores de corriente y RSS

Para equipar los sensores de corriente y los RSS en el aire acondicionado se verifico en el plano eléctrico cuales eran las líneas de alimentación de los 3 motores eléctricos del equipo donde se haría la lectura (motor ventilador del condensador, motor compresor y motor ventilador del evaporador) luego se pusieron los sensores no invasivos en dichas líneas de corriente *Ilustración 24* Para la instalación de los relés de estado sólido se interrumpió esta misma línea pero esta vez acoplando un cable de ida y vuelta que llega hasta la caja eléctrica donde se conecta al RSS.



Ilustración 24 Sensor de corriente línea de motor ventilador del evaporador. Fuente propia

Caja Eléctrica

La caja eléctrica es una caja plástica organizadora de componentes de aproximadamente 40cm x 45cm donde llegan todas las señales, ahí también van ubicados los RSS, la fuente de alimentación, la PCB y los fusible aéreos. *Ilustración 25*



Ilustración 25 Caja eléctrica. Fuente propia

FASE 2

Puesta a punto de los sensores y transductores

En esta fase, ya con todos los sensores instalados en los componentes del equipo, y con una instrumentación más o menos del 60%, asesorado por un docente experto del semillero SICAP, se verifico que las señales estuvieran correctas haciendo pruebas sencillas como encendido, apagado y variando la temperatura para así monitorear el comportamiento de las variables. *Ilustración 26*

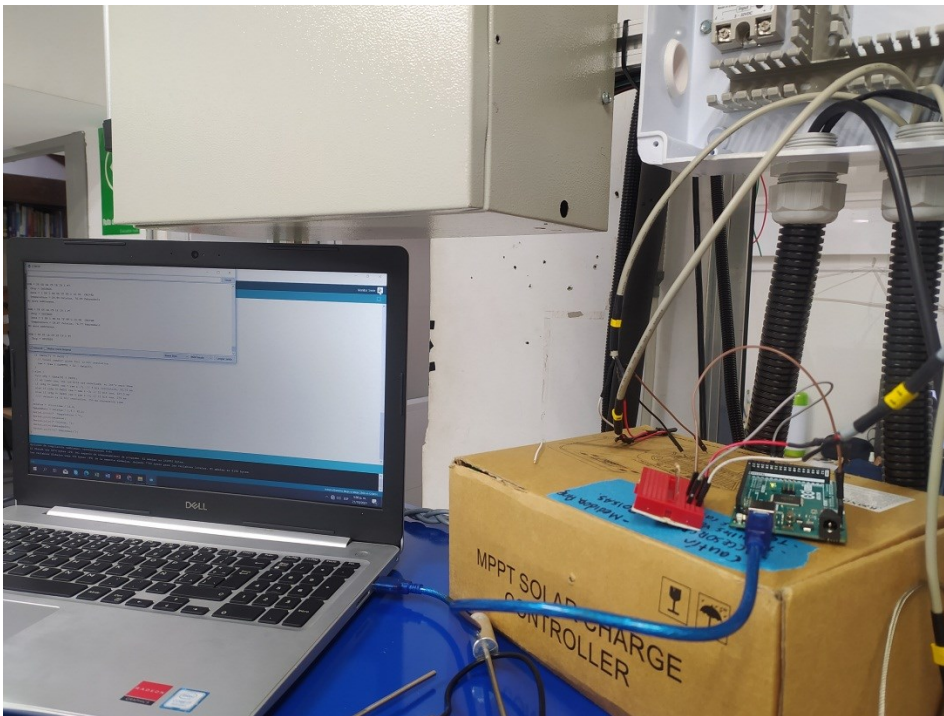


Ilustración 26 Puesta a punto de sensores. Fuente propia

FASE 3

Implementación de los dispositivos de monitoreo y control en un entorno gráfico y web.

Después de poner a punto los sensores y decodificar las señales se procede a la instalación y cableado de la caja eléctrica *Ilustración 27* donde va la fuente de voltaje, el Arduino en un Shield board para conectar mejor todos los sensores y el acoplamiento de un protochip

wemos D1 mini para transmitir los datos mediante wifi a la web, se instala una pantalla táctil y un switch mecánico maestro para también tener un manejo físico del sistema de monitoreo desde el laboratorio, *Ilustración 29* y así facilitar su uso e interacción con los laboratoristas.

