



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Aragón

Automatización de la práctica “Unidad de aire acondicionado” del laboratorio de la FES Aragón por medio de microcontrolador.

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico

P R E S E N T A

Julio César Hernández Ángeles

DIRECTOR(A) DE TESIS

M. en I. Humberto Mancilla Alonso



Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, México 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

A Dios por la salud y vida.

A mis padres por el apoyo incondicional en el desarrollo personal y en la vida académica.

A mis hermanos por sus consejos, apoyo y la motivación que me brindaron.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme una educación y las herramientas para mi formación profesional.

A mi asesor de Tesis el M. en I. Humberto Mancilla Alonso por guiarme en el camino para ser un buen profesionista y ser humano.

Al Club de Mecatrónica por las herramientas que me brindo durante la realización de este y muchos proyectos que contribuyeron a mi formación.

A mis amigos Carlos, Uziel, Zair, Geovanny, Manuel y a todo aquel que apporto con una pequeña parte de su conocimiento y apoyo en mi formación.

“La función de la educación enseña a pensar intensa y críticamente. Formar inteligencia y carácter. Esa es la meta de la verdadera educación”.

Martín Luther King Jr.

Índice	
Índice de figuras	1
Índice de tablas	2
Índice de anexos	2
Introducción	3
Objetivo	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
1. Antecedentes	4
1.1 Equipo de aire acondicionado “Hilton”	4
1.2 Práctica “Unidad de aire acondicionado”	6
1.3 Definición y niveles de automatización de procesos	11
2. Levantamiento	14
2.1 Necesidad	14
2.2 Problema	14
2.3 Propuesta de solución	15
2.4 Estado del arte	15
2.4.1 <i>Microcontrolador</i>	15
2.4.2 <i>Recetas de automatización</i>	17
2.4.3 <i>Bus serie de comunicación</i>	18
2.5 Requerimientos	21
3. Diseño conceptual	21
3.1 Aplicación de receta y análisis de funciones	21
3.2 Selección de componentes y materiales	29
3.2.1 <i>Estructura de estación de medida</i>	29
3.2.2 <i>Sensores</i>	30
3.2.3 <i>Control para actuadores</i>	47
3.2.4 <i>Interfaz</i>	53
3.3 Prototipo y experimentación	54
4. Diseño a detalle	57
4.1 Estación Maestra	58
4.2 Estación Esclavo	65
4.3 Integración del sistema y adecuaciones	67
5. Pruebas y puesta en marcha	70
Conclusiones	76

Referencias	77
Bibliografía	78
Planos y anexos	79

Índice de figuras

Figura 1.1.1	Usuario manipulando la unidad de aire acondicionado “Hilton”	5
Figura 1.2.1	Carta psicrométrica a 1 atm de presión total	7
Figura 1.2.2	Distribución de las propiedades que conforman la carta psicrométrica	8
Figura 1.2.3	Diagrama de componentes para el proceso de calentamiento sensible	9
Figura 1.2.4	Diagrama de componentes para proceso de enfriamiento sensible	10
Figura 1.2.5	Diagrama de componentes para proceso de calentamiento, humidificación y recalentamiento	11
Figura 1.3.1	Pirámide de automatización	12
Figura 2.4.1.1	Placa de desarrollo Arduino UNO	16
Figura 2.4.1.2	Microcontrolador ATmega328	16
Figura 2.4.3.1	Diagrama de arquitectura del bus serie I2C	18
Figura 3.1.1	Diagrama de flujo de procesos de la unidad de arie acondicionado “HILTON”	22
Figura 3.1.2	Modelo de proceso de los procesos llevados a cabo en la práctica	28
Figura 3.2.1.2	Funciones de un sistema de medida multicanal	30
Figura 3.2.2.1	Modulo MAX6675	31
Figura 3.2.2.2	Diagrama de conexión del módulo MAX6675	32
Figura 3.2.2.3	Montaje de los termopares para medir la temperatura de bulbo seco	33
Figura 3.2.2.4	Montaje de los termopares para medir la temperatura de bulbo húmedo	33
Figura 3.2.2.5	Tipos de turbina eólica	38
Figura 3.2.2.6	Tipos de turbina eólica	38
Figura 3.2.2.7	Anemómetro de copas	39
Figura 3.2.2.8	Toma de lectura con anemómetro	40
Figura 3.2.2.9	Toma de lectura del voltaje de alimentación al ventilador	40
Figura 3.2.2.10	Radio de las paletas del anemómetro ocupado en las pruebas	42
Figura 3.2.2.11	Plano del eje desarrollado para anemómetro	44
Figura 3.2.2.12	Eje manufacturado para anemómetro	44
Figura 3.2.2.12	a) Carcasa superior del anemómetro. b) Carcasa inferior del anemómetro	45
Figura 3.2.2.13	a) Cubo. b) Copa	45
Figura 3.2.2.14	Ensamble del anemómetro desarrollado	46
Figura 3.2.2.14	Módulo de sensor LM393	46
Figura 3.2.3.1	Simbología para representar un relevador	48
Figura 3.2.3.2	Modulo relevador JQC-3FF-S-Z	49
Figura 3.2.3.2	a) Símbolo de SCR. b) Símbolo de TRIAC	50
Figura 3.2.3.3	Diagrama de comportamiento del control de fase a 120V-60Hz	51
Figura 3.2.3.4	Circuito para control de fase a 120V-60Hz	52
Figura 3.2.3.5	Placa desarrollada para control de fase a 120V-60Hz	53
Figura 3.2.4	Interfaz de transmisor de datos	54
Figura 3.3.1	Conexión Maestro/Esclavo entre Arduino UNO y Arduino Mega	55
Figura 3.3.2	Acomodo de actuadores y sensores sobre el prototipo	56
Figura 3.3.3	Prototipo del sistema desarrollado	56
Figura 4.1.1	PCB desarrollada para el microcontrolador maestro	59
Figura 4.1.2	PCB para el microcontrolador maestro	59
Figura 4.1.3	PCB para el microcontrolador maestro	60
Figura 4.1.4	Fuente conmutada 5V-3A UE-15-5	61
Figura 4.1.5	Barra de cobre 4-14	62
Figura 4.1.6	Aislador tipo manzana	62
Figura 4.1.7	Montaje de barra de cobre y aislador	63
Figura 4.1.8	Cable control 3 X 2 X 22AWG	63
Figura 4.1.9	Cable control 2 X 2 X 18AWG	64
Figura 4.1.10	Estación maestra	65
Figura 4.2.1	a) Propuesta para estaciones uno y dos. b) Propuesta para estación tres	66
Figura 4.2.2	a) PCB para estaciones uno y dos. b) PCB para estación tres	66
Figura 4.2.3	a) Estación esclavo uno y dos. b) Estación esclavo tres	67

Figura 4.2.3. Acomodo de los componentes para la maqueta.....	68
Figura 4.2.3. Modelo para actuadores.....	69
Figura 4.2.3. Maqueta final con todos los componentes.....	69
Figura 5.1. Conexión de alimentación eléctrica y de datos del sistema.....	70
Figura 5.2. Actuadores para “calentamiento sensible”.....	71
Figura 5.3. Adquisición de datos de estación uno y tres.....	72
Figura 5.4. Actuadores para “calentamiento, humidificación”.....	73
Figura 5.5. Adquisición de datos de estación uno, dos y tres.....	74
Figura 5.3. Pruebas con anemómetro desarrollado.....	75

Índice de tablas

Tabla 2.5.1. Requerimientos.....	21
Tabla 3.1.1. Etapas y unidades de la unidad de aire acondicionado “HILTON”.....	22
Tabla 3.2.2.1. Tipos de termopar.....	31
Tabla 3.2.2.2. Valores obtenidos de velocidad de arie con respecto al voltaje de alimentación.....	41
Tabla 3.2.3.1. Características de alimentación para las cargas resistivas.....	48
Tabla 4.1.1. Componentes conectados al microcontrolador maestro.....	58
Tabla 4.1.2. Consumo de componentes conectados a fuente de alimentación.....	61
Tabla 4.2.1. Componentes conectados al microcontrolador esclavo.....	65
Tabla 5.1. Componentes conectados al microcontrolador esclavo.....	75

Índice de anexos

Anexo A	79
Anexo B	80
Anexo C	81
Anexo D	82
Anexo E	83
Anexo F	84
Anexo G	85
Anexo H	86
Anexo I	87
Anexo J	88
Anexo K	89
Anexo L	90
Anexo M	91
Anexo N	92
Anexo O	93

Introducción

Este trabajo muestra el desarrollo de un sistema de automatización para la práctica “Unidad de aire acondicionado” de la materia de Aire acondicionado, que se imparte en laboratorio L2 Térmica y fluidos de la FES Aragón.

Se llevó a cabo una investigación previa sobre los componentes que conforman la unidad de aire acondicionado HILTON, con el objetivo de familiarizarse con el equipo y definir los alcances de la propuesta. Además, se utilizó como referencia el manual de la práctica “unidad de aire acondicionado” para describir los materiales, conceptos y procedimientos utilizados en esta unidad. Esta investigación previa proporciona una base para comprender el funcionamiento y los requerimientos técnicos de la unidad de aire acondicionado HILTON, lo que permitirá realizar una propuesta precisa y fundamentada. Se detallaron los conceptos fundamentales en automatización con el objetivo de seguir un orden lógico en el proceso de automatización y establecer el nivel de automatización que se desea alcanzar.

Una vez que se han conocido y comprendido los conceptos y componentes necesarios, se identificó el problema y la necesidad. A partir de esto, se realizó una propuesta para implementar un sistema de adquisición de datos que permitiera medir variables como la temperatura y la velocidad del viento, además de controlar los actuadores involucrados en la práctica.

Asimismo, se desarrolló una propuesta técnica con el objetivo de poner en marcha el sistema a implementar. Esto incluyó la selección de componentes y materiales necesarios, así como la infraestructura requerida para asegurar el correcto funcionamiento del sistema propuesto.

Todo esto se llevó a cabo con el fin de cumplir con los requerimientos identificados para realizar la práctica del laboratorio de manera exitosa.

Objetivo

Objetivo general

- Automatizar por medio de Arduino con fines didácticos la práctica “Unidad de aire acondicionado” del laboratorio de la FES Aragón.

Objetivos específicos

- Analizar el desarrollo de la practica unidad de aire acondicionado para saber los requerimientos del sistema.
- Identificar y analizar el funcionamiento de la unidad de aire acondicionado para aplicar recetas de automatización.
- Seleccionar los componentes del sistema de adquisición de datos para la implementación de las estaciones de medida.
- Seleccionar el control de los actuadores que intervienen en la unidad de aire acondicionado.
- Desarrollar un prototipo que integre las estaciones de medida y el posible control de los actuadores para los requerimientos de la práctica.

1. Antecedentes

1.1 Equipo de aire acondicionado “Hilton”.

El equipo está conformado por tres secciones generales, ventilación, calefacción y refrigeración. La primera consta de un ventilador centrifugo de velocidad variable que está acoplado a un ducto de 254 mm de sección cuadrada. En la succión del ventilador se encuentra una estación de medida para la temperatura de bulbo húmedo y seco. Para la sección de calefacción se cuenta con dos bancos de resistencias eléctricas y un humidificador a base de agua. El primer

banco de resistencias consta de dos resistencias de 1 kW y se localizan después del ventilador; el segundo banco tiene dos resistencias de 0.5 kW y se localizan después del serpentín de enfriamiento. El humidificador se localiza después del primer banco de resistencias y consta de un depósito para agua; en su interior tiene 3 resistencias de inmersión de 1.5 kW, con el fin de evaporar el agua y por medio de un conducto llevar el vapor de agua al interior del ducto. La sección de refrigeración se cuenta con un sistema de refrigeración (Compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión). El evaporador se encuentra antes del segundo banco de resistencias y tiene la función de deshumidificador. Una placa de orificios ubicada al final del ducto permite con ayuda de un manómetro diferencial, medir el flujo de aire a la salida del ducto. El panel de control tiene un reóstato para controlar la velocidad de giro del ventilador, tres botones para activar las resistencias de inmersión y cuatro botones para activar las resistencias de calentamiento (ver figura 1.1.1). [1]



Figura 1.1.1 Usuario manipulando la unidad de aire acondicionado “Hilton”.

1.2 Práctica “Unidad de aire acondicionado”.

La práctica 8 del laboratorio de Aire acondicionado que lleva por nombre “Unidad de aire acondicionado” tiene como objetivos:

- Familiarizarse con los procesos psicrométricos más utilizados en el acondicionamiento de aire. [2]
- Obtener y evaluar en el equipo de laboratorio los procesos psicrométricos: calentamiento sensible, enfriamiento sensible y calentamiento, humidificación y recalentamiento. [2]

El material necesario para la realización de la práctica es:

- El equipo de Aire Acondicionado “Hilton”.
- Tres termómetros de bulbo húmedo.
- Cinco termómetros de bulbo seco.

Para entender los términos utilizados en la práctica se deben entender conceptos como la carta psicrométrica y las variables involucradas en esta.

Una carta psicrométrica (ver figura 1.2.1), es un gráfico que representan las propiedades del aire y se ocupa para determinar el cambio de estas, con respecto a la variación de la humedad en el aire. Los datos adquiridos pueden fundamentarse en condiciones de presión atmosférica a nivel del mar o sobre el nivel del mar. Las propiedades de suma importancia que conforman la carta psicrométrica son: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, temperatura de punto de rocío, humedad específica, volumen y entalpía específicos.

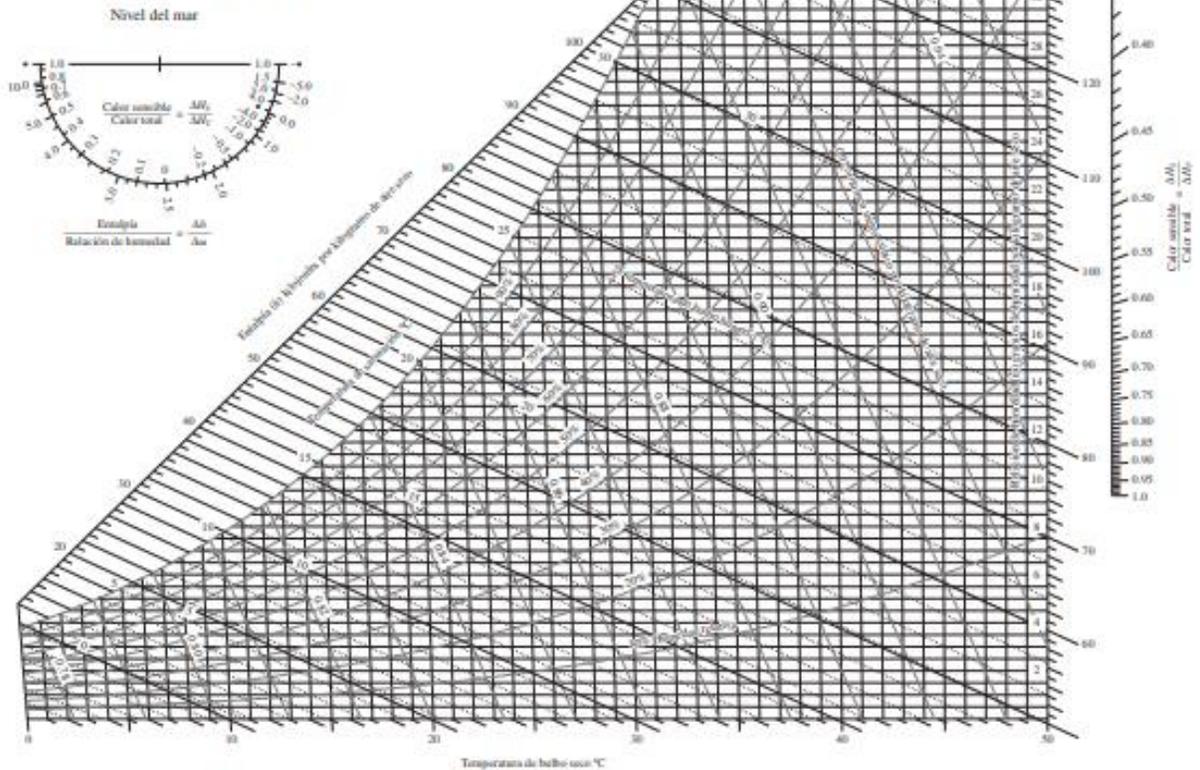


Figura 1.2.1. Carta psicrométrica a 1 atm de presión total (Yunes A. Cengel, 2011).

La temperatura de bulbo seco (T_{bs}), es medida con un termómetro común y simboliza el calor sensible presente en el aire.

La temperatura de bulbo húmedo (T_{bh}), representa la temperatura a la que se evapora el agua y simboliza el calor latente presente en el aire. Un termómetro de bulbo húmedo es un termómetro común, que tiene una mecha humedecida con agua donde se ubica el bulbo y cuando el agua se evapora provoca una temperatura más baja que la de bulbo seco.

“La temperatura de punto de rocío (T_{pr}), se define como la temperatura a la que se inicia la condensación si el aire se enfría a presión constante” (Yunes A. Cengel, 2011).

La humedad relativa (ϕ), se define como la cantidad de humedad que contiene el aire con relación a el nivel máximo de humedad que puede contener el aire a la misma temperatura.

La humedad específica o absoluta (ω), se refiere a la masa de vapor de agua que se encuentra dentro de una unidad de masa de aire seco.

La entalpía (h), se define como el aumento o disminución de la cantidad de calor presente en el aire en un proceso dado.

El volumen específico (V), para usos de la carta psicrométrica se define como el volumen de mezcla de aire por unidad de masa de aire seco.

En la figura 1.2.2 se aprecia como están distribuidas las propiedades que conforman la carta psicrométrica (temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, temperatura de punto de rocío, humedad relativa, humedad específica, entalpía y volumen específico).

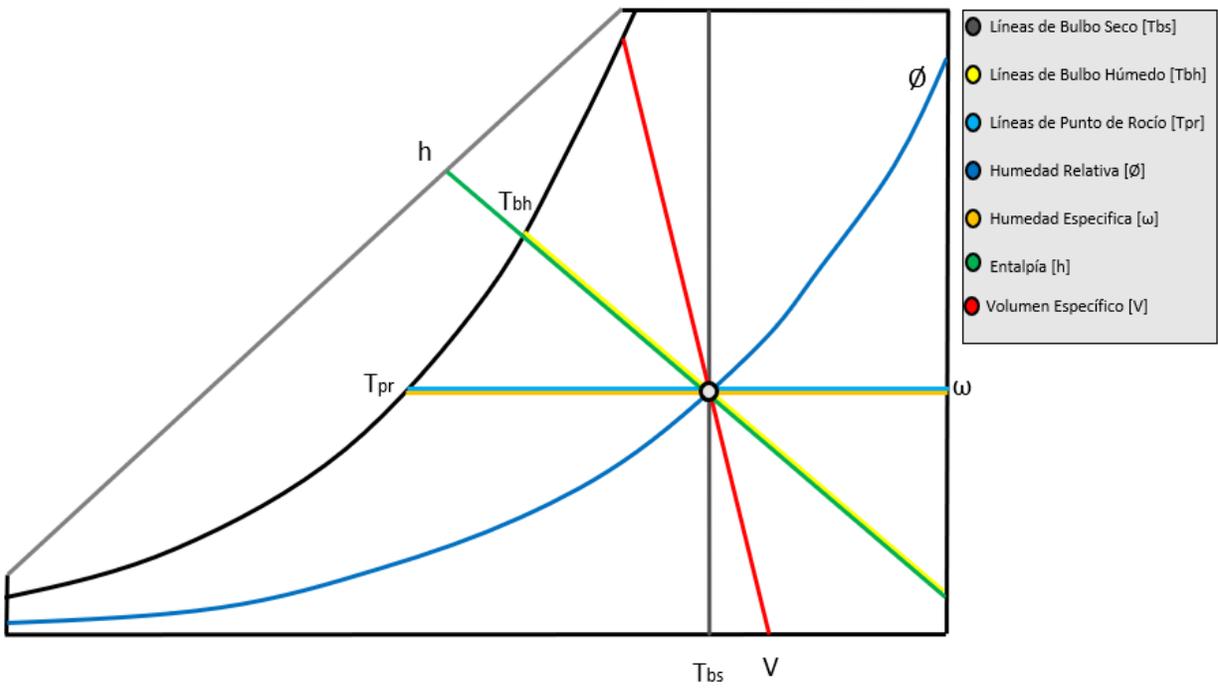


Figura 1.2.2. Distribución de las propiedades que conforman la carta psicrométrica.

Ya que uno de los objetivos de la práctica es obtener y evaluar los procesos psicrométricos se debe conocer en qué consiste cada uno y la manera de obtenerlos con el equipo de Aire Acondicionado “Hilton”.

En el primer proceso psicrométrico que lleva por nombre “Calentamiento sensible” se hace pasar un flujo de aire por una superficie seca y con un nivel de temperatura mayor a la temperatura de bulbo seco, por lo tanto, el aire capta el calor de esta superficie para aumentar sensiblemente su temperatura. Las variables como humedad específica y temperatura de rocío en este proceso no sufren cambios. Las demás propiedades sufren un cambio.

Se activa el ventilador ubicado en la sección A. Se activan una de las resistencias de 0.5kW ubicada en la sección F. Este proceso inicia en la sección D y finaliza en la sección G justo en estas dos secciones se debe tomar mediciones de temperatura de bulbo húmedo y seco. El valor de presión se obtiene del manómetro inclinado que se encuentra en la sección G. En la figura 1.2.3 se muestra la distribución de los componentes para este proceso.

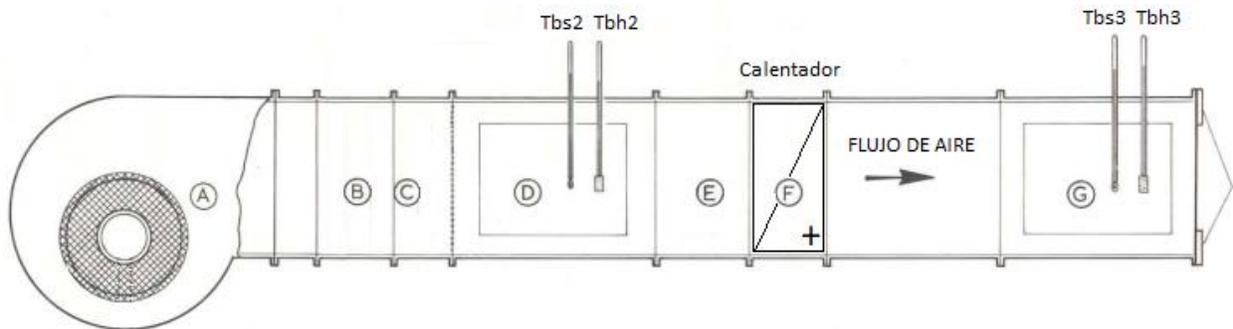


Figura 1.2.3. Diagrama de componentes para el proceso de calentamiento sensible.

Para el segundo proceso psicrométrico que lleva por nombre “Enfriamiento sensible” se hace pasar un flujo de aire sobre una superficie a con una temperatura menor a la temperatura de bulbo seco. En este proceso el serpentín de enfriamiento debe tener una temperatura mayor en su

superficie exterior que la temperatura de punto de rocío del aire, para evitar que se condense la humedad presente en el aire y resulte en transferencia de calor latente.

Se activa el ventilador y se regula la velocidad con el reóstato, para que el serpentín de enfriamiento de la sección E funcione, se debe poner en marcha el sistema de refrigeración, la sección D es el punto de inicio del proceso y la sección G el final. El valor de presión se obtiene del manómetro inclinado que se encuentra en la sección G. En la figura 1.2.4 se muestra la distribución de los componentes para este proceso.

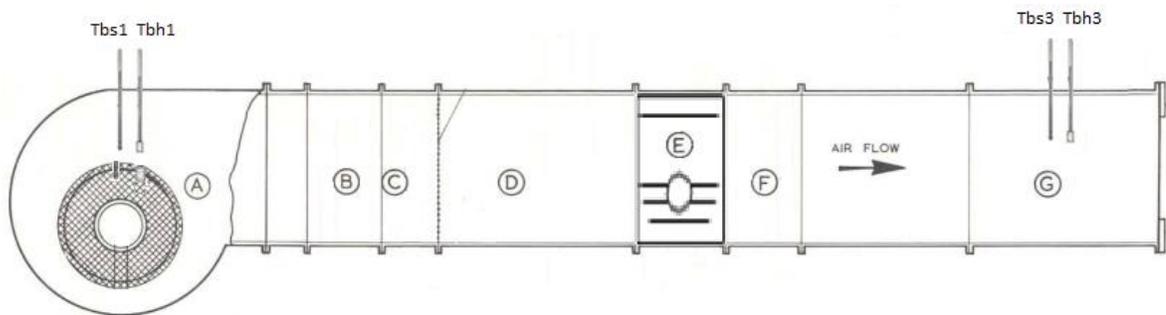


Figura 1.2.4. Diagrama de componentes para proceso de enfriamiento sensible.

Para el proceso psicrométrico de “Calentamiento, humidificación y recalentamiento” que es el tercer y último proceso que se lleva a cabo en la práctica, se hace pasar un flujo de aire el cual será calentado y humidificado al mismo tiempo. Durante este proceso, la mezcla de aire aumenta sus valores de humedad específica y entalpia. La temperatura de bulbo seco cambiará su valor con respecto a la temperatura inicial del agua y del aire.

En este proceso se acciona el ventilador, se activan las resistencias de 1kW ubicadas en la sección B, se activa el humidificador ubicado en la sección C y por último se activan las resistencias de 0.5 kW ubicadas en la sección F. En la figura 1.2.5 se muestra la ubicación de los componentes utilizados en este proceso.

Para todos los procesos se mide la diferencia de presión con el manómetro inclinado ubicado en la sección G [1].

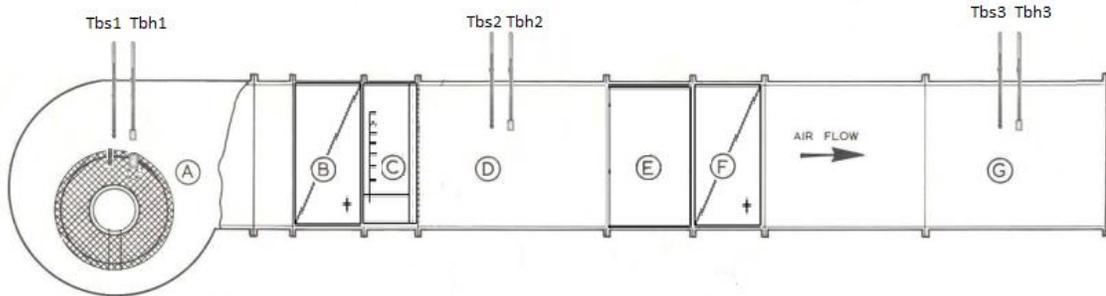


Figura 1.2.5. Diagrama de componentes para proceso de calentamiento, humidificación y recalentamiento.

1.3 Definición y niveles de automatización de procesos.

La automatización se describe como el manejo íntegro o parcial de un proceso con poca o nula participación humana. Los procesos que se pueden automatizar son los que están vinculados con ensamblaje, manejo, embalaje y reducir labores rutinarias. Se dictamina automatizar un proceso cuando implica realizar tareas repetitivas, trabajos de riesgo, aminorar tiempos de procesos, estimar situaciones económicas, mejorar la calidad de los productos, etc.

El esquema de la figura 1.3.1 muestra la pirámide de automatización, en este se aprecia la manera en que son integrados los procesos de fabricación con los sistemas para la gestión de la producción y la administración de los recursos empresariales, es decir, la comunicación de los eslabones de la cadena de valor [3].

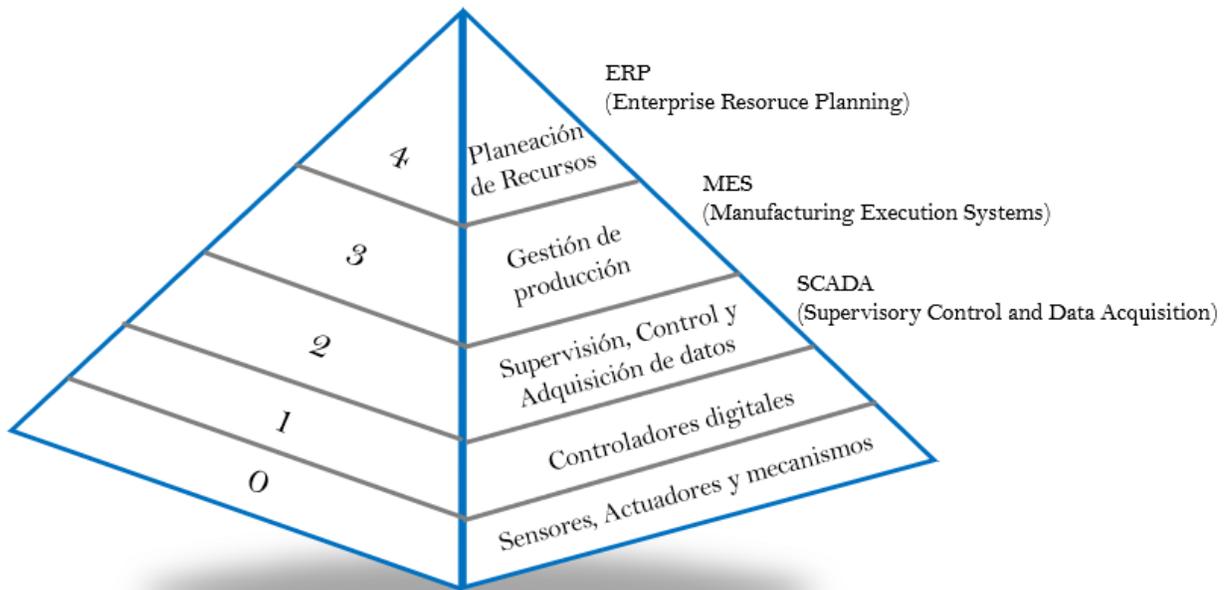


Figura 1.3.1. Pirámide de automatización.

- **Sensores, Actuadores y mecanismos (Nivel 0).**

Los dispositivos que a partir de una variable física (temperatura, velocidad, presión, etc.) generan una señal eléctrica se les conoce como sensores. Los dispositivos que modifican la etapa mecánica de un sistema y forman parte de este se les conoce como actuadores. Los mecanismos son el conjunto de instrumentos enlazados a los actuadores para producir un trabajo por el funcionamiento propio de los actuadores. [3]

- **Controladores digitales (Nivel 1).**

En este nivel se encuentran equipos como PLC por sus siglas Controlador Lógico Programable que mediante entradas y salidas de tipo analógica o digital pueda controlar máquinas o procesos. [3]

- **Sistema de control, supervisión y adquisición de datos (Nivel 2)**

Los SCADA por sus siglas en inglés Supervisory Control and Data Acquisition, el cual se traduce al español como Sistema de control, supervisión y adquisición de datos. Es el gestor de la adquisición y reserva de los datos transmitidos por los controladores digitales del nivel 1. Desarrolla una muestra gráfica y animada de las variables involucradas en el proceso y monitorización de estas a través de alarmas. Con las condiciones obtenidas del nivel 3 actúan los controladores digitales y los instrumentos de campo. Tiene la posibilidad de enlazar con otros servicios y bases de datos, locales o distribuidas en buses de datos. [3]

- **Sistemas para la ejecución de la manufactura (Nivel 3).**

Los MES por sus siglas en inglés Manufacturing Execution Systems, el cual se traduce al español como sistemas para la ejecución de la manufactura, facilitan información que permite la mejor manera de realizar las funciones de producción desde el lanzamiento del requerimiento del producto hasta la conclusión de este. [3]

- **Sistemas para la administración de recursos empresariales (Nivel 4).**

Los ERP Enterprise Resource Management, el cual se traduce al español como sistemas para la administración de recursos empresariales, es una recopilación de módulos de software vinculados con la adquisición, reserva y distribución centralizada de los datos con el fin de tomar decisiones en cualquier momento y que a su vez influyan directamente en la planta. [3]

2. Levantamiento

2.1 Necesidad

En el laboratorio “L2 Térmica y Fluidos” de la Facultad de Estudios Superiores Aragón se imparte la práctica que lleva por nombre “Unidad de Aire Acondicionado” en la que se ocupa la Unidad de Aire Acondicionado “Hilton”. Donde los alumnos aprenden a obtener y evaluar los procesos psicrométricos de “Calentamiento, Humidificación y Recalentamiento”, “Calentamiento Sensible” y “Enfriamiento sensible”. Se realiza la toma de mediciones de las propiedades involucradas en la práctica que permiten evaluar cada uno de los procesos (temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco y presión diferencial). El ejercicio de toma de mediciones en la unidad de aire acondicionado se lleva a cabo de forma repetida y en distintas estaciones de medida; por lo que surge la necesidad de implementar un sistema de adquisición de datos de cada una de estas propiedades.

2.2 Problema

Durante la realización de la práctica, es común observar que los estudiantes se centran en tomar medidas de las diferentes propiedades requeridas, lo que lleva a una pérdida parcial de atención en la evaluación y obtención de los procesos involucrados en la práctica. Esto puede resultar en un incumplimiento de uno de los objetivos establecidos para la práctica.

Los sistemas de adquisición de datos ya han sido implementados con anterioridad en equipos del laboratorio L2 Térmica y Fluidos, como lo fue la “Instrumentación virtual y supervisión para una planta de vapor, generadora de energía eléctrica” [4], pero el software utilizado en estas aplicaciones pierde licencia de usuario, ocasionando que no puedan ser ocupados como material de apoyo en las prácticas impartidas y prácticamente quedan obsoletos.

2.3 Propuesta de solución

La propuesta de solución para los problemas antes mencionados es implementar un sistema de adquisición de datos de las variables requeridas por la práctica, como: temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco y presión diferencial, con una estructura modular con el fin de cubrir las distintas estaciones de medida que deben estar presentes sobre el ducto. Utilizando la plataforma de desarrollo Arduino que tiene la característica de ofrecer tanto software y hardware libres. Con una estructura basada en recetas de automatización con el objetivo de englobar los distintos requerimientos de los procesos llevados a cabo en la práctica.

2.4 Estado del arte

2.4.1 Microcontrolador

Arduino es una plataforma de desarrollo de software y hardware libre, consiste en una placa de microcontrolador (ver figura 2.4.1.1), con un lenguaje de programación en un entorno de desarrollo que soporta la entrada y salida de datos y señales. Esta desarrollada sobre una biblioteca que facilita la escritura de la programación en el lenguaje de programación C/C++ (Pedrara, 2016). El lenguaje de Arduino trabaja con librerías con el fin de hacer menos compleja la programación, ayudando al usuario con la configuración de entradas y salidas; ya sean digitales o analógicas [5].



Figura 2.4.1.1. Placa de desarrollo Arduino UNO.

Un microcontrolador es circuito integrado programable que incluye los componentes imprescindibles con el fin de controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Un sistema con microcontrolador debe contar con una memoria en la cual se almacena el programa que dirige el funcionamiento de este, que al momento que sea programado y configurado; solo tendrá la función de realizar la tarea que se le asigne. El uso de un microcontrolador en un circuito reduce considerablemente el tamaño y número de componentes; a su vez reduce el número de fallos, el volumen y peso de los equipos (Enrique Palacios, 2004). En la figura 2.4.1.2 se muestra el microcontrolador ATmega328 que lleva la placa Arduino UNO.

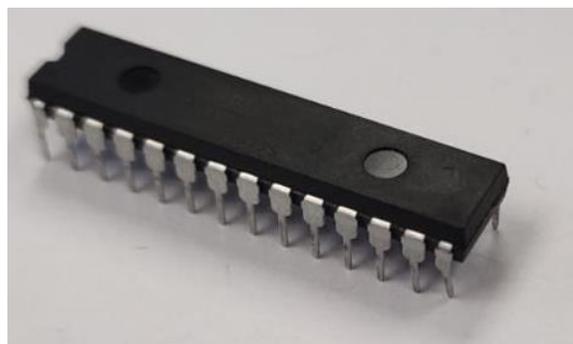


Figura 2.4.1.2. Microcontrolador ATmega328.

2.4.2 Recetas de automatización

La receta o *récipe*, es el conjunto de información requerida que identifica de forma única los requerimientos de fabricación de un producto en específico. Según la ISA S88.01, se cuenta con cuatro tipos de receta y cada una debe estar compuesta de la siguiente información. [6].

- a) Encabezado: Debe tener por contenido información sobre la receta y un resumen del proceso.
- b) Modelo de datos: Debe tener la información del equipo para la producción de un lote.
- c) Fórmula: Contiene los materiales de entradas, salidas y parámetros del proceso.

Los cuatro tipos de receta en forma jerárquica son:

- 1) Receta general: Utilizada en el nivel empresarial, es la base de las recetas de niveles inferiores. Esta receta define materias primas y sus cantidades, anexo con el procesamiento necesario para fabricar un mismo producto. Se configura para cumplir diferentes situaciones en las que se fabricara un mismo producto, sin especificar equipos o sitios. Este tipo de recetas es la encargada de los procesos, pero también se puede utilizar como base de la planificación y las inversiones futuras en una planta.
- 2) Receta local: La receta específica para un sitio. Puede generarse a partir de un ingreso general estableciendo restricciones y condiciones específicas para el sitio en cuestión.
- 3) Receta maestra: La receta maestra está dirigida al procesamiento de departamentos y se deriva en los ingresos generales o los ingresos del sitio. Se centran en el equipo y sirven como base para las recetas de control.
- 4) Receta de control: Es una receta para ejecutar el control por lotes. Basa su estructura en la receta maestra con la excepción de que los parámetros originales estarán abiertos

a modificaciones para satisfacer las necesidades del lote de producción. Se debe tener en cuenta en ocasiones las recetas de control se utilizan para hacer lotes idénticos, cada una de este tipo de recetas son únicas y exclusivas de su respectivo lote [7].

2.4.3 Bus serie de comunicación

El bus serie I2C, está compuesto por dos líneas de comunicación donde se puede conectar distintos dispositivos mediante un hardware, como el que se muestra en la figura 2.4.3.1. Mediante estas líneas se produce la comunicación que es de tipo bit a bit. Las señales que se transmiten por cada línea son:

- SCL (Serial Clock). Se define como la señal de reloj y su función es de sincronizar los datos.
- SDA (Serial Data). Su función es la de transferencia serie de los datos.

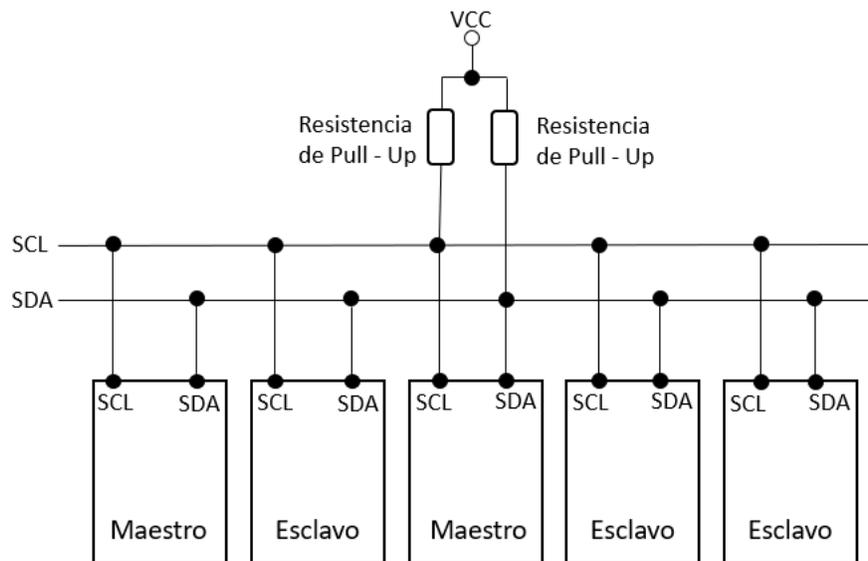


Figura 2.4.3.1. Diagrama de arquitectura del bus serie I2C.