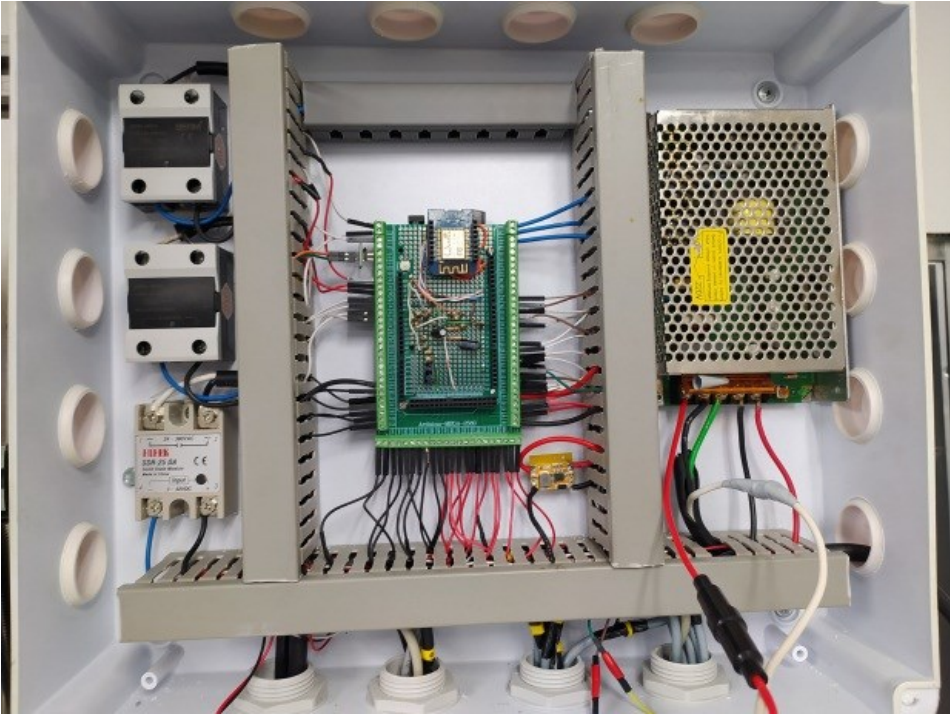


Ilustración 27 Caja Eléctrica Cableada. Fuente propia

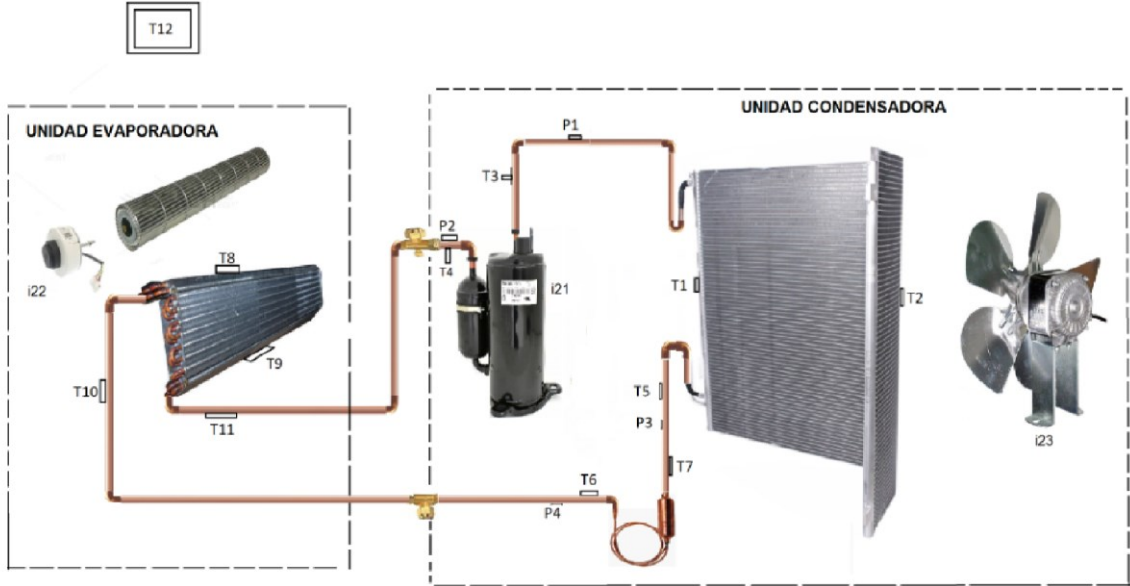


Ilustración 28 Diseño utilizado en la pantalla táctil. Fuente propia

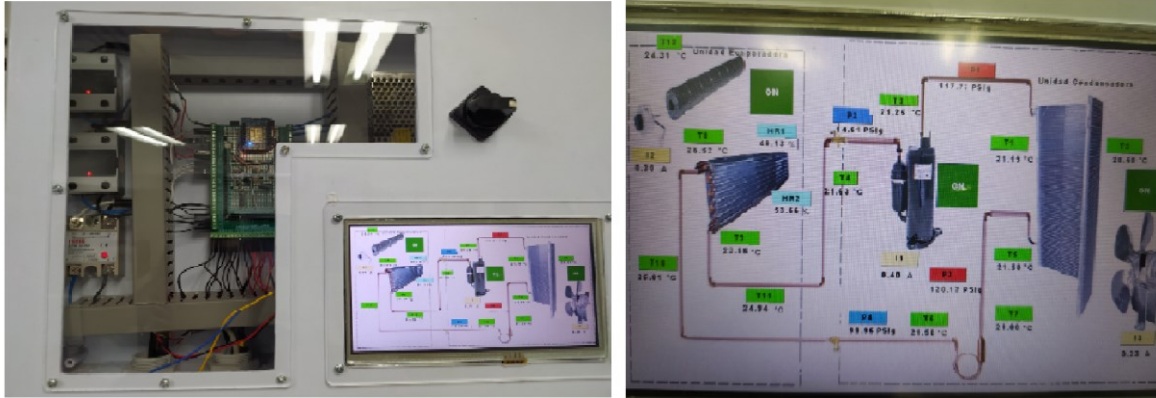


Ilustración 29 Caja eléctrica con pantalla táctil. Fuente propia

Aplicación para interacción virtual

El para la interacción virtual del equipo se utilizó la aplicación Ubidots que consiste en lo siguiente: “Ubidots una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. Este producto permite enviar datos de sensores a la nube, configurar tableros y alertas, conectarse con otras plataformas, usar herramientas de analítica y arrojar mapas de datos en tiempo real. (connectamericas.com, 2016) Mediante esta aplicación se tabularon los datos *Ilustración 31* y se conectó el equipo a la red para la interacción en tiempo real desde cualquier lugar. *Ilustración 30*