Los dispositivos que se conectan al bus I2C siguen un protocolo de comunicación que se clasifican como maestro/esclavo (o Master/Slave). Las responsabilidades del maestro y del esclavo se distinguen por:

- El circuito maestro es responsable de iniciar y finalizar la transferencia de datos, así como de controlar la señal de reloj. En la mayoría de los casos, este rol lo cumple un microcontrolador.
- Por otro lado, el esclavo se refiere al circuito que es direccionado por el circuito maestro.

Las características principales del bus I2C con el protocolo de comunicación Maestro/Esclavo son:

- Los maestros y los esclavos tienen la característica de actuar como transmisores o receptores de datos, esto se logra mediante la línea SDA.
- El maestro en todo momento debe cumplir con la función de generar la señal reloj (SCL).
- Cada uno de los dispositivos conectados al bus I2C tiene una dirección diferente al resto.
- Se pueden tener múltiples maestros lo que permite que el bus pueda ser controlado por distintos dispositivos, pero comúnmente los sistemas están compuestos por un solo dispositivo maestro.

El valor de las resistencias Pull-Up depende de la tensión de alimentación, la amplitud del bus y del número de dispositivos conectados. Pero un valor de 4k7 cumple para la mayoría de las aplicaciones (Enrique Palacios, 2004).

La velocidad máxima de transmisión es de 100 kbits por segundo. El número de dispositivos conectados está limitado por la capacidad 400 kP.

a nivel alto, se toma como condición especial de inicio y termino de transferencia de datos.

Para el proceso de transferir un bit por la línea de datos SDA se debe generar un pulso de reloj por la línea SCL. Los bits transferidos deben mantenerse estables sobre la línea SCL cuando la línea SCL está en un nivel alto. El estado de la línea SDA sólo puede sufrir cambios cuando la línea SCL se mantenga en nivel bajo.

Para iniciar la transferencia de datos el bus no debe de estar ocupado. Para asegurar esto la línea SCL y SDA deben estar en un nivel alto. En la transmisión de datos se debe seguir el siguiente proceso:

- **Condición de inicio.** SDA debe estar en transición a nivel bajo mientras SCL debe de estar en nivel alto. Esta es la señal de comienzo de la transferencia de datos.
- **Transmisión de datos.** Los bits con los datos por cada pulso de reloj.
- **Condición de alto.** SDA debe de estar en transición a nivel alto mientras que SCL debe de estar en alto. Esta es la señal de término de la transferencia de datos.

Estas condiciones de transmisiones de datos son generadas por el dispositivo maestro (Enrique Palacios, 2004).

2.5 Requerimientos

En la tabla 2.5.1 se describen los requerimientos del usuario.

Tabla 2.5.1. Requerimientos.

Requerimientos	
Sistema de adquisición de datos.	Sistema de adquisición de datos de las variables involucradas en la práctica como: Temperatura de bulbo húmedo (Tbh), Temperatura de bulbo seco (Tbs) y Presión diferencial.
Registro en base de datos.	Se genera un reporte en Excel de las mediciones hechas por el sistema de adquisición de datos.
Automatización de los procesos psicrométricos.	Se realiza la automatización de los procesos psicrométricos que se pueden llevar a cabo con la unidad de aire acondicionado "Hilton".

3. Diseño conceptual

3.1 Aplicación de receta y análisis de funciones

Para aplicar la receta correspondiente a cada uno de los procesos realizados en la unidad de aire acondicionado, es importante tener en cuenta que solo se llevan a cabo dos de los tres procesos mencionados en la práctica, específicamente el "Calentamiento sensible" y "Calentamiento, humidificación y recalentamiento". Los procesos relacionados con el sistema de refrigeración no son considerados debido a que algunos componentes del equipo se encuentran dañados o no cumplen con las características necesarias para su correcto funcionamiento.

Imagen de flujómetro y compresor

El procedimiento para aplicar la ISA S88.01 [7] basada en recetas pide como primer punto generar un diagrama de flujo de proceso como el que se muestra en la figura 3.1.1. El diagrama permite conocer las características físicas de la unidad y se puede apreciar las operaciones que se llevan a cabo dentro de la unidad.

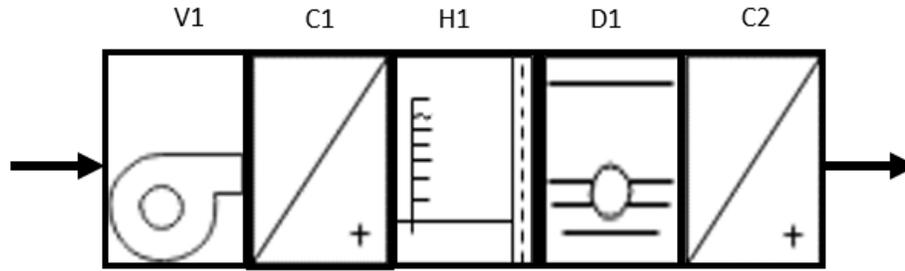


Figura 3.1.1. Diagrama de flujo de procesos de la unidad de aire acondicionado “HILTON”.

En la tabla 3.1.1 se determinan las etapas y procesos utilizados en la unidad de aire acondicionado. Las etapas corresponden a cada uno de los procesos psicrométricos que se piden obtener en la práctica de laboratorio y las unidades se refiere a cada uno de los componentes presentes en la unidad.

Tabla 3.1.1. Etapas y unidades de la unidad de aire acondicionado “HILTON”.

Etapas	Unidades
Etapa 1: Proceso psicrométrico de Calentamiento sensible	Unidad 1: Calentamiento sensible.
Etapa 2: Proceso psicrométrico de Calentamiento, Humidificación y Recalentamiento.	Unidad 2: Calentamiento, humidificación y recalentamiento.
Etapa 3: Proceso psicrométrico de Enfriamiento sensible.	Unidad 3: Enfriamiento sensible

Descripción de etapas

Etapa 1: *Proceso psicrométrico de calentamiento sensible*: El proceso se inicia cuando se hace circular un flujo de aire a través del serpentín de calentamiento utilizando el ventilador rotatorio. Además, se han ubicado estaciones de medida tanto antes como después del serpentín.

Etapa 2: *Proceso psicrométrico de calentamiento, humidificación y recalentamiento*: El proceso se inicia cuando se hace circular un flujo de aire a través del serpentín de calentamiento mediante el uso de un ventilador rotatorio. A continuación, el aire pasa por el serpentín de humidificación, donde se incrementa la cantidad de agua presente en el aire. Finalmente, el aire pasa por el segundo serpentín de calentamiento, cuya función es recalentar la mezcla. Durante todo el proceso, se ubican estaciones de medida. La primera se encuentra antes del primer serpentín de calentamiento, seguida por una estación entre el serpentín de calentamiento y el serpentín de humidificación. Por último, la última estación se encuentra después del segundo serpentín de calentamiento.

Etapa 3: *Proceso psicrométrico de enfriamiento sensible*: El proceso se inicia cuando se hace circular un flujo de aire a través del serpentín de enfriamiento utilizando el ventilador rotatorio. Además, se han ubicado estaciones de medida tanto antes como después del serpentín.

Descripción de unidades.

Unidad 1: *Calentamiento sensible*: La unidad de calentamiento sensible tiene dos interruptores en el panel de control que accionan dos resistencias de 1 KW para el primer calentador, un ventilador rotatorio de velocidad variable, una estación de medida de TBH y TBS y una estación de medida de TBH, TBS y presión diferencial.

Unidad 2: *Calentamiento, humidificación y recalentamiento*: La unidad de calentamiento, humidificación y recalentamiento; tiene dos interruptores en el panel de control que accionan dos resistencias de 1 KW para el primer calentador, dos interruptores en el panel de control que accionan dos resistencias de 0.5 KW para el segundo calentador, el humidificador tiene tres interruptores en el panel de control que activan tres resistencias de inmersión que se encuentran

dentro de un tanque de agua, dos estaciones de medida de TBH y TBS y una estación de medida de TBH, TBS y presión diferencial.

Unidad 3: *Enfriamiento Sensible*: La unidad de enfriamiento sensible, tiene el evaporador que forma parte del sistema de refrigeración se activa poniendo en marcha esté último, una estación de medida de TBH y TBS y una estación de medida de TBH, TBS y presión diferencial.

Definición de módulos de equipo y módulos de control.

El módulo de equipo 1 es implementado en la etapa 1 y etapa 2.

Módulo de equipo 1: Equipo para energizar y regular voltaje al ventilador.

1. Módulos de control (MC):

- Módulo de Control 1: MC para velocidad del ventilador.

2. Variables controladas:

- Voltaje de alimentación al ventilador.

3. Variables manipuladas:

- Control de señal que activa módulo de control para velocidad de ventilador.

4. Disturbios: No aplica

5. Clasificación de disturbio: No aplica

6. Esquema de control: Para energizar y regular el voltaje se propone un sistema de control de lazo abierto.

Módulo de equipo 2: Equipo para activar el calentador.

1. Módulos de control (MC):

- Módulo de Control 2: Módulo de relevador para control de carga resistiva de 0.5 kW
 - Módulo de control 3: Módulo de relevador para control de carga resistiva de 1kW
2. Variables controladas:
 - Voltaje de alimentación a la carga resistiva.
 3. Variables manipuladas:
 - Control de señale que activa el módulo relevador para carga resistiva
 4. Disturbios: No aplica
 5. Clasificación de disturbio: No aplica
 6. Esquema de control: Para realizar el control se propone un sistema manual para activar los módulos de relevador.

Módulo de equipo 3: Equipo para activar el humidificador.

1. Módulos de control (MC):
 - Módulo de Control 4: Módulo de relevador para control de carga resistiva de 1.5 kW
2. Variables controladas:
 - Voltaje de alimentación a la carga resistiva.
3. Variables manipuladas:
 - Control de señale que activa módulo de carga resistiva.
4. Disturbios: No aplica
5. Clasificación de disturbio: No aplica

6. Esquema de control: Para realizar el control se propone un sistema manual para activar los módulos de relevador.

Módulo de equipo 4: Equipo para realizar adquisición de datos.

1. Módulos de control (MC):
 - Módulo de Control 5: Módulo de adquisición de datos 1 (TBH y TBS).
 - Módulo de Control 6: Módulo de adquisición de datos 2 (TBH y TBS).
 - Módulo de Control 7: Módulo de adquisición de datos 3 (TBH, TBS y presión diferencial).
2. Variables controladas: No aplica
3. Variables manipuladas: temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco y presión diferencial.
4. Disturbios: No aplica
5. Clasificación de disturbio: No aplica
6. Esquema de control: No aplica

Definición de operaciones y acciones de proceso.

Etapas 1

Operación 1.1: Regular velocidad del ventilador

- Control de voltaje de alimentación al ventilador.

Operación 1.2: Calentador

- Activar modulo relevador para carga resistiva de 1 kW

Operación 1.3: Sistema de adquisición de datos

- Activar módulo de adquisición de datos 1 (TBH y TBS).
- Activar módulo de adquisición de datos 3 (TBH, TBS y presión diferencial).

Etapa 2

Operación 2.1: Regular velocidad del ventilador

- Control de voltaje de alimentación al ventilador.

Operación 2.2: Calentador

- Activar modulo relevador para carga resistiva de 1 kW
- Activar modulo relevador para carga resistiva de 0.5 kW

Operación 2.3: Humidificador

- Activar modulo relevador para carga resistiva de 1.5 kW

Operación 2.4: Sistema de adquisición de datos

- Activar módulo de adquisición de datos 1 (TBH y TBS).
- Activar módulo de adquisición de datos 2 (TBH y TBS).
- Activar módulo de adquisición de datos 3 (TBH, TBS y presión diferencial).

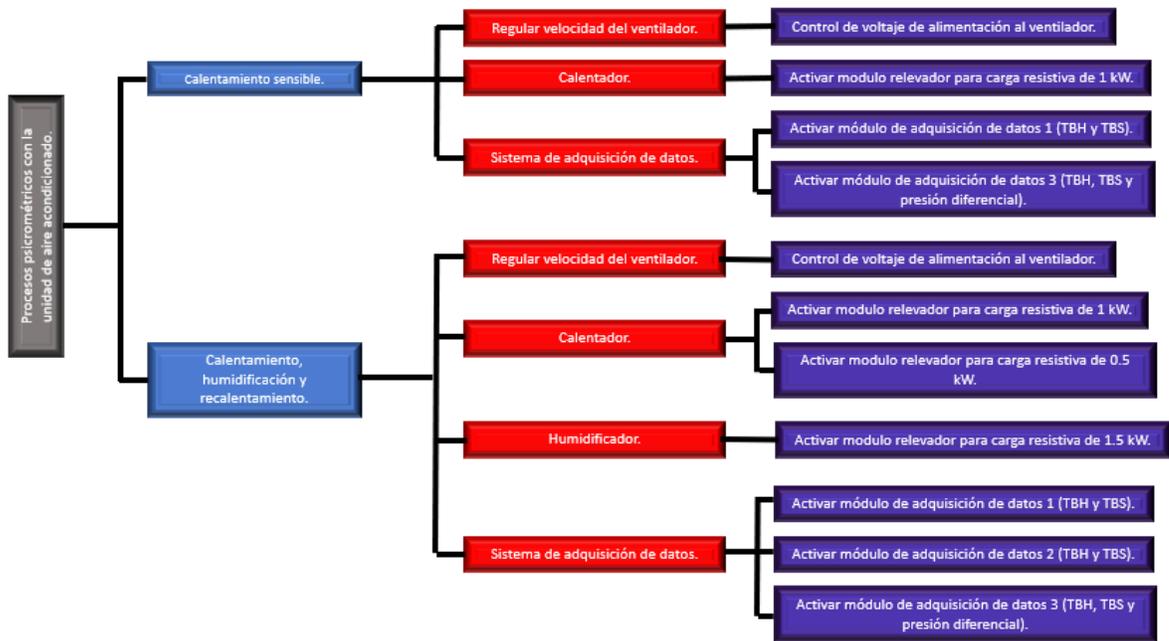


Figura 3.1.1. Modelo de proceso de los procesos llevados a cabo en la práctica.

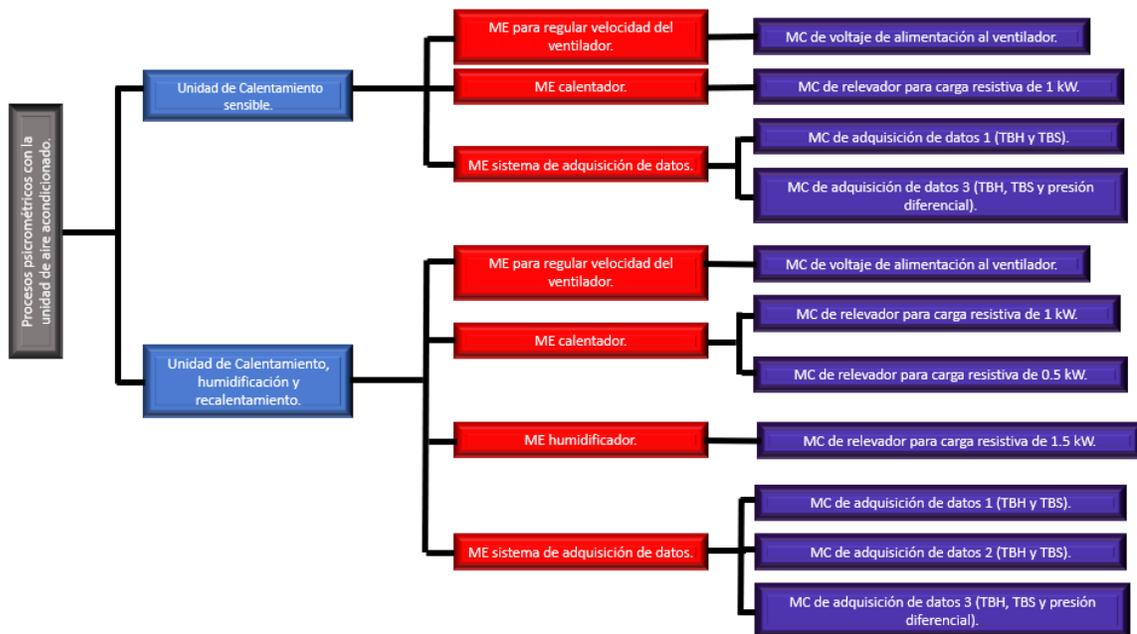


Figura 3.1.2. Modelo de proceso de los procesos llevados a cabo en la práctica.

3.2 Selección de componentes y materiales

3.2.1 Estructura de estación de medida

Las estaciones de medida que se ubicarán en la unidad de aire acondicionado para monitorear las variables involucradas deben seguir la estructura de un sistema de medida como se describe a continuación:

- Adquisición de datos. La información de las variables a medir es adquirida y convertida en una señal eléctrica, esto se consigue mediante un sensor específico para medir la variable correspondiente pasa, la señal obtenida pasa por un acondicionamiento de señal y por último la señal analógica medida debe ser convertida a una señal digital mediante un convertidor analógico-digital (ADC).
- Procesamiento de datos. Consiste en el procesamiento, selección y manipulación de los datos. Esta función suele ser realizada por un microcontrolador o proceso digital de señal.
- Distribución de datos. El valor medido se presenta a un observador se almacena o se transmite a otro sistema.

En la figura 3.2.1.1 se muestra cada una de las funciones del sistema de medida.

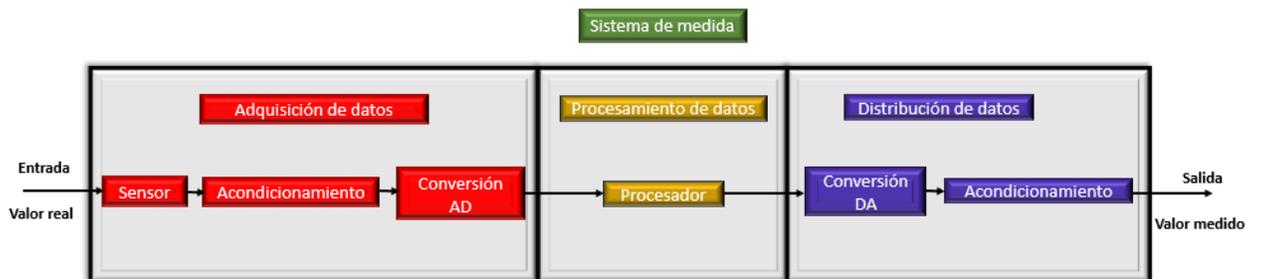


Figura 3.2.1.1. Funciones de un sistema de medida (Miguel A. Pérez García, 2005).

Ya que se son distintas variables que se deben medir en cada estación, se debe contar con un sistema de medida multicanal que permite una captura simultanea de variables y en cada canal de entrada dispone de un convertidor A/D independiente. En la figura 3.2.1.2 se muestra la estructura de un sistema de medida multicanal.

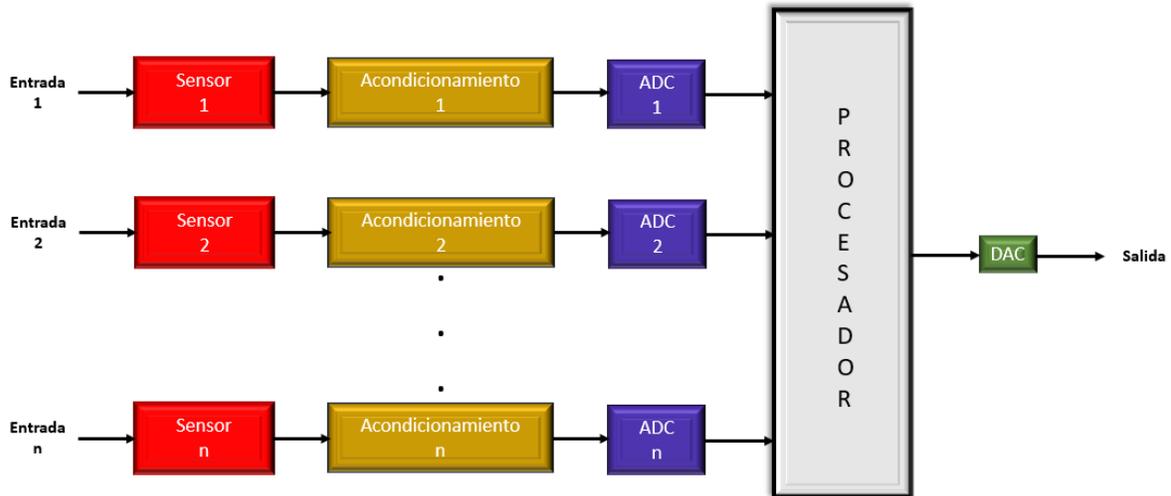


Figura 3.2.1.2. Funciones de un sistema de medida multicanal (Miguel A. Pérez García, 2005).

3.2.2 Sensores

Temperatura. Como se mencionó anteriormente, las variables a medir están relacionadas con la temperatura, por lo tanto, se ha seleccionado un sensor capaz de medir esta variable. En este caso, se ha elegido utilizar un termopar como sensor de temperatura. Un termopar es un tipo de sensor que se compone de la unión de dos metales diferentes. La característica fundamental del termopar es que genera una tensión eléctrica proporcional a la diferencia de temperaturas entre los puntos de unión de los metales (Miguel A. Pérez García, 2005).

Los tipos de termopares se clasifican conforme al material del que están compuestos. Algunos de los más comunes son: J, K, N, T, etc. En la tabla 3.2.2.1 se muestran más características de este tipo de termopares.

Tabla 3.2.2.1. Tipos de termopar.

Tipo	Composición	Campo de medida recomendado	Sensibilidad
J	Fe – Constantán	0 a 760°C	51,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
K	Cromel* - Alumel	-200 a 1250°C	40,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
N	Nicrosil* - Nisil*	0 a 1260°C	26,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
T	Cu – Constantán	-200 a 350°C	41,0 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

El termopar seleccionado para este equipo es el tipo K. Esta elección se debe a que el termopar tipo K está compuesto por metales que no se oxidan en las condiciones en las que es sometido el equipo. Además, puede trabajar dentro de los rangos de temperatura en los que opera este equipo, que van desde los 25°C hasta los 40°C [1]. Esto garantiza que el termopar tipo K no tendrá un impacto negativo en la precisión de las lecturas de temperatura.

Los termopares generan una señal analógica, por lo tanto, se requiere el uso de un módulo que convierta esta señal analógica a digital. En este caso, se utilizará el módulo MAX6675 [ver anexo A] (ver figura 3.2.2.1) que cumple con la función de convertidor analógico-digital para los termopares tipo K. El módulo tiene cinco pines que corresponden a GND (tierra), +5 VCC, SCK (entrada serial de reloj), CS (chip selector) y SO (salida serial de datos).

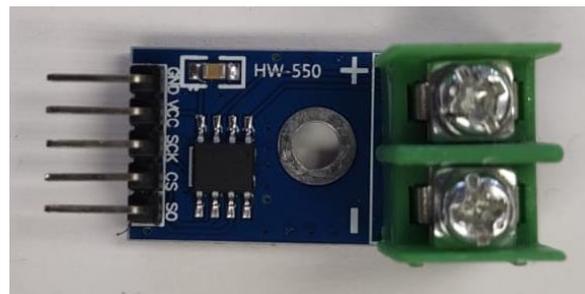


Figura 3.2.2.1. Módulo MAX6675.

Para conectar el módulo MAX6675 al microcontrolador se deben realizar las siguientes conexiones que se muestran en la figura 3.2.2.2.

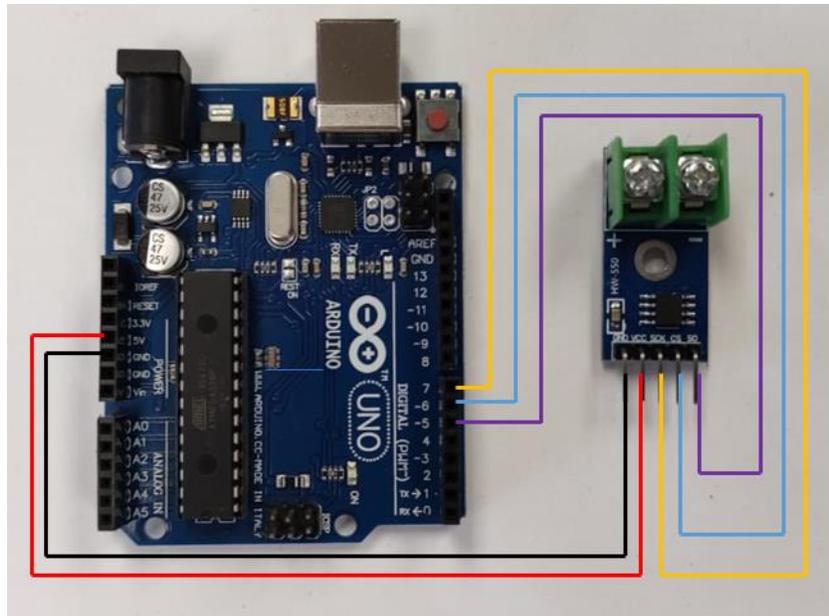


Figura 3.2.2.2. Diagrama de conexión del módulo MAX6675.

El montaje en general de los termopares con su modulo debe asemejarse al montaje que tienen los termómetros de bulbo seco y bulbo húmedo, para el termopar para medir la temperatura de bulbo seco se propuso el montaje que se muestra en la imagen 3.2.2.3.



Figura 3.2.2.3. Montaje de los termopares para medir la temperatura de bulbo seco.

Para el montaje del termopar con el fin de medir la temperatura de bulbo húmedo, se realizaron las siguientes adaptaciones: se generó un montaje específico que tiene la función de almacenar agua y que permite el flujo de aire sobre el termopar. Además, se agregó un trozo de tela en el bulbo húmedo del termopar. Esta tela tiene la función de absorber el agua y mantenerla en contacto con el termopar. El montaje realizado se aprecia en la figura 3.2.2.4.



Figura 3.2.2.4. Montaje de los termopares para medir la temperatura de bulbo húmedo.

Otras de las variables que se deben obtener para el desarrollo de la práctica es la presión del manómetro inclinado, el propósito de obtener este dato es calcular el flujo volumétrico de aire.

A continuación, se describe el proceso que se debe seguir:

$$\dot{V}_S = K * \left(\frac{TBS}{293}\right)^{0.74} (2 * Pm * g^{0.5}) \quad [m^3/s] \quad (3.2.2.1)$$

Donde:

\dot{V}_S = Flujo volumétrico a la salida	$[m^3/h]$
TBS = Temperatura de bulbo seco a la salida del ducto	$[^{\circ}K]$
Pm = Presión manómetro inclinado	$[mmH_2O]$
g = Aceleración de la gravedad	$[m/s^2]$
K = Constante de proporcionalidad	$[Adimencional]$

El propósito de calcular el flujo volumétrico es calcular el flujo masico del aire como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{V}_s}{v_s} \quad [Kg/h] \quad (3.2.2.2)$$

Donde:

\dot{m}_a = Flujo masico del aire [Kg/h]
 \dot{V}_S = Flujo volumétrico a la salida [m³/h]
 v_s = Volumen especifico a la salida del ducto de carta [m³/Kg]
 psicrométrica.

Finalmente se calcula el calor absorbido por el aire con la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a(h_G - h_D) \quad [kW] \quad (3.2.2.3)$$

Donde:

\dot{Q}_a = Calor absorbido por el aire [kW]
 \dot{m}_a = Flujo masico del aire [Kg/h]
 h_E = Entalpia a la entrada del ducto de carta psicrométrica [kJ/Kg]
 h_s = Entalpia a la salida del ducto de carta psicrométrica [kJ/Kg]

La intención de conocer los cálculos que se tienen que llevar a cabo durante el desarrollo de la práctica es saber que la ecuación 3.2.2.1 puede ser remplazada con la ecuación 3.2.2.3 como se muestra a continuación:

$$\dot{V}_S = V * A \quad [m^3/s] \quad (3.2.2.3)$$

Donde:

\dot{V}_S = Flujo volumétrico a la salida [m³/h]
 V = Velocidad de aire a la salida del ducto [m³/h]

$A =$ Área de la placa de orificio ubicada en la salida del ducto $[m^2]$

Comprendiendo la sección anterior se propone cambiar la variable medida de presión a la variable de velocidad de aire medida a la salida del ducto. Con el propósito de reducir el número de variables que intervienen en la ecuación que proporciona la práctica.

Velocidad de viento. El instrumento comúnmente utilizado para medir la velocidad del aire es el anemómetro. El anemómetro es un instrumento meteorológico que se encarga de medir la velocidad del viento. Se trata básicamente de un transductor, es decir, un dispositivo que convierte energía de una forma a otra, y proporciona una señal de salida proporcional a la medición.

El anemómetro puede realizar la medición de la velocidad del viento de diferentes maneras y se clasifica según su principio de funcionamiento. Una forma de clasificarlos sobre su principio de funcionamiento es:

1. Transferencia de momento: Estos instrumentos convierten la velocidad angular del viento en velocidad angular de un rotor. Algunos ejemplos de este tipo de instrumentos son el anemómetro de copas y el anemómetro de hélices.
2. Presión sobre sensores estacionarios: Estos instrumentos miden la presión total causada por el movimiento del aire. Algunos ejemplos son los tubos Pitot y las esferas de arrastre.
3. Transferencia de calor: Estos instrumentos miden la pérdida de energía térmica de un cuerpo debido al movimiento del aire. Un ejemplo de este tipo de instrumento es el anemómetro de hilo caliente.

4. Efecto Doppler: Estos instrumentos miden el cambio en la frecuencia de una onda debido al movimiento del aire. Ejemplos de este tipo de instrumentos son los anemómetros acústicos y anemómetros láser.

En el mercado actualmente se dispone de distintos tipos de anemómetro, para este tipo de aplicación se seleccionó un anemómetro de copas, la razón por la cual se seleccionó este tipo de anemómetro fue porque su funcionamiento es muy elemental y no requiere muchos componentes específicos. Ya que ningún tipo de anemómetro que se encuentra en el mercado se ajusta a los requerimientos del sistema en el que se pretende implementar como lo puede ser el voltaje de alimentación de 5V que manejan las placas Arduino; se decide desarrollar un anemómetro compatible con esta plataforma.

Para desarrollar el anemómetro de copas para la unidad de aire acondicionado se debe conocer los componentes más característicos de un anemómetro de copas y saber el principio básico de funcionamiento en el que se basa como se describen a continuación:

Las turbinas eólicas se clasifican por la orientación del eje de rotación. Cuando el eje se encuentra montado horizontalmente paralelo al suelo se conoce como turbina eólica HAW. Una turbina eólica con su eje vertical al suelo se le conoce como VAW (Adaramola, 2014). Como se muestra en la figura 3.2.2.5.

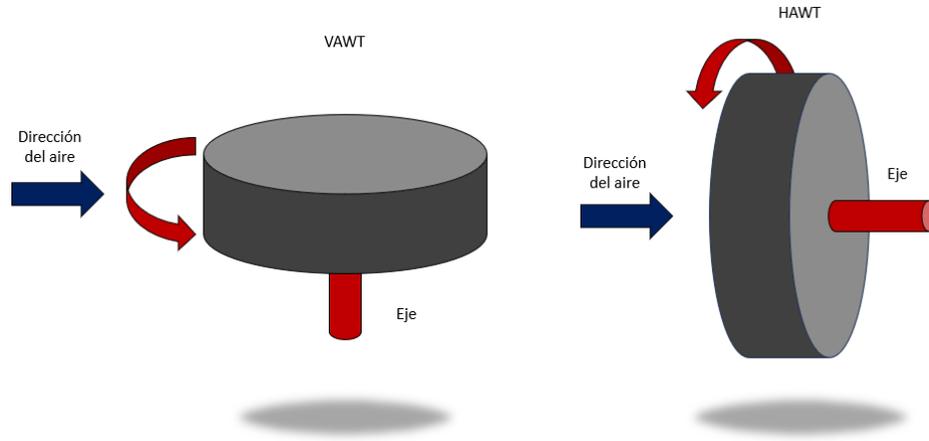


Figura 3.2.2.5. Tipos de turbina eólica.

Los anemómetros de copas basan su principio de funcionamiento en el tipo de turbina eólica VAWT al igual que el diseño de rotor Savorius y rotor Derrius (Batidor de huevo) (Adaramola, 2014).

Las partes fundamentales de un anemómetro de copas son: copas, cubo, eje y base. Como se muestra en la figura 3.2.2.6.

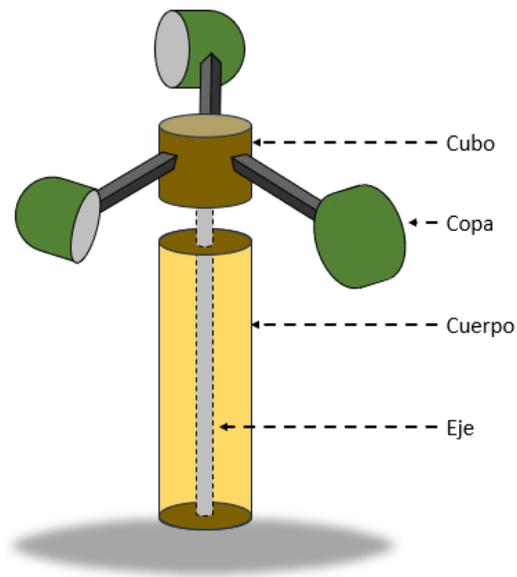


Figura 3.2.2.6. Tipos de turbina eólica.

Una vez que se conocen los componentes y el concepto de lo que es un anemómetro se realiza el análisis de funciones de cada uno. Como se muestra a continuación:

1. Eje: La función del eje en esta aplicación es sostener el cubo.
2. Copa: La copa es la encargada de recibir la energía del viento y convertirla en un movimiento traslacional.
3. Cuerpo: El cuerpo se encarga de alojar, proteger y direccionar.
4. Cubo: El cubo es el encargado de distribuir las cargas que ejercen las copas accionadas por la incidencia del viento.

Ya que se conocen los componentes y la función que tienen, se puede proponer la configuración que va a llevar cada uno. Para proponer las dimensiones del eje se debe tener en consideración las medidas de la placa de orificio ubicadas al final del ducto que son de xx cm de diámetro; otro parámetro que se debe tomar en consideración es un aproximado del número de r.p.m. a las que va a girar el eje. Para conocer este dato se realizó un experimento en el cual se asignó un valor de voltaje al ventilador por medio del reóstato y mediante un anemómetro BLUE-ABH4224 (ver anexo O) como el que se muestra en la figura 3.2.2.7.



Figura 3.2.2.7. Anemómetro de copas.

Para realizar la toma de lecturas de velocidad de aire se colocó el anemómetro despegado 20cm de la salida del ducto de la unidad de aire acondicionado como se muestra en la figura 3.2.2.8.

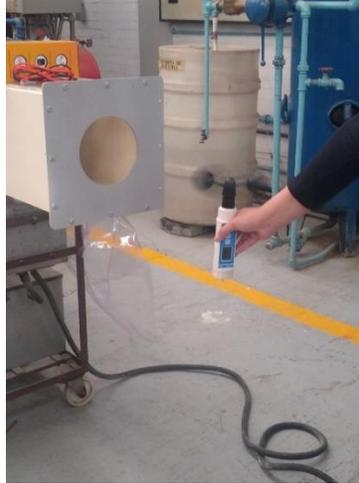


Figura 3.2.2.8. Toma de lectura con anemómetro.

El suministro de voltaje se realizó a través del reóstato, el cual cuenta con una escala correspondiente en el panel de control. Con el fin de asegurar el valor exacto del voltaje suministrado, se llevaron a cabo mediciones de voltaje en las puntas de conexión del ventilador, como se muestra en la figura 3.2.2.9.



Figura 3.2.2.9. Toma de lectura del voltaje de alimentación al ventilador.

Los intervalos de voltaje son de 5 V con el fin de tener un mayor campo de muestreo, el rango de voltaje suministrado es de 5V a 110V que es el voltaje de operación máximo del ventilador [manual], por último, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.2.2.2.

Tabla 3.2.2.2. Valores obtenidos de velocidad de arie con respecto al voltaje de alimentación.

Nivel de voltaje	Tratamiento	Y (velocidad del aire [Km/h])
Ascendente		
5	1	0
10	2	0
15	3	0
20	4	0
25	5	0
30	6	0
35	7	0
40	8	0
45	9	0
50	10	9.5
55	11	14.6
60	12	18
65	13	20.5
70	14	24.5
75	15	27
80	16	34.4
85	17	35.6
90	18	39.7
95	19	42.9
100	20	43.9
105	21	46.7
110	22	49.8

Para obtener el número aproximado de r.p.m. a las que va a estar sometido el eje se realizaron los siguientes cálculos utilizando como referencia las dimensiones del anemómetro utilizado en el experimento. Para este caso se utilizó la velocidad obtenida cuando al ventilador se le suministro 110V ya que es el voltaje nominal de operación del ventilador [8] y por lo tanto sería el valor máximo de r.p.m. que se pueden obtener con la unidad.

Para obtener la velocidad de viento se ocupa la ecuación para la velocidad lineal como se muestra a continuación:

$$V = \frac{2\pi r}{T} \quad (3.2.2.4)$$

Se realizó el despeje del periodo (T).

$$T = \frac{2\pi r}{V} \quad (3.2.2.5)$$

Donde:

r = radio de la circunferencia del rotor del anemómetro [m]

V = Velocidad de aire a la salida del ducto. [m/s]

El radio se obtiene del anemómetro con el cual se realizó la prueba como se muestra en la figura 3.2.2.10

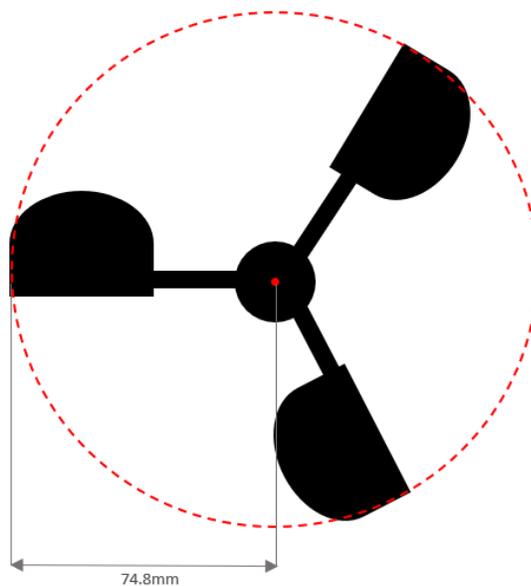


Figura 3.2.2.10. Radio de las paletas del anemómetro ocupado en las pruebas.

Se realizan las operaciones correspondientes utilizando la ecuación anterior con el fin de obtener el periodo (el tiempo que tarda un objeto en dar un ciclo) como se muestra en seguida:

$$T = \frac{2\pi(0.0748m)}{(13.83 \text{ m/s})} = 0.0339 \text{ s}$$

Después se obtiene la frecuencia (número de ciclos por segundo):

$$f = \frac{1}{T} \tag{3.2.2.6}$$

$$f = \frac{1}{0.0339 \text{ s}} = 29.4266 \text{ Hz}$$

Por último, se obtiene la velocidad angular para saber el número máximo de revoluciones por minuto que puede alcanzar el anemómetro con la unidad de aire acondicionado.

$$\omega = (f)(2\pi) \tag{3.2.2.7}$$

$$\omega = (29.4266)(2\pi) = 184.85 \text{ r.p.m}$$

Una vez que se obtenidos los datos se realizó la propuesta de eje como se muestra en la figura 3.2.2.11, se le añadieron dos rodamientos con el fin de que el eje pueda asegurar el número de r.p.m., se realizó el maquinado en torno y el material en el que se maquina es en barra de aluminio 6061 de 3/8” (ver anexo N).