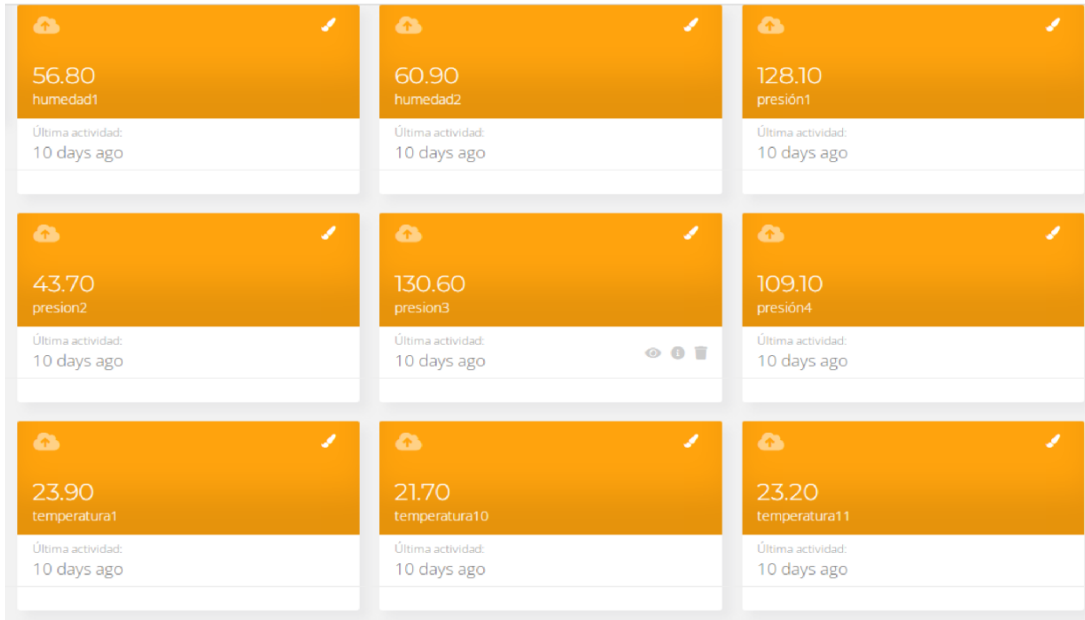


Ilustración 30 Ubidots App menú principal. Fuente propia

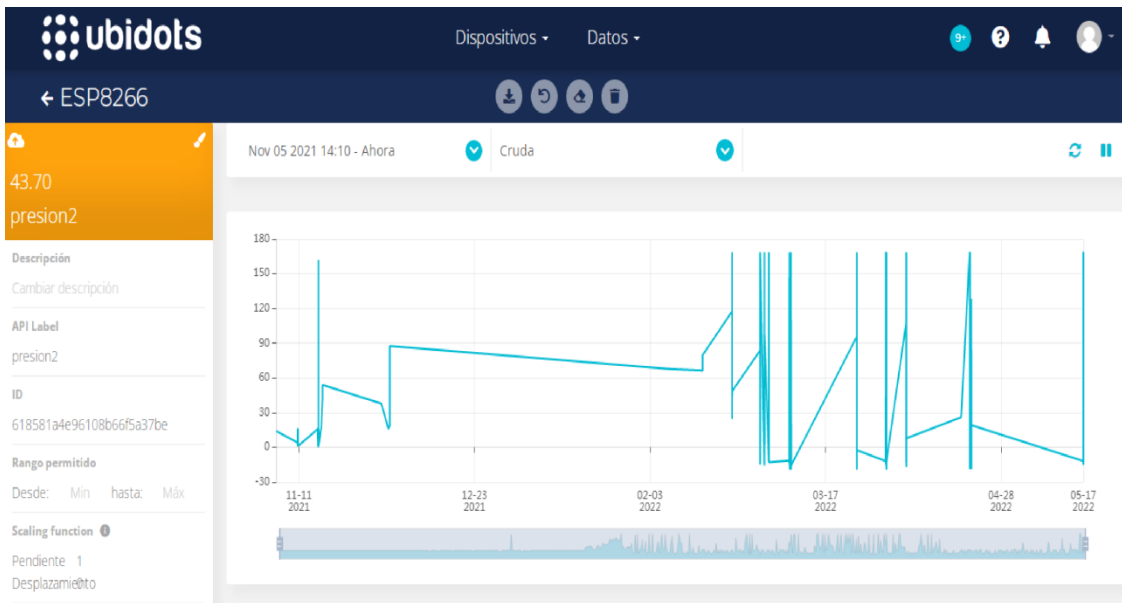


Ilustración 31 Ubidots App P2. Fuente propia

FASE 4

Competencias

En esta etapa del proyecto inicialmente se plantea una guía de laboratorio para aprender sobre el ciclo ideal de refrigeración e interactuar con el equipo en tiempo real, es importante resaltar que el laboratorio remoto es una herramienta complemento del proceso que realizan los maestros en las clases, siendo estos los que determinan cuales son las actividades y ejercicios ha realizar y las variables por analizar en el laboratorio remoto, dependiendo los temas a estudiar, por esta razón a continuación se expresan a modo de competencias obtenidas.

-El estudiante será capaz de reconocer las variables termodinámicas relacionadas con la operación del sistema de aire acondicionado para el análisis de ciclos de refrigeración por compresión de vapor

-Analizará y determinará conclusiones sobre el consumo de corriente del equipo de aire acondicionado según su carga térmica, para aprender sobre el funcionamiento y comportamiento de estos equipos

-Calculará conclusiones sobre la tasa de rechazo de calor del equipo según los datos obtenidos y la compara con la tasa de rechazo ideal con las mismas condiciones con el fin de comprender mejor el ciclo de refrigeración por compresión de vapor

-El estudiante va aprender a identificar los principales fenómenos que ocurren en el sistema de aire acondicionado antes o después de presentar una falla específica, dotándolo de saberes para el trabajo en la industria laboral.

-Calcula, analiza compara y saca conclusiones sobre la tasa de remoción de calor del equipo según los datos obtenidos y la compara con la tasa ideal de remoción con las mismas condiciones

CONCLUSIONES

- Después de realizar ensayos en el equipo se concluye que no se puede apagar el motor ventilador del evaporador porque el equipo entra en estado de alarma y se apaga por completo.
- Como recomendación a tener en cuenta no se debería nunca utilizar el equipo o realizar actividades en este, si no hay un laboratorista pendiente del mismo por temas de seguridad.
- Se pueden realizar prácticas y demostraciones de fenómenos físicos.
- A modo de trabajo futuro, quedan muchos campos por adelantar en las investigaciones electrónicas para mejorar la experiencia del laboratorio remoto e implementar guías de laboratorio lo suficientemente extensas y con la teoría necesaria para implantarlas y desarrollarlas en la mejora de la experiencia virtual.