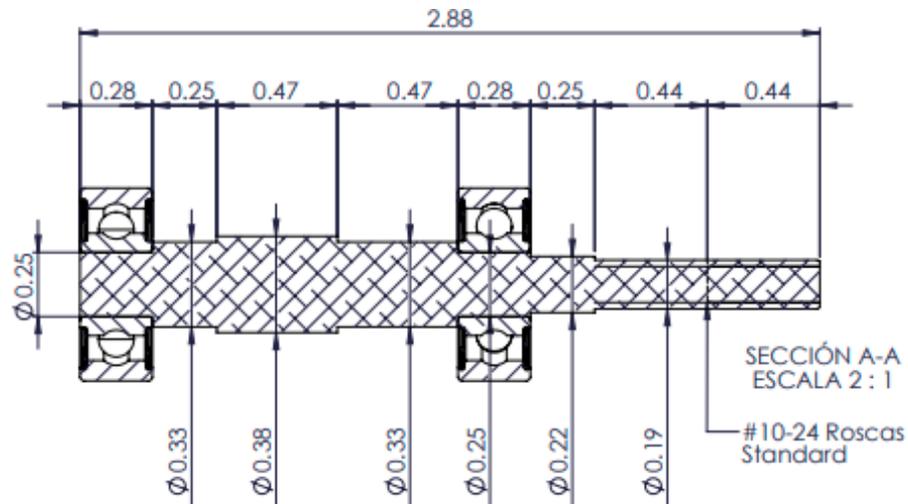


Figura 3.2.2.11. Plano del eje desarrollado para anemómetro.

También se anexo un encoder con un solo orificio para realizar la adquisición de datos para las r.p.m. a las que va a estar girando el eje; este encoder se manufacturo por manufactura aditiva con material PLA. El resultado del maquinado, el ensamble de los dos rodamientos y el encoder se muestra en la figura 3.2.2.12.



Figura 3.2.2.12. Eje manufacturado para anemómetro.

Para el desarrollo del cuerpo, se propuso que fueran dos partes una superior y una inferior con el fin de dar mantenimiento en un futuro y se pueda acceder a los componentes fácilmente; también de añadieron unas protuberancias para que tengan la función de sujetar el instrumento a

una base fija y por último se añadió un soporte para el módulo de sensor LM393. El resultado del cuerpo se muestra en la figura 3.2.2.12.

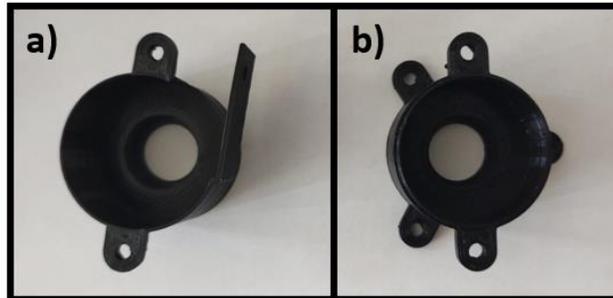


Figura 3.2.2.12. a) Carcasa superior del anemómetro. b) Carcasa inferior del anemómetro.

En el caso del cubo se propusieron las dimensiones de acuerdo con las dimensiones del cuerpo y anexando unos cortes con forma de cola de milano; y para las copas las dimensiones se propusieron sin ningún otro estudio ya que conlleva conceptos que salen del alcance de este caso de estudio. En la figura 3.2.2.13 se muestra el resultado del cubo y las copas.

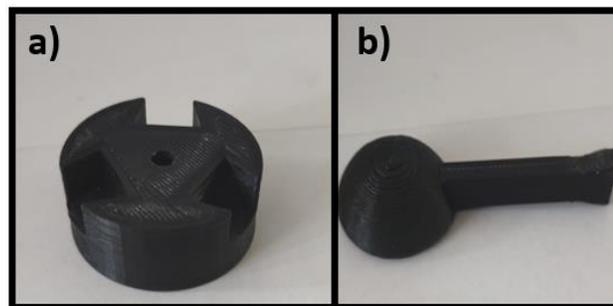


Figura 3.2.2.13. a) Cubo. b) Copa.

Al igual que el encoder estas piezas se realizaron mediante manufactura aditiva ya que permitió generar geometrías complejas como el de las copas y el corte de cola de milano. El ensamble resultante se muestra en la figura 3.2.2.14.



Figura 3.2.2.14. *Ensamble del anemómetro desarrollado.*

Para contar el número de r.p.m. del anemómetro desarrollado, se seleccionó el módulo de sensor LM393 (ver figura 3.2.2.14) más el encoder de un solo orificio y la librería TimerOne de Arduino, entrega la frecuencia del giro del eje del anemómetro.

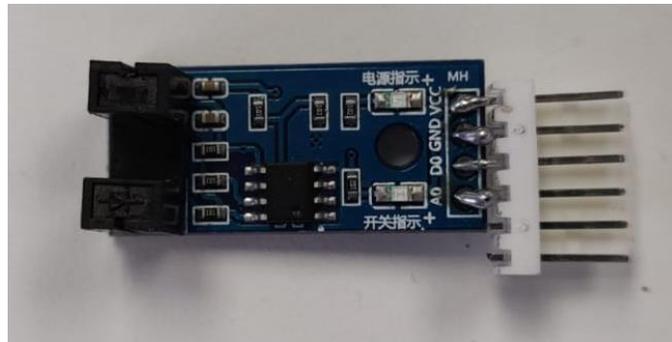


Figura 3.2.2.14. *Módulo de sensor LM393 (ver anexo B).*

Para obtener el valor de velocidad de viento se realizaron las siguientes operaciones en la programación.

Primero se obtienen las r.p.m.

$$\omega = (f)(2\pi)$$

Posteriormente calcula la velocidad lineal con la siguiente ecuación:

$$V = (\omega)(r) \tag{3.2.2.8}$$

Donde:

V = Velocidad de aire. [m/s]

ω = Velocidad angular. [r.p.m]

r = Radio de la circunferencia del rotor del anemómetro [m]

fabricado (0.08m).

Cabe aclarar que no se busca un diseño definitivo para este instrumento de medición solo es una propuesta que permita obtener el dato que permita el correcto funcionamiento del sistema.

3.2.3 Control para actuadores

Los actuadores con los que cuenta la unidad de aire acondicionado son dos resistencias de calentamiento de 1 kW, dos resistencias de recalentamiento de 0.5 kW, tres resistencias de inmersión de 1.5 kW y el ventilador centrifugo.

Control de carga resistiva. Para el control de las cargas resistivas se propusieron módulos relevadores. Un relevador es un interruptor que es accionado mediante un electroimán. Mediante un sistema de control que maneja bajas tensiones puede controlar circuitos o actuadores que trabajen a tensiones superiores o distinto tipo de corriente de alimentación [9]. El principio de funcionamiento más básico de un relevador es representado en la figura 3.2.3.1.

La representación simbólica del principio de funcionamiento de un relevador se muestra en la figura 3.2.3.1. El contacto K representa el estado del relevador, A1 es la entrada de la bobina, NA representa al contacto normalmente abierto y NC representa el contacto normalmente cerrado.

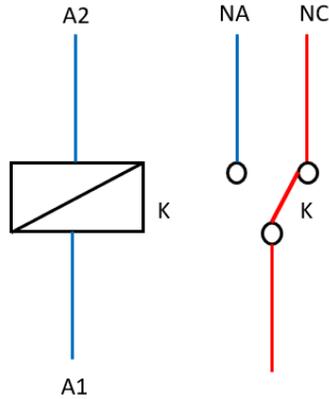


Figura 3.2.3.1. Simbología para representar un relevador.

El contacto NC indica que, si no hay tensión en la bobina y el contacto K se queda unido a esté. Para el contacto NA indica que, si no hay tensión en la bobina, el contacto K se mantiene separado a esté.

Para seleccionar el tipo de modulo relevador adecuado se consideró el voltaje de alimentación y el consumo de cada una de las cargas. Para esto se realizaron toma de estos valores cuando el equipo se encontraba en funcionamiento obteniendo los valores encontrados en la tabla 3.2.3.1.

Tabla 3.2.3.1. Características de alimentación para las cargas resistivas.

Características de alimentación para cargas resistivas			
Tipo	N°	Voltaje [V]	Corriente [A]
Resistencia de inmersión 1.5 kW	1	120	10.4
	2	120	10.4
	3	120	10.5
Resistencia de 0.5 kW	1	120	4.3
	2	120	4.3
Resistencia de inmersión 1 kW	1	120	7.8
	2	120	7.5

Una vez realizada la toma de mediciones de los actuadores se propone el módulo de relevador JQC-3FF-S-Z (ver anexo C) que tiene las características de que se puede alimentar con

5V corriente directa (C.D.), puede controlar cargas alimentadas a 125V y capacidad de carga de 15A. (Ver figura 3.2.3.2).



Figura 3.2.3.2. Modulo relevador JQC-3FF-S-Z.

Control de carga inductiva. La unidad de aire acondicionado emplea un motor monofásico de corriente alterna y se alimenta con una tensión de 120V. Controlar la velocidad de este tipo de motores tiene la posibilidad de ser por dos métodos; una puede ser mediante un variador de frecuencia y la otra es variando la tensión de alimentación al motor. Para esta aplicación se propone que la variación de la velocidad se realice variando el voltaje de alimentación al motor del ventilador. Esta acción se realizará mediante un control de fase, que consiste en variar la tensión eficaz de alimentación (V_{RMS}) explicado más adelante.

El control de fase es un método utilizado para controlar la tensión que reciben circuitos de corriente alterna (C.A.), utiliza un TRIAC para activar y desactivar la corriente en intervalos de tiempo sincronizados con la señal de C.A. El circuito que se debe implementar consta de un convertidor AC/AC. Este circuito funciona controlando la onda sinusoidal que se entrega a la carga por medio del control del ángulo en que se dispara un interruptor electrónico, este interruptor puede ser un SCR o TRIAC, conectado en serie con la carga. De esta forma, es posible controlar la intensidad o velocidad de carga conectada a la carga. [10].

Un rectificador controlado de silicio (SCR), es un tipo de tristor con tres terminales (ánodo (A), cátodo (C) y puerta (G)). Cuando por la terminal G se suministra un valor de corriente esté

conduce una tensión de la terminal A a la terminal C. Si se conectan dos SCR en paralelo, se unen su respectiva terminal G, se obtiene un TRIAC y tiene la ventaja de conducir en ambas direcciones.

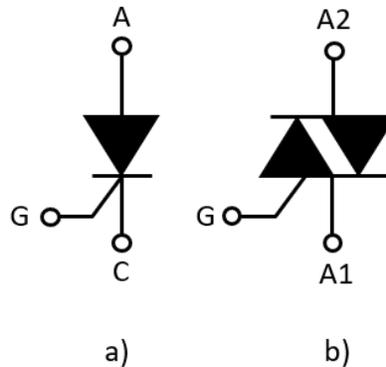


Figura 3.2.3.2. a) Símbolo de SCR. b) Símbolo de TRIAC.

Para esta aplicación el ángulo de disparo oscila entre 0° a 180° , ya que corresponde a la mitad de onda que se obtiene con la corriente alterna. Por lo tanto, se le asigna un valor de tiempo de 0 a la mitad del valor del periodo de la onda. Se requiere un tiempo de espera desde que comienza la onda hasta el punto donde se activa el tristor y esto dependerá del ángulo que se fije para el funcionamiento. Para que el disparo del TRIAC y el de la onda sinusoidal se sincronice; se debe detectar cuando la onda pase por cero y esto estará en función del ángulo de disparo.

El circuito de detección de paso por cero manda un pulso cada vez que la señal de C.A. cruza por cero. Este pulso es detectado por el microcontrolador y se puede sincronizar el disparo del TRIAC en función al ángulo de disparo asignado. El diagrama del funcionamiento del circuito se muestra en la figura 3.2.3.3.

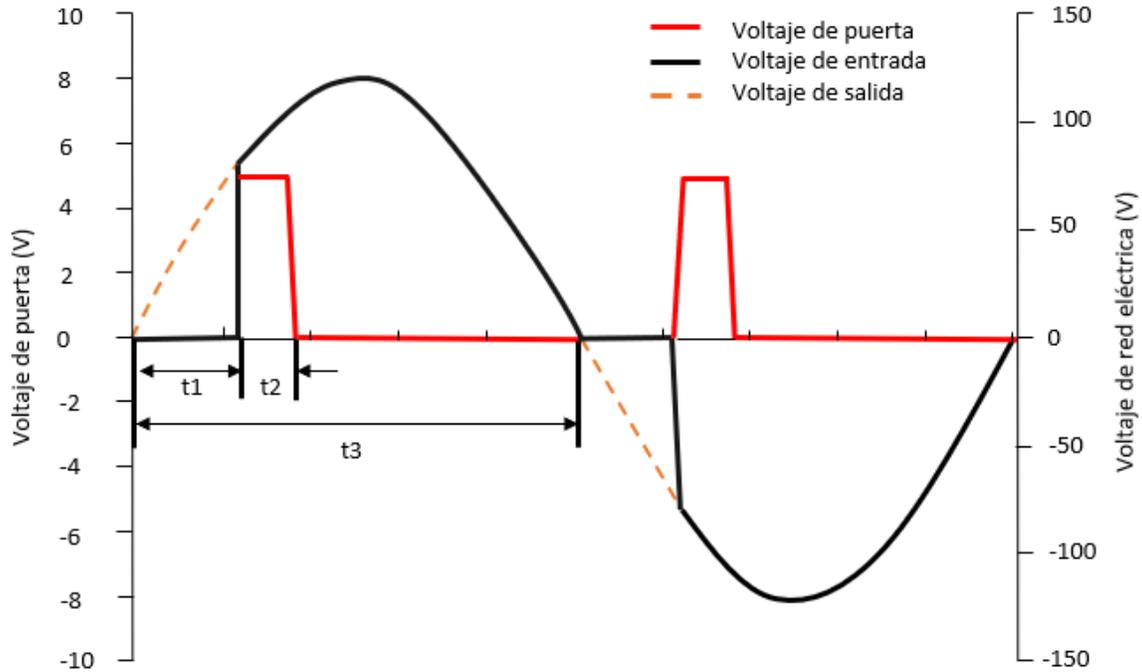


Figura 3.2.3.3. Diagrama de comportamiento del control de fase a 120V-60Hz.

Cuando se detecta el paso por cero, el TRIAC se mantiene apagado durante cierto tiempo t_1 . La potencia que reciba la carga depende de este tiempo, si es mayor el tipo el tiempo menor es la potencia entregada a la carga y si el tiempo es menor la potencia entregada a la carga es mayor. Pasando t_1 el microcontrolador enciende el TRIAC. El TRIAC permanecerá encendido mientras hasta que la onda de C.A. pasa nuevamente por cero. El TRIAC se debe apagar en el periodo de media onda t_3 .

Este tipo de circuito se puede trabajar utilizando los microcontroladores de Arduino. Los componentes necesarios para que el circuito de control de fase funcione con una tensión de 120V-60Hz son: MOC3031, TRIAC 2N6343A y H11A1. El circuito que integra los componentes antes mencionados se muestra en la figura 3.2.3.4.

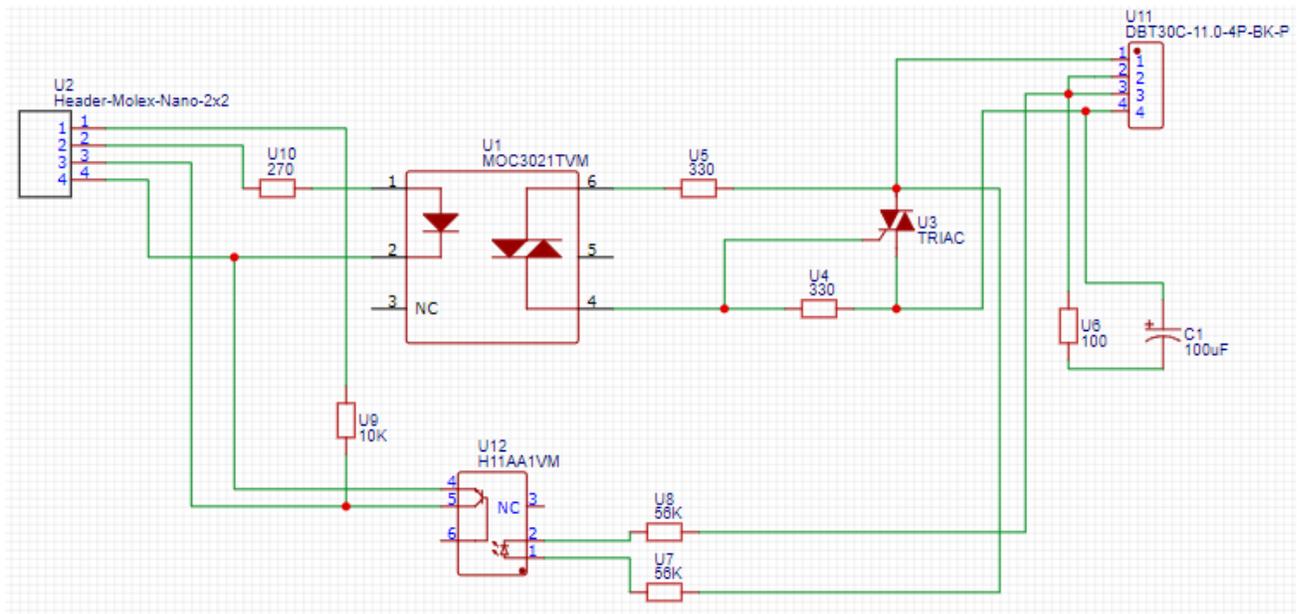


Figura 3.2.3.4. Circuito para control de fase a 120V-60Hz.

La función de los componentes dentro del circuito dentro del circuito es la siguiente:

1. MOC3021: Cumple con la función de brindar un disparo aislado de TRIAC (ver anexo D).
2. TRIAC 2N6343A: El TRIAC tiene la función de controlar el encendido de la carga (ver anexo E).
3. H11A1: La función que tiene es la indicar el paso por cero de la onda sinusoidal (ver anexo F).

Se realizó una placa de circuito impreso por sus siglas en ingles PCB del circuito antes planteado con los componentes antes mencionados y con algunos componentes auxiliares para su correcto funcionamiento. El resultado de la placa para el control de fase del ventilador se muestra en la figura 3.2.3.5.



Figura 3.2.3.5. Placa desarrollada para control de fase a 120V-60Hz.

3.2.4 Interfaz

Para la función de visualizar los datos obtenidos del sistema se propone ocupar el transmisor de datos de Excel, el transmisor de datos de Excel es un complemento, tiene comunicación bidireccional con los microcontroladores que conectes a la computadora, esto quiere decir que transfiere los datos del microcontrolador a Excel y puede transferir los datos introducidos en Excel a él microcontrolador.

Este complemento ayudara a tener un registro de las lecturas realizadas con el sistema y una interfaz en la cual se pueda saber de qué estaciones se está recibiendo lectura [11]. En la figura 3.2.4 se muestra la interfaz que tiene el transmisor de datos.

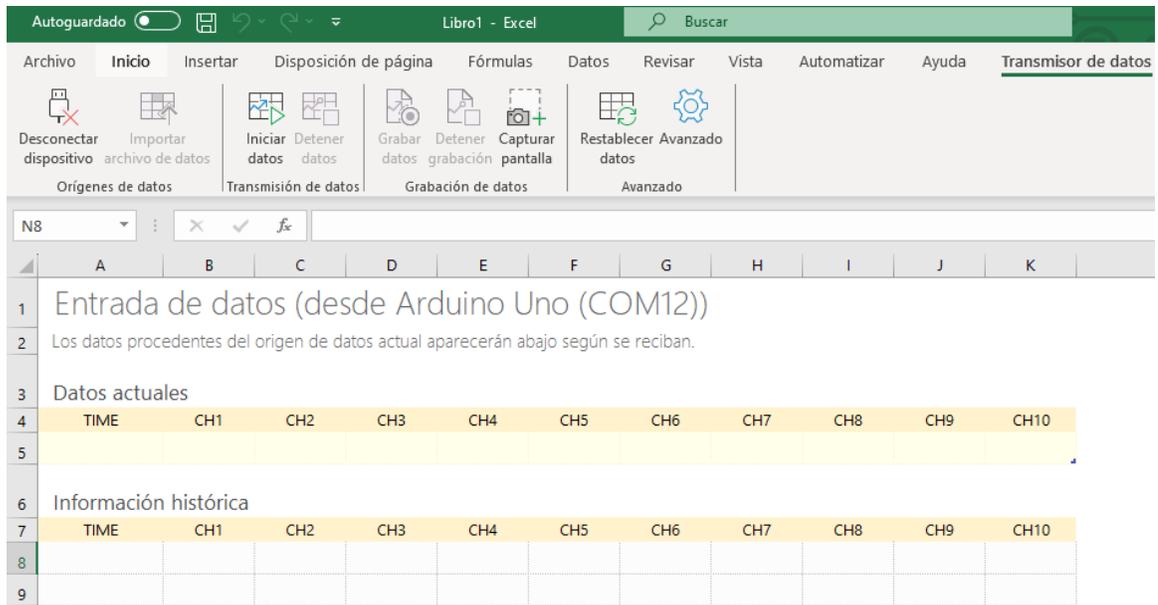


Figura 3.2.4. Interfaz de transmisor de datos.

3.3 Prototipo y experimentación

Ya que se tienen seleccionados los sensores y el control de los actuadores que estarán presentes dentro del sistema, con el objetivo de realizar un modelo que integre estos componentes y verificar el funcionamiento en conjunto del sistema se realizó un prototipo del sistema antes mencionado.

El prototipo propuesto consta de montar un bus de comunicación por el protocolo I2C, cuenta con un microcontrolador ATmega256 (ver anexo G) con la función de maestro y un microcontrolador ATmega328P (ver anexo H) con la función de esclavo. Como se muestra en la figura 3.3.1.

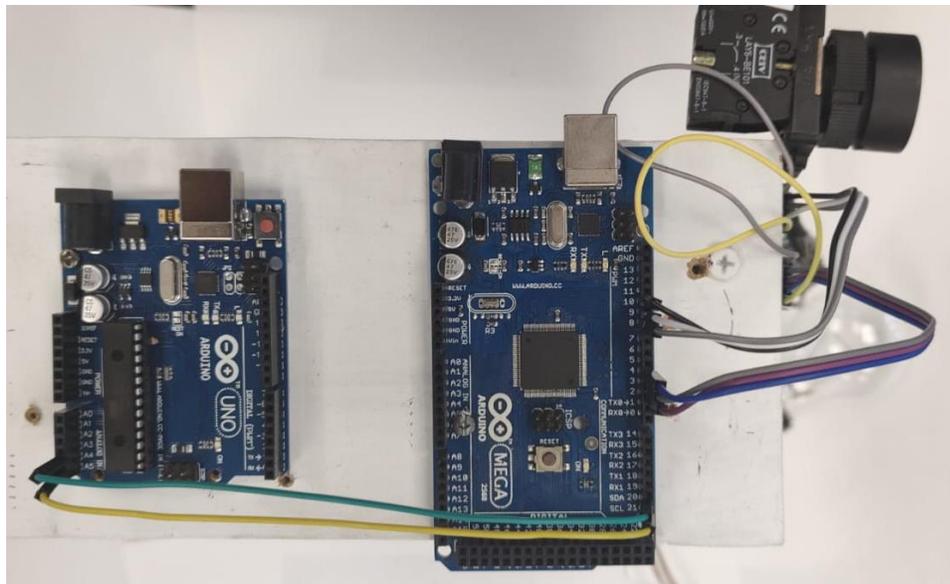


Figura 3.3.1. Conexión Maestro/Esclavo entre Arduino UNO y Arduino Mega.

Al microcontrolador maestro se conectan el control de los actuadores como el módulo de relevador para el control de las cargas resistivas (resistencias de calentamiento e inmersión) y un botón para activar todo el sistema. En el microcontrolador esclavo se integró el sistema de adquisición de datos número tres planteado en la recta de automatización, incluye un termopar tipo K para medir la temperatura de bulbo seco, un termopar tipo K acondicionado para medir la temperatura de bulbo húmedo y el anemómetro desarrollado para medir la velocidad de aire. En la figura 3.3.2 se muestra el acomodo de los componentes.

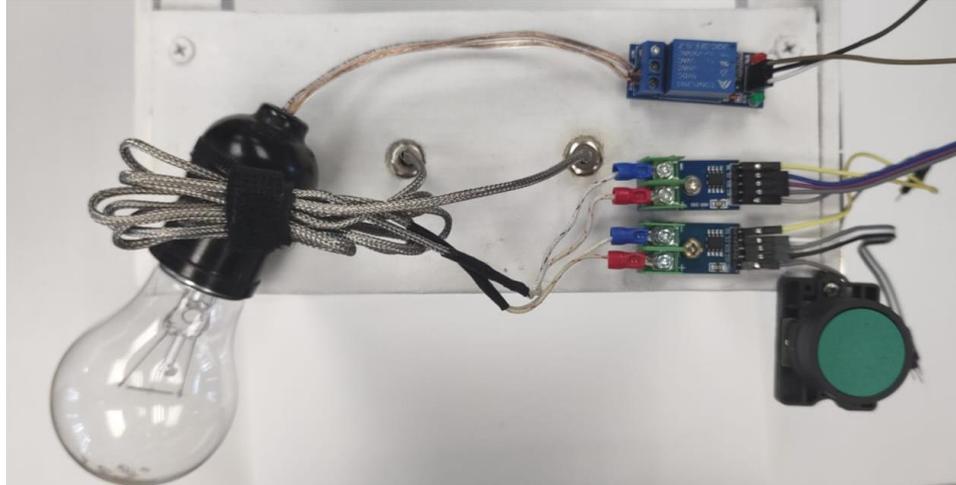


Figura 3.3.2. Acomodo de actuadores y sensores sobre el prototipo.

Todo fue montado sobre un modelo del ducto que conforma la unidad de aire acondicionado. En la figura 3.3.3 se muestra el resultado del modelo realizado.

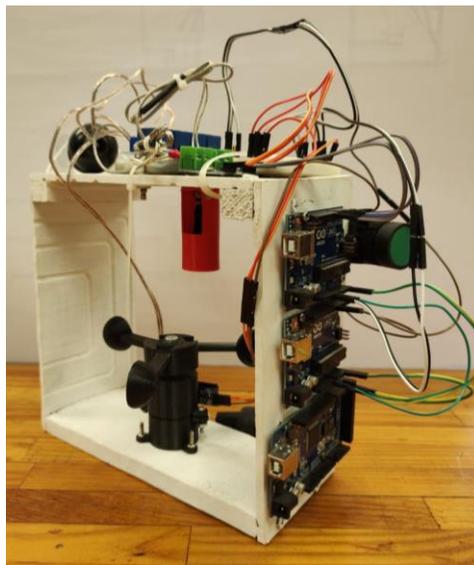


Figura 3.3.3. Prototipo del sistema desarrollado.

Las pruebas que realizadas con el modelo incluyeron tener conexión maestro-esclavo, además que los datos recibidos por el microcontrolador esclavo se envíen cuando el microcontrolador maestro lo solicite, también se verificó que tanto el sistema de adquisición de datos y el control de los actuadores; se activara cuando se presione el botón de control de encendido

y para desactivar el sistema igualmente sea con el botón de control de encendido. Para la interfaz se verifico que los datos se registraran correctamente en Excel mientras que el sistema estuviese en operación.

En el caso de la lectura obtenida por el termopar encargado de medir la temperatura de bulbo seco y se realizó la comparación con un termómetro de bulbo seco de los mismos ocupados en la práctica. La lectura que proporciona el termopar configurado en °C fue muy similar a la lectura entregada por el termómetro de mercurio. Se dice que fue similar ya en el código de programación se configuro al termopar para que entregue la lectura solo en números enteros.

La lectura obtenida por el termopar encargado de medir la temperatura de bulbo húmedo se siguió el mismo procedimiento solo que en este caso se ocupó un termómetro de bulbo húmedo. La lectura obtenida por el termopar acondicionado con la gasa húmeda fue muy similar al termómetro de bulbo seco.

En el caso del anemómetro las pruebas realizadas se muestran en la sección cinco de pruebas y puesta en marcha.

4. Diseño a detalle

Para realizar el diseño a detalle del prototipo antes planteado se debe tener en cuenta que ya no solo se pondrá en marcha una sola estación de medida. Se debe poner en marcha las tres estaciones de medida que se plantearon en la receta de automatización. Lo que con lleva generar el desarrollo de la infraestructura para los componentes necesarios del sistema y que esté funcione correctamente.

4.1 Estación Maestra

Lo primero que se debe hacer es la estación que tiene el microcontrolador maestro con todos los componentes periféricos que van conectados a esté. Como microcontrolador maestro se dejó el modelo ATmega2560 (ver anexo G). Los componentes que van conectados al microcontrolador y los pines que se requieren para su funcionamiento se muestran en la tabla 4.1.1.

Tabla 4.1.1. Componentes conectados al microcontrolador maestro.

Componente	Pines requeridos			
Modulo relevador para cargas resistivas	Resistencias de calentamiento	Resistencias de recalentamiento	Resistencias de inmersión	Alimentación
	D2 y D3	D4 y D5	D6, D7 y D8	GND y 5V
Módulo de control de fase	Resistencias de calentamiento		Alimentación	
	D9 y D10		GND y 5V	
Botones	Proceso psicrométrico de calentamiento	Proceso psicrométrico de C., H. y R.		Auxiliar
	D11	D12	GND	
Bus de datos por protocolo de comunicación I2C	Comunicación I2C			
	D20, D21 y GND			

Con los datos de la tabla anterior se propone realizar una PCB donde se pueda montar la placa de Arduino Mega que utiliza el microcontrolador ATmega 2560 y anexarle conectores adecuados para cada uno de los componentes conectados al microcontrolador. En la figura 4.1.1 se muestra la propuesta desarrollada en el software libre EasyEDA [12]

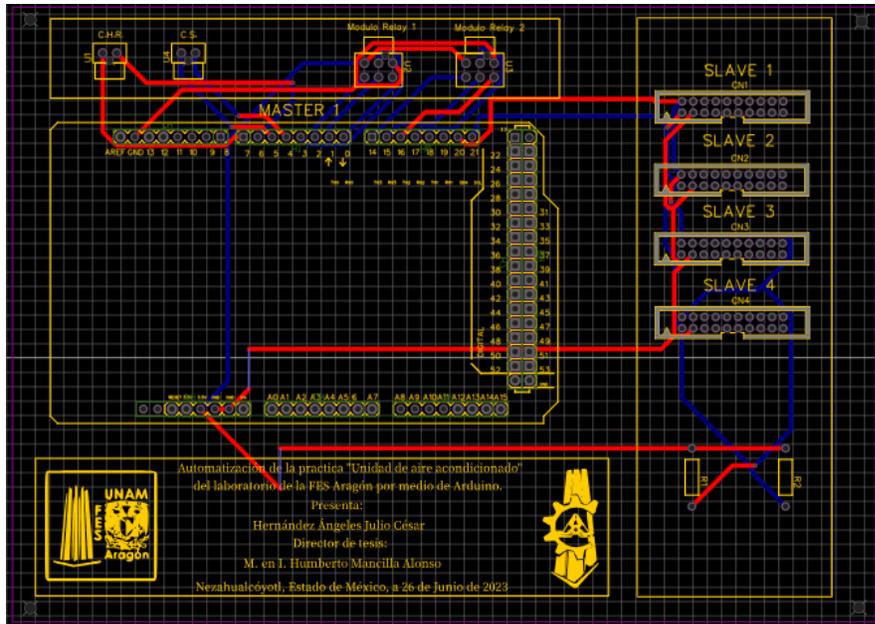


Figura 4.1.1. PCB desarrollada para el microcontrolador maestro.

Se realizó la manufactura de la PCB con el proveedor de software y se añadieron los conectores correspondientes a cada uno de los componentes. La PCB resultante se puede ver en la figura 4.1.2.



Figura 4.1.2. PCB para el microcontrolador maestro.

Previamente para el control de las cargas resistivas se seleccionó el módulo JQC-3FF-S-Z. Para cubrir con la necesidad de controlar las 7 cargas resistivas dentro de la unidad de aire acondicionado, se adquirieron dos módulos compuestos por cuatro relevadores del mismo modelo. Para asegurar una conexión segura y estable, se realizó una modificación en el conector. En la figura 4.1.3 se puede apreciar uno de los módulos con modificación implementada.



Figura 4.1.3. PCB para el microcontrolador maestro.

Para el posible control de la carga inductiva. Se integra la placa de control de fase explicada en la sección anterior, con el fin de controlar el voltaje de alimentación al ventilador.

Para la alimentación eléctrica de los componentes eléctricos que funcionan con 5V de corriente directa C.D. se implementó una fuente de alimentación que se alimenta con 120V de corriente alterna C.A. y entrega como voltaje de salida 5V C.D. la capacidad de carga de la fuente se determinó realizando una suma del consumo que tiene cada una de las cargas que estará conectada a la fuente. En la tabla 4.2. se muestra la suma del consumo de cada carga.

Tabla 4.1.2. Consumo de componentes conectados a fuente de alimentación.

Descripción	Cantidad	Consumo unitario	Consumo total
Microcontrolador ATmega328[]	4	40mA	160mA
Modulo MAX6675[]	8	50mA	400mA
Total			560mA

Se selecciono la fuente conmutada modelo UE-15-5 (ver anexo I) como la que se muestra en la figura 4.1.4 que tiene una corriente de salida de 3A cumpliendo con el requerimiento de corriente de consumo del sistema.



Figura 4.1.4. Fuente conmutada 5V-3A UE-15-5.

Para la alimentación tanto de la fuente conmutada como de los actuadores involucrados en sistema, se propone que de las tres fases que alimentan a la unidad de aire acondicionado la fase uno y la línea de neutro alimenten al sistema, por lo tanto, para poder distribuir la energía dentro del sistema se seleccionó barra de cobre con barrenos para calibre 14 a 4 AWG (ver figura 4.1.5).



Figura 4.1.5. Barra de cobre 4-14 (ver anexo K).

Para que la barra no toque ningún componente y la estructura donde sea colocada. Se anexaron aisladores tipo manzana con capacidad de aislamiento hasta 450V (ver figura 4.1.6).



Figura 4.1.6. Aislador tipo manzana (ver anexo J).

El resultado del sistema de distribución se muestra en la figura 4.1.7, al cual se le anexo un tramo de acrílico con la función de base para montar los componentes seleccionados.



Figura 4.1.7. Montaje de barra de cobre y aislador.

Para el correcto funcionamiento del sistema se requieren tres ensambles de los componentes antes mencionados, con el fin de conectar la fase uno, línea de neutro y línea de tierra.

El cable requerido para el cableado y conexiones; es cable control polarizado con malla. Para los conductores involucrados en las señales de control de los módulos relevadores se seleccionó el tipo 3 x 2 x 22AWG (ver figura 4.1.8), ya que la corriente que demanda el módulo es de 100mA (ver anexo C) y el calibre 22AWG soporta hasta 5 A (ver anexo L).

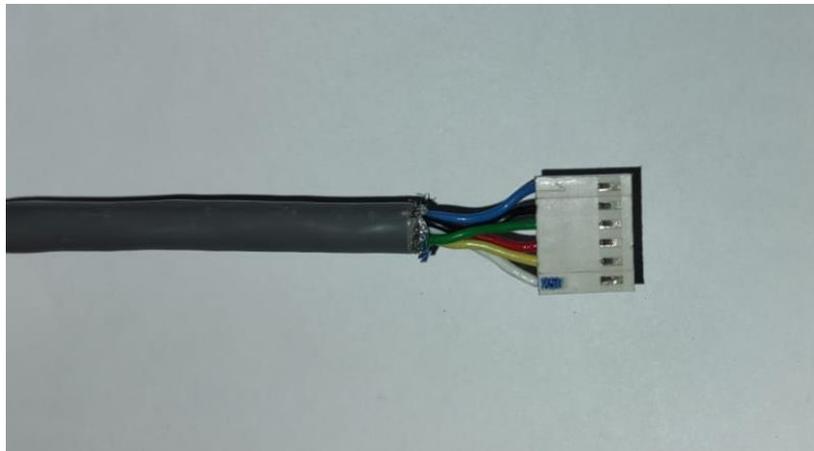


Figura 4.1.8. Cable control 3 X 2 X 22AWG.

Para el cableado de los actuadores que en este caso son las cargas resistivas que se encuentran en la unidad de aire acondicionado. Se selecciono el cable 2 X 2 X 18AWG (ver figura 4.1.9), que soporta hasta 14 A (ver anexo L).

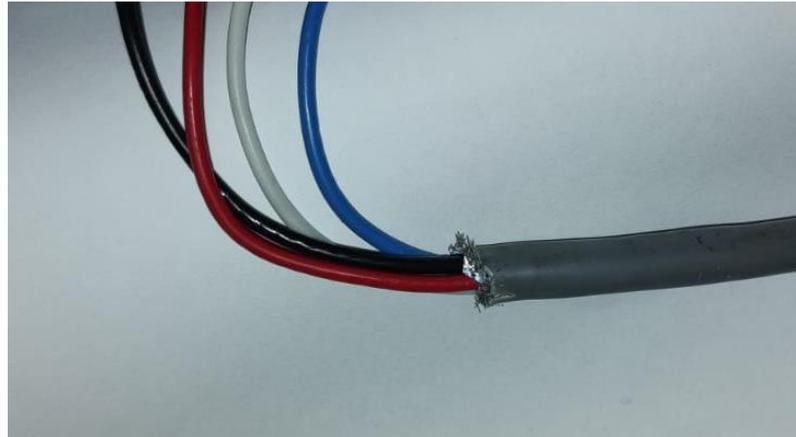


Figura 4.1.9. Cable control 2 X 2 X 18AWG.

El resultado de la integración de todos estos componentes se ve en la figura 4.1.10. Como se puede apreciar la base donde se ensamblaron todos los componentes es de placa de acrílico de 3 mm de grosor. Además de la base se manufacturo una estructura para que todos los componentes quedan a resguardo con el fin de que cuando este energizado el sistema no se pueda acceder y ocasionar un accidente por descarga eléctrica a los operadores. Para la conexión con las estaciones esclavo se añadieron conectores glándula para pasar los conductores tanto de alimentación y de transmisión de datos; al igual que los conductores para alimentar al propio sistema y a los actuadores. Se anexo un ventilador para evitar el aumento excesivo de temperatura.

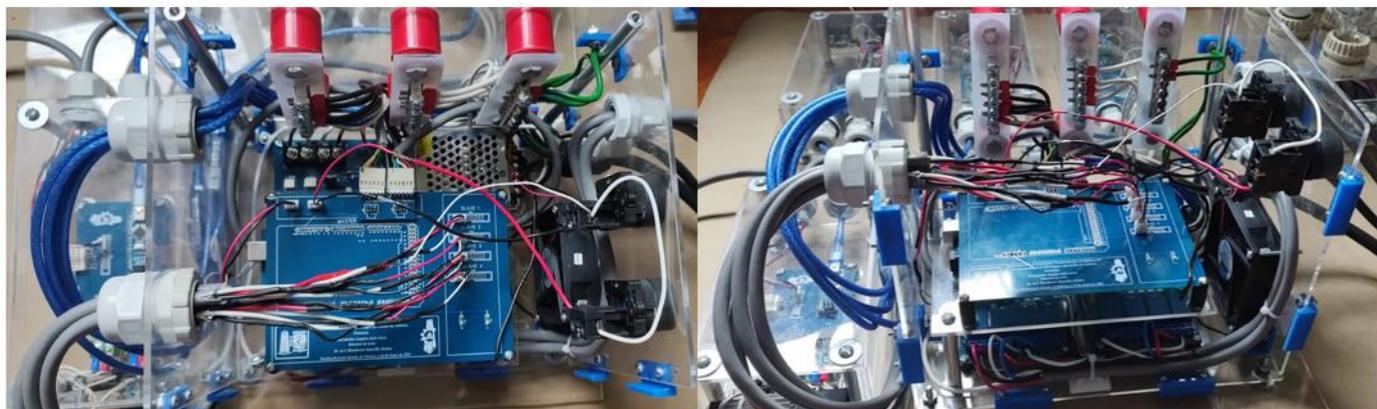


Figura 4.1.10. Estación maestra.