Bibliografía

- Borràs, C. (11 de Febrero de 2020). *ecologiaverde.com*. Recuperado el 14 de Abril de 2022, de https://www.ecologiaverde.com/protocolo-de-kioto-que-es-y-en-que-consiste-413.html#anchor_2
- CEPAL. (s.f.). *observatoriop10.cepal.org/*. Recuperado el 14 de Abril de 2022, de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-kyoto-la-convencion-marco-cambio-climatico>
- connectamericas.com. (2016). *Connectamericas*. Recuperado el 4 de Mayo de 2022, de <https://connectamericas.com/es/company/ubidots>
- Cornelio, O. M., González, J. G., & Ching, I. S. (2020). Sistema de Laboratorios Remoto para las prácticas de control de la carrera de Ingeniería en Automática <https://www.redalyc.org/journal/3783/378367420005/>.
- Electronica, i. (s.f.). *didacticaselectronicas.com*. Obtenido de <https://didacticaselectronicas.com/index.php/sensores/temperatura/sensor-de-temperatura-y-humedad-digital-sht10-sht10-sensores-de-temperatura-y-humedad-y-temperatura-sht10-con-sonda-dfrobot-detail>
- Herwin Marcos Villamil Salcedo, O. E. (2005). *Estudio y aplicación de ciclos de refrigeración*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231117496005.pdf>
- J. E. Chaparro-Mesa, N. B.-S. (20 de Enero de 2019). <https://www.redalyc.org/>, *FísicaTIC, plataforma Hardware-Software para Aplicaciones en Física e Ingeniería*. Recuperado el 17 de Mayo de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/849/84961239001/>
- M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina, M. G. (2011). *Google Academico, Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la enseñanza de la ingeniería*. Recuperado el 17 de Mayo de 2022, de revista internacional de educacion en ingenieria: https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Lorandi-Medina/publication/267302003_Los_Laboratorios_Virtuales_1_y_Laboratorios_Remotos_en_la_Ensenanza_de_la_Ingenieria/links/598f47c8458515b87b443b5b/Los-Laboratorios-Virtuales-1-y-Laboratorios-Remotos-en-la
- Mario L. Ruz, S. F. (2016). *Google academico*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de http://servidor.dia.uned.es/~fmorilla/Publicaciones/2016_Refrigeracion_JA16.pdf
- Matute, C. G. (2016). *Ing.Maritima*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <http://ingmaritima.blogspot.com/2016/10/guia-basica-sistema-de-refrigeracion.html>
- Mechatronic, N. (s.f.). *naylampmechatronics.com*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-sct-013.html

- omega.com. (s.f.). Introducción a los transductores de presión, <https://mx.omega.com/prodinfo/transductores-de-presion.html>. *omega*.
- Orozco, C. A., Montoya, J. A., & Gonzales, H. A. (26 de Diciembre de 2004). *www.redalyc.org*, *PROTOTIPO DE RECUPERACION DE REFRIGERANTES*. Recuperado el 19 de Abril de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911640016.pdf>
- Preciogas. (2021). *preciogas.com* <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/aire-acondicionado/compresor#:~:text=El%20compresor%20de%20aire%20acondicionado,r%C3%A1pido%20y%20aumenta%20su%20temperatura>.
- Rivera-Mata, E. (16 de Febrero de 2018). <https://blog.froztec.com/>. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <https://blog.froztec.com/refrigeracion-para-no-ingenieros-como-elegir-tu-unidad-condensadora#:~:text=El%20condensador%20es%20uno%20de,entrada%20de%20energ%C3%ADa%20al%20compresor>.
- Roncero, E. D. (enero de 2020). *Relevancia de la ejecución experimental de proyectos con microcontroladores en el aprendizaje de la ingeniería electrónica*. Obtenido de [sciELO.org.pe](http://www.scielo.org.pe): http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1019-94032020000100048&lang=es#B17
- SAC, N. M. (2021). *naylampmechatronics.com*. Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/46_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html
- Semana. (2020). Los retos que Colombia supera ante la cuarta revolución industrial. <https://www.semana.com/tecnologia/articulo/cuales-son-los-retos-que-debe-superar-colombia-ante-la-cuarta-revolucion-industrial-1001/280911/>. *Semana*.
- Torre, M. Z.-d., Guzmán-Fernández, M., & Sifuentes-Gallardo, C. (8 de Enero de 2020). *UNA GUÍA PRÁCTICA PARA DESARROLLAR EQUIPO DE LABORATORIO CON ARDUINO*. Recuperado el 20 de Mayo de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/944/94463783002/>
- Wikipedia. (20 de Noviembre de 2021). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>
- wikipedia. (2022). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_expansi%C3%B3n_termost%C3%A1tica
- Wikipedia. (s.f.). *es.wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9_de_estado_s%C3%B3lido
- Zamora Musa, R. L. (Agosto de 2012). <https://www.redalyc.org>. Recuperado el 12 de Abril de 2022, de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=84923910017>