4.2 Estación Esclavo

Para las estaciones esclavo se propone el microcontrolador ATmega328 (ver anexo M). Los componentes que van conectados al microcontrolador y los pines que se requieren para su funcionamiento se muestran en la tabla 4.2.1.

Tabla 4.2.1. Componentes conectados al microcontrolador esclavo.

Componente	Pines requeridos	
Modulo MAX6675 (Temperatura de bulbo húmedo).	Datos	Alimentación
	D10, D11 y D12	GND y 5V
Modulo MAX6675 (Temperatura de bulbo seco).	Datos	Alimentación
	D7, D8 y D9	GND y 5V
Modulo LM393 (Anemómetro).	Datos	Alimentación
	D2	GND y 5V

Con los datos de la tabla anterior se realizaron dos diseños de PCB donde se monte la placa de Arduino Nano que utiliza el microcontrolador ATmega328 y los módulos MAX6675, en el

primer diseño y en el segundo se anexaron las salidas y entradas para el módulo LM393. En la figura 4.2.1 se aprecia la propuesta desarrollada en EasyEDA [12].

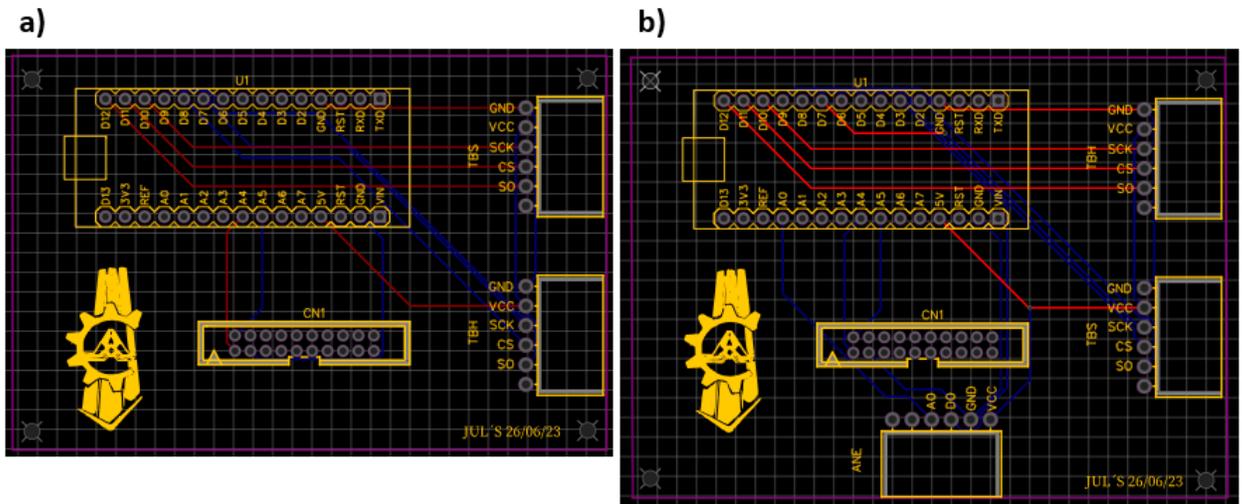


Figura 4.2.1. a) Propuesta para estaciones uno y dos. b) Propuesta para estación tres.

La PCB resultante con todos sus componentes y conectores se puede ver en la figura

4.1.2.

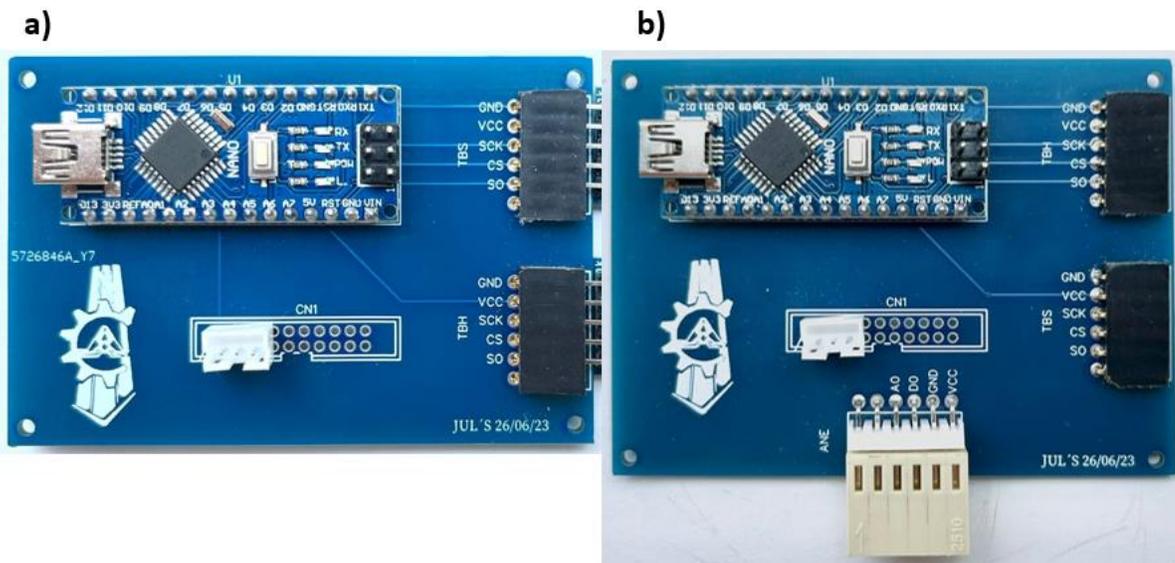


Figura 4.2.2. a) PCB para estaciones uno y dos. b) PCB para estación tres.

Las estaciones esclavo al igual que el maestro fueron montadas sobre una base de acrílico con una estructura para evitar el contacto de los operadores con los componentes del sistema mientras este se encuentra energizado. Con sus respectivos conectores glándula para los conductores de transmisión de datos y alimentación eléctrica. Además de las salidas para los termopares y el anemómetro en su respectiva estación. El resultado se puede apreciar en la figura 4.2.3.



Figura 4.2.3. a) Estación esclavo uno y dos. b) Estación esclavo tres.

4.3 Integración del sistema y adecuaciones

La integración del sistema fue en una sola maqueta donde la estación maestra y las estaciones esclavas siguen el acomodo mostrado en la figura 4.3.1.

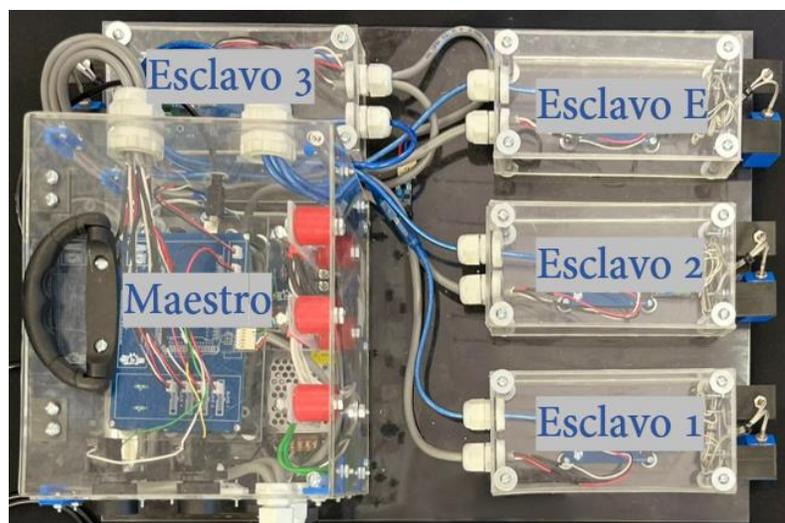


Figura 4.2.3. Acomodo de los componentes para la maqueta.

Los motivos por los cuales se realizó este montaje tienen que ver con que el enfoque del proyecto, ya que se tomaron en cuenta dos procesos psicrométricos de los cuatro llevados en la práctica. Otro de los motivos es que para este proyecto no se desarrolló un control más avanzado del ventilador jaula de ardilla que es el actuador presente en todos los procesos.

Con lo anterior mencionado se realizaron modificaciones para que dentro de la maqueta se pudieran representar los actuadores que interviene en la práctica, por lo tanto, se realizó el modelo que se aprecia en la figura 4.3.2. que tiene siete focos tipo led, que representan las resistencias de calentamiento (son los focos enumerados en la figura con 4 y 5), las resistencias de recalentamiento (son los focos enumerados en la figura 4.3.2. con 6 y 7) y las resistencias de inmersión (son los focos enumerados en la figura 4.3.2. con 1, 2 y 3). Para la representación del ventilador se realizó con un foco incandescente (es foco marcado en la figura 4.3.2. la letra V); se propuso una carga resistiva en vez de una carga inductiva ya que la placa de control de fase no cuenta con un disipador para el transistor lo cual puede ocasionar fallos por altas temperaturas.

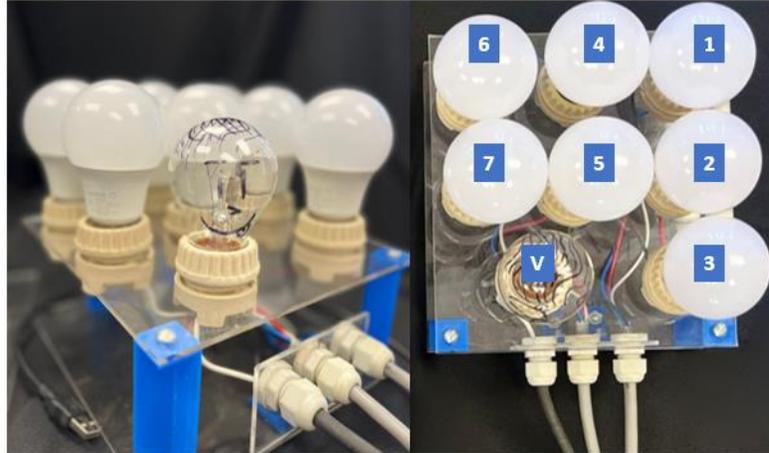


Figura 4.2.3. Modelo para actuadores.

En la figura 4.3.3 se muestra el resultado de la maqueta realizada con todos los componentes tanto la estación maestra, las estaciones de medida esclavo y el modelo para representar los actuadores.

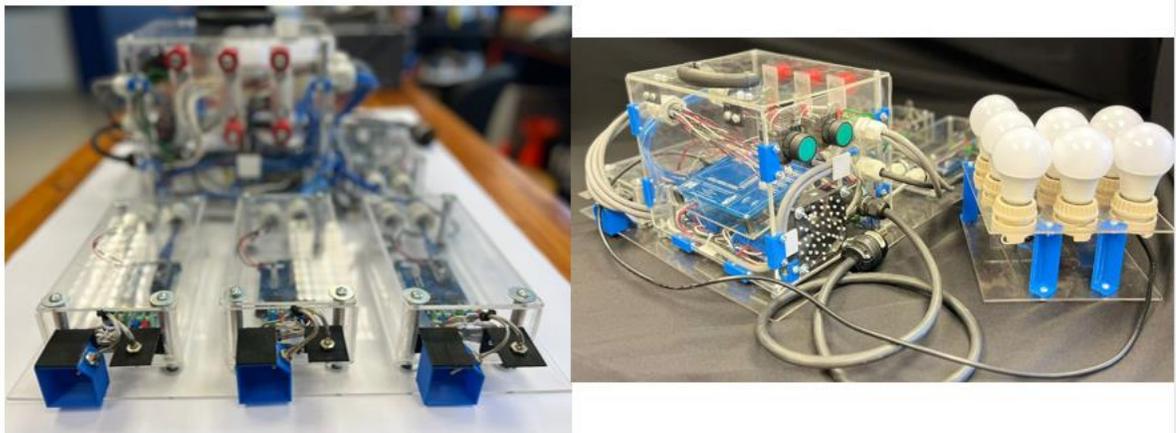


Figura 4.2.3. Maqueta final con todos los componentes.

5. Pruebas y puesta en marcha

Las pruebas realizadas al sistema incluyeron recibir la lectura de los sensores de temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco y velocidad de aire por medio del transmisor de datos. También se verificó que en cada proceso llevado a cabo en la práctica se accionen los actuadores correspondientes.

Para la puesta en marcha se realiza el siguiente procedimiento. Se debe conectar la clavija que sale de la estación maestra a la red eléctrica que proporcione un voltaje de 120V/60Hz. Posteriormente se debe conectar el cable de datos al Arduino Mega ubicado igualmente en la estación maestra al puerto USB de la PC ocupada para la recepción de datos. Este procedimiento se puede apreciar un poco más a detalle en la figura 5.1.

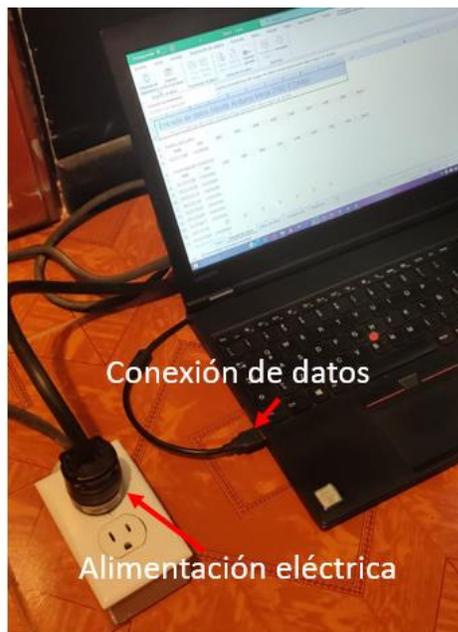


Figura 5.1. Conexión de alimentación eléctrica y de datos del sistema.

Una vez realizado el procedimiento anterior se debe accionar cualquiera de los botones que permiten generar las condiciones para los procesos psicrométricos de “calentamiento sensible” (botón verde) y “calentamiento, humidificación y recalentamiento” (botón azul).

Si se selecciona el botón asociado al proceso de “calentamiento sensible”, se accionan los actuadores correspondientes a este proceso (son los focos enumerados con 4 y 5) (ver figura 5.2.).

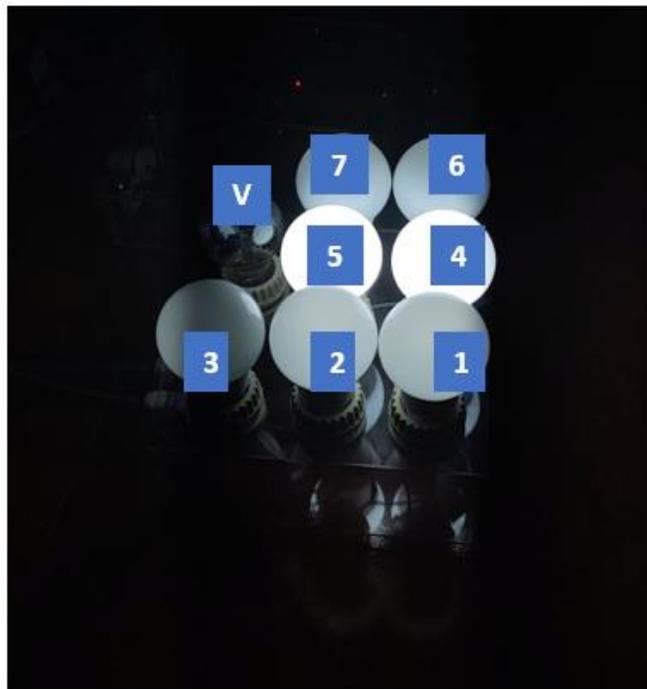


Figura 5.2. Actuadores para “calentamiento sensible”.

La adquisición de datos de este proceso correspondiente a las estaciones uno y tres se muestra en la figura 5.3. Los datos con las etiquetas TBH1 (temperatura de bulbo húmedo) y TBS1 (temperatura de bulbo seco) son del esclavo uno. Los datos con las etiquetas TBH3 (temperatura de bulbo húmedo), TBS3 (temperatura de bulbo seco) y V (velocidad de viento) son del esclavo tres.

Entrada de datos (desde Arduino Mega 2560 (COM6))							
Los datos procedentes del origen de datos actual aparecerán abajo según se reciban.							
Datos actuales							
TIME	TBH1	TBS1	TBH3	TBS3	VEL	CH6	CH7
15:24:16.51	20	27	18	19	0		
Información histórica							
TIME	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
15:24:16.51	20	27	18	19	0		
15:24:14.36	20	27	18	19	0		
15:24:12.22	19	27	18	18	0		
15:24:10.06	20	27	18	19	0		
15:24:07.90	20	27	18	19	0		
15:24:05.75	19	27	18	19	0		
15:24:03.60	20	27	18	19	0		
15:24:01.45	20	27	18	19	0		
15:23:59.30	20	27	19	19	0		
15:23:57.16	20	27	18	19	0		

Figura 5.3. Adquisición de datos de estación uno y tres.

Para que se detenga el proceso se debe presionar el mismo botón con el que inicio, debe de ser hasta que se complete la toma de lecturas en ese momento ya que los alcances del proyecto no incluyen una lógica para paro inmediata del sistema.

Se debe accionar el otro botón en caso contrario de que se requiera generar el proceso de “calentamiento, humidificación y recalentamiento”. Se accionan los actuadores (son los focos enumerados con 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4. Actuadores para “calentamiento, humidificación”.

La adquisición de datos correspondiente a las estaciones uno, dos y tres. Se puede ver reflejada en la figura 5.5 obtenida del transmisor de datos en Excel. Los datos con las etiquetas TBH1 (temperatura de bulbo húmedo) y TBS1 (temperatura de bulbo seco) son del esclavo uno. Los datos con las etiquetas TBH2 (temperatura de bulbo húmedo) y TBS2 (temperatura de bulbo seco) son del esclavo dos. Los datos con las etiquetas TBH3 (temperatura de bulbo húmedo), TBS3 (temperatura de bulbo seco) y V (velocidad de viento) son del esclavo tres.

Entrada de datos (desde Arduino Mega 2560 (COM6))							
Los datos procedentes del origen de datos actual aparecerán abajo según se reciban.							
Datos actuales:							
TIME	TBH1	TBS1	TBH2	TBS2	TBH3	TBS3	VEL
15:26:47.90	20	24	17	19	18	19	0
Información histórica							
TIME	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7
15:26:47.90	20	24	17	19	18	19	0
15:26:45.21	19	25	18	19	0		
15:26:43.26	19	25	17	19	19	19	0
15:26:40.60	20	25	18	19	0		
15:26:38.64	19	25	17	19	18	19	0
15:26:35.98	20	25	18	19	0		
15:26:34.03	20	25	17	19	18	19	0
15:26:31.36	19	24	18	19	0		
15:26:29.41	19	24	17	19	18	19	0
15:26:26.75	20	25	18	19	0		

Figura 5.5. Adquisición de datos de estación uno, dos y tres.

Para detener el proceso se debe de realizar el mismo procedimiento que se hace para el otro proceso. Esperar a que se termine la transmisión de datos y volver a accionar el botón correspondiente al proceso psicrométrico puesto en marcha.

En el caso del anemómetro se realizó una prueba para sensar la velocidad de aire a la salida del ducto, la cual consistió en comparar el anemómetro BLUE-ABH4224 y el anemómetro desarrollado. Se colocaron 10cm despegados a la salida del ducto como se muestra en la figura 5.2.

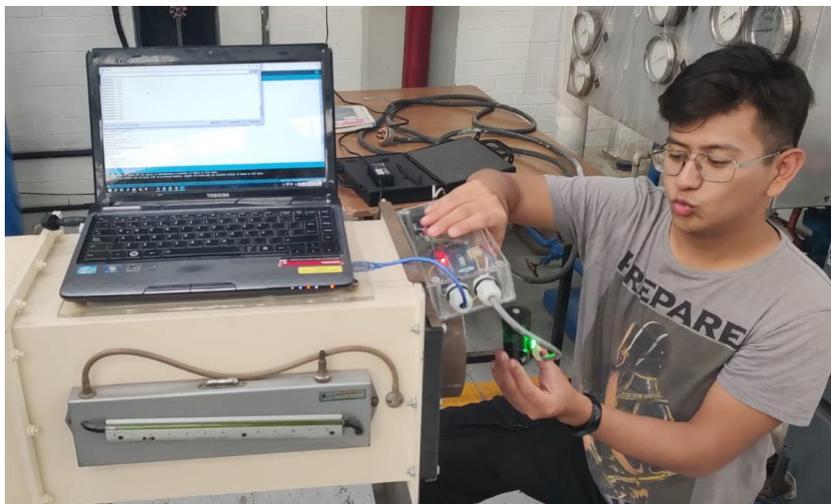


Figura 5.3. Pruebas con anemómetro desarrollado.

Se suministro un voltaje de 110V en cada una de las pruebas y se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Componentes conectados al microcontrolador esclavo.

Componente	Voltaje suministrado	Velocidad [m/s]				
		1	2	3	4	5
Anemómetro BLUE-ABH4224	120	13.1	12.9	13.4	13.0	13.1
Anemómetro para la práctica.	120	5	6	5	6	6

Conclusiones

Este trabajo permitió generar un sistema de adquisición de datos de las variables de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo y velocidad de aire. Con sensores adecuados para las condiciones presentadas en los procesos llevados a cabo con la unidad. Estas variables que permiten llevar a cabo los procedimientos requeridos en la práctica de laboratorio “Unidad de aire acondicionado”.

Esto a su vez dio como resultado la base donde se pueda integrar los demás procesos psicrométricos que incluye la práctica, pero no el sistema desarrollado, por motivos antes mencionados. Al ser un sistema modular se pueden integrar más estaciones de medida para englobar las variables restantes que integran la práctica de laboratorio.

El posible control para el ventilador funciona con cargas resistivas sería cuestión de realizar las adecuaciones necesarias para su funcionamiento con cargas inductivas como se mencionaron en la sección anterior e implementar una ley de control que permita integrarlo de manera adecuada al sistema.

La interfaz implementada resulto ser eficiente ya que al entregar los datos se realiza el registro con fecha y hora al momento de recibir los datos, además genera un registro de la última lectura y de las lecturas anteriormente obtenidas.

Se realizo un sistema el cual si bien fue pensado para resolver las cuestiones llevadas a cabo en la práctica y trabajar sobre la unidad de aire acondicionado. La adquisición de datos puede funcionar independientemente del sistema para el que fue diseñado. Lo que debe sufrir adecuaciones es el posible control para los actuadores.

Las pruebas realizadas no incluyeron pruebas en la realización de la practica ya que se requieren de elementos funcionales dentro de la unidad de aire acondicionado HILTON para presentar resultados sobre su eficiencia de recabar datos sobre las condiciones presentes en cada uno de los procesos.

El nivel al que se llego con la automatización quedo en el nivel dos SCADA supervisión, control y adquisición de datos. Ya que se desarrollo la adquisición de datos, un posible control para el ventilador, un control básico para las cargas resistivas y supervisión mediante la interfaz de Excel.

Se recomienda que la configuración de los botones se remplace por un botón enclavado ya que se tiene problemas a la hora de activar cada uno de los procesos que se llevan acabo en el sistema desarrollado. Tanto para el arranque y para el paro.

Se decido instalar el sistema provisionalmente sobre la unidad de aire acondicionado hasta que se solucionen los problemas reportados con la unidad durante el desarrollo del trabajo. Además de dale mantenimiento al panel de control para facilitar la integración de todos los componentes.

Referencias

- [1] FES Aragón. (2015). Equipo de aire acondicionado . México.
- [2] FES Aragón. (2019). Manual de prácticas de aire acondicionado. México.
- [3] Ramírez Cadena, M. d. (2023). La piramide de la automatización . México.
- [4] Alvarez, G. C. (2016). *Instrumentación Virtual y suspensión a distancia para una planta de generación de energia electrica.* . México.
- [5] PROMETEC. (29 de Noviembre de 2023). *INTRODUCCION A LA PROGRAMACION DEL ARDUINO.* Obtenido de <https://www.prometec.net/intro-programacion/#:~:text=El%20lenguaje%20del%20Arduino%20está,programas%20y%20aplicaciones%20de%20ordenador>
- [6] Guimaraes, V. (2019). *Estudo de caso: Abicacao da norma ANSI/ISA-88 Na Industria de condimentos Alimenticios.* Obtenido de

https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1924/1/MONOGRAFIA_EstudoCasoAplicação.pdf

- [7] Warner Serna, D. V. (19 de Diciembre de 2011). Procedimientos de modelado ISA S88 para ejecución de ordenes de producción basadas en récipes. Bogotá, Colombia.
- [8] P.A. Hilton Ltp . (S/F). Air Conditioning Laboratory Unit . Inglaterra .
- [9] Martín Crespo, C. P. (2015). Componentes electrónicos tecnología de control. México.
- [10] Tendero, J. M. (Julio de 2018). Control de velocidad de un control de fase con Arduino . México.
- [11] Microsoft. (30 de Noviembre de 2023). *¿Qué es el Transmisor de datos?* Obtenido de <https://support.microsoft.com/es-es/office/-qué-es-el-transmisor-de-datos-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f>
- [12] Easy EDA. (30 de Noviembre de 2023). *EasyEDA Designer*. Obtenido de <https://easyseda.com>

Bibliografía

- Adaramola, M. (2014). *Wind Turbine Tecnology*. Canada: Apple Academic Press.
- Enrique Palacios, F. R. (2004). *Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos*. México: Alfaomega.
- Miguel A. Pérez García, J. C. (2005). *Instrumentación Electrónica*. España: Thomson.
- Pedrara, A. C. (2016). *Arduino para principiantes* . México: IT Campus Academy .
- Yunes A. Cengel, M. A. (2011). *Termodinámica*. México: The McGraw-Hill.

Planos y anexos

Anexo A

19-2235; Rev 1; 3/02

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

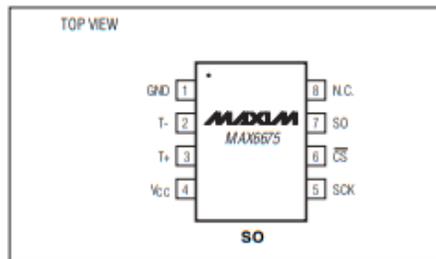
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

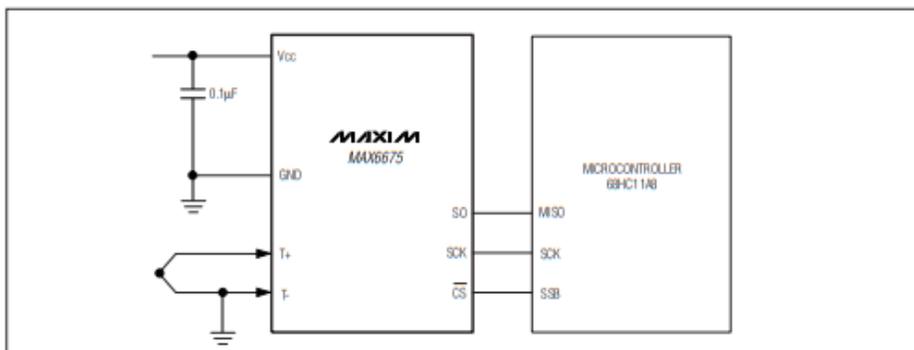
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



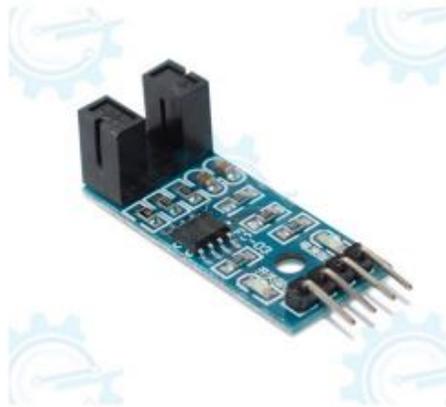
MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

IR Speed Sensor Module

Technical Manual Rev 1r0



IR Speed Sensor module is widely used in dynamo speed detecting, pulse counting. With Digital switch output (0 and 1) and an Analog for sensitivity. Compatible in all gizDuino/ Arduino/ Microcontroller boards.

General Specifications:

Input Supply Voltage: 3.3 to 5VDC

Output: Digital 0 - no detect; 1 - detected
Analog (sensitivity)

Weight: 8g

Dimensions: 38mm x 14mm x 12mm

PRODUCT SPECIFICATION



PCB JQC-T73

- 10A switching capability
- Small footprint
- Sealed type available
- Class B/F available
- Conform to RoHS,ELV directive
- Size : 19.2X15.4X15.4mm

ORDERING CODE

JQC-3FF-S-H 1 2 3	
1. Relay Model JQC-T73 2. S: sealed	3. Z: Form C H: Form A D: Form B

COIL DATA (at 20 °C)

Nominal Voltage (VDC)	3	5	6	9	12	18	24	48	0.36W
Coil Resistance (Ω±10%)	25	69	100	225	400	900	1600	6400	
Rated Current (mA)	120	71.4	60	40	30	20	15	7.5	
Max Operate Voltage (VDC)	2.25	3.75	4.5	6.75	9	13.5	18	36	
Min Release Voltage (VDC)	0.15	0.25	0.3	0.45	0.6	0.9	1.2	2.4	
Max Applicable Voltage	130% of nominal voltage at 70 °C				170% of nominal voltage at 23 °C				

CONTACT DATA

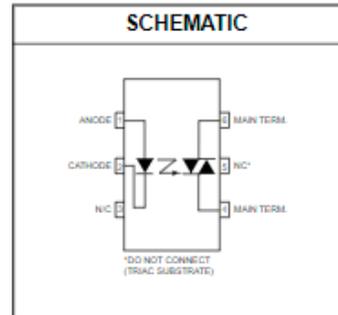
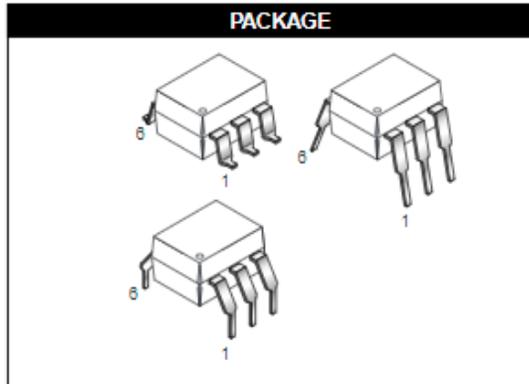
Contact Form	1H/1Z
Contact Material	Silver Alloy
Load	Resistive load(COSφ=1)
Contact Ratings	10A 250vac 15A 125vac 10A 28vdc
Minimum load	100mA 5VDC
Max Switching Voltage	250VAC/30VDC
Max Switching Current	15A
Max Switching Power	2770VA/240W
Contact Resistance	100mΩMax at 6VDC 1A
Life Expectancy	Bedrical : 100,000 Operations(at30Operations/minute)
	Mechanical : 10,000,000 Operations(at300Operations/minute)

Anexo D



6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



DESCRIPTION

The MOC301XM and MOC302XM series are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. They are designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 115 VAC operations.

FEATURES

- Excellent I_{FT} stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 5300 VAC RMS
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700
- Peak blocking voltage
 - 250V-MOC301XM
 - 400V-MOC302XM
- VDE recognized (File #94786)
 - Ordering option V (e.g. MOC3023VM)

APPLICATIONS

- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Solid state relay
- Lamp ballasts
- Solenoid/valve controls
- Static AC power switch
- Incandescent lamp dimmers
- Motor control

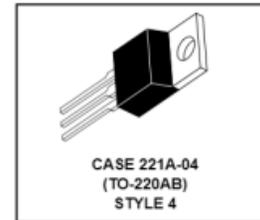
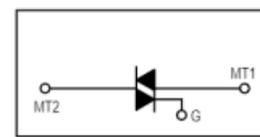
Triacs
Silicon Bidirectional Triode Thyristors

... designed primarily for full-wave ac control applications, such as light dimmers, motor controls, heating controls and power supplies; or wherever full-wave silicon gate controlled solid-state devices are needed. Triac type thyristors switch from a blocking to a conducting state for either polarity of applied anode voltage with positive or negative gate triggering.

- Blocking Voltage to 800 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Thermowatt Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability
- Gate Triggering Guaranteed in Two Modes (2N6342, 2N6343, 2N6344, 2N6345) or Four Modes (2N6346, 2N6347, 2N6348, 2N6349)
- For 400 Hz Operation, Consult Factory
- 12 Ampere Devices Available as 2N6342A thru 2N6349A

**2N6342
thru
2N6349**

**TRIACS
8 AMPERES RMS
200 thru 800 VOLTS**



MAXIMUM RATINGS ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
*Peak Repetitive Off-State Voltage ⁽¹⁾ (Gate Open, $T_J = -40$ to $+110^\circ\text{C}$) 1/2 Sine Wave 50 to 60 Hz, Gate Open	V_{DRM}	200 400 600 800	Volts
*RMS On-State Current Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz	$I_T(\text{RMS})$	8 4	Amps
*Peak Non-repetitive Surge Current (One Full Cycle, 60 Hz, $T_C = +80^\circ\text{C}$) Preceded and followed by Rated Current	I_{TSM}	100	Amps
Circuit Fusing ($t = 8.3$ ms)	i^2t	40	A^2s
*Peak Gate Power ($T_C = +80^\circ\text{C}$, Pulse Width = 2 μs)	P_{GM}	20	Watts
*Average Gate Power ($T_C = +80^\circ\text{C}$, $t = 8.3$ ms)	$P_{G(AV)}$	0.5	Watt
*Peak Gate Current	I_{GM}	2	Amps
*Peak Gate Voltage	V_{GM}	10	Volts
*Operating Junction Temperature Range	T_J	-40 to +125	$^\circ\text{C}$
*Storage Temperature Range	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$

1. V_{DRM} for all types can be applied on a continuous basis. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded.

REV 1

Motorola Inc. 1995



MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by H11A1/D



6-Pin DIP Optoisolators
Transistor Output

The H11A1 device consists of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Current Transfer Ratios (CTR) 30% and 50%
- Economical Optoisolators for General Purpose/High Volume Applications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- Monitor and Detection Circuits

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INPUT LED

Reverse Voltage	V _R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I _F	60	mA
LED Power Dissipation @ T _A = 25°C with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P _D	120	mW
		1.41	mW/°C

OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Voltage	V _{CEO}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V _{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V _{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I _C	150	mA
Detector Power Dissipation @ T _A = 25°C with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P _D	150	mW
		1.76	mW/°C

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V _{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	250	mW
		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T _A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T _{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T _L	260	°C

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 1

H11A1*
[CTR = 50% Min]

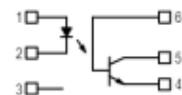
*Motorola Preferred Device

STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC



- PIN 1. LED ANODE
- LED CATHODE
- N.C.
- EMITTER
- COLLECTOR
- BASE





Description

Arduino® Mega 2560 is an exemplary development board dedicated for building extensive applications as compared to other maker boards by Arduino. The board accommodates the ATmega2560 microcontroller, which operates at a frequency of 16 MHz. The board contains 54 digital input/output pins, 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button.

Target Areas

3D Printing, Robotics, Maker



Description

The Arduino UNO R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile development board is equipped with the well-known ATmega328P and the ATmega 16U2 Processor. This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

Target areas:

Maker, introduction, industries

PINOUT Fuente Conmutada 5V 3A



Anexo J



AISLADORES TIPO MANZANA



Aislador Hexagonal con inserto de 1/4"



**Aislador Tipo manzana
Fabricado en resina poliéster
Fibra de vidrio**

Altura	Inserto
1/4"	1/4"
1 3/8"	3/8"
1 1/2"	3/8"
2"	3/8"
2 1/4"	3/8"
2 1/8"	1/2"
2 9/16"	1/2"

Calle Verdín #1708. Col. 8 de Julio. Guadalajara, Jalisco.
Whatsapp: 33 3016 3979.

Tel. 33 3162 0939, 33 3812 5682, 33 1368 1962.
www.relsamex.com

Ficha técnica del producto

Especificaciones



CENTRO DE CARGA QO, KIT BARRA DE TIERRA



PK12GTA

Principal

Product line	QOD
Product type	Barra

Opcionales

Número de conectores	12
Wire size	AWG 14...AWG 4 cobre AWG 12...AWG 4 aluminio
Equipo suministrado	2 tornillo
Bar length	119 mm
Longitud de segmento	80 mm
Metros dispositivo	Direct mounting (*) parte posterior del armario
Altura	11.10 mm 11.10 mm
Profundidad	7.92 mm 7.92 mm
Tightening torque (*)	30 lb.in Clip de montaje 30 lb.in 20 lb.in AWG 14...AWG 10 cobre 20 lb.in AWG 12...AWG 10 aluminio 35 lb.in AWG 6...AWG 4 25 lb.in AWG 8 25 lb.in AWG 14...AWG 12 cobre 25 lb.in AWG 12...AWG 10 aluminio

Unidades embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	1.78 cm
Paquete 1 Ancho	3.05 cm
Paquete 1 Longitud	12.19 cm
Paquete 1 Peso	58.97 g
Tipo de unidad de paquete 2	PAL
Número de unidades en el paquete 2	2160
Paquete 2 Altura	101.6 cm

NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).

LUZ AURORA ORTIZ SALGADO, Presidenta del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y Directora General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica, y Recursos Nucleares, con fundamento en los artículos 33 fracción XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38 fracción II, 40 fracciones XI y XIII, 41, 46, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 33 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 2 apartado A fracción I, 8, fracciones XIII, XIV y XV, y 11 fracción III, del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION).**CONSIDERANDOS**

Primero.- Que de conformidad con el artículo 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización), entró al proceso de revisión quinquenal a que refiere dicho dispositivo legal.

Segundo.- Que de conformidad con el cuarto párrafo del artículo 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización se dio aviso al secretariado técnico de la Comisión Nacional de Normalización de los resultados de la revisión, dentro del término legal establecido para tal efecto, posterior a la terminación del periodo quinquenal correspondiente.

Tercero.- Que de conformidad con el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 21 de marzo de 2011 se presentó el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones Eléctricas (utilización) al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas acompañado de la Manifestación de Impacto Regulatorio, misma que fue presentada con esta fecha a la Secretaría de Economía a través de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria.

Cuarto.- Que de conformidad con el artículo 46 fracción II de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 18 de junio de 2012, la Secretaría de Energía contestó fundadamente las observaciones presentadas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas, en el término establecido legalmente para ello.

Quinto.- Que de conformidad con el artículo 47 fracción I y 33 de su Reglamento se expidió el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización), para consulta pública con el objeto de que dentro de los sesenta días naturales, contados a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas.

Sexto.- Que de conformidad con el artículo 47 en su fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Presidencia del Comité ordenó la publicación en el Diario Oficial de la Federación de las respuestas a los comentarios recibidos en la consulta pública.

Séptimo.- Que de conformidad con los considerandos anteriores se concluye que se ha cumplido con el procedimiento para la modificación de la presente Norma Oficial Mexicana.

Octavo.- Que con la finalidad de mantener actualizado el instrumento normativo y técnico que regule las instalaciones eléctricas del país y en cumplimiento con la obligación de revisar cada cinco años las normas oficiales mexicanas, se tiene a bien expedir la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION).**PREFACIO**

La presente Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y por la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica, y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía con el apoyo de las siguientes instituciones:

- Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C., ANCE
- Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda, CANADEVI
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación, CANACINTRA
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Confederación de Cámaras Nacionales de Comercio, Servicios y Turismo, CONCANACO
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE
- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- Comisión Nacional de Vivienda, CONAVI
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- Instituto Politécnico Nacional, IPN
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Procuraduría Federal del Consumidor, PROFECO
- Secretaría de Economía, SE
- Secretaría de Gobernación, SEGOB



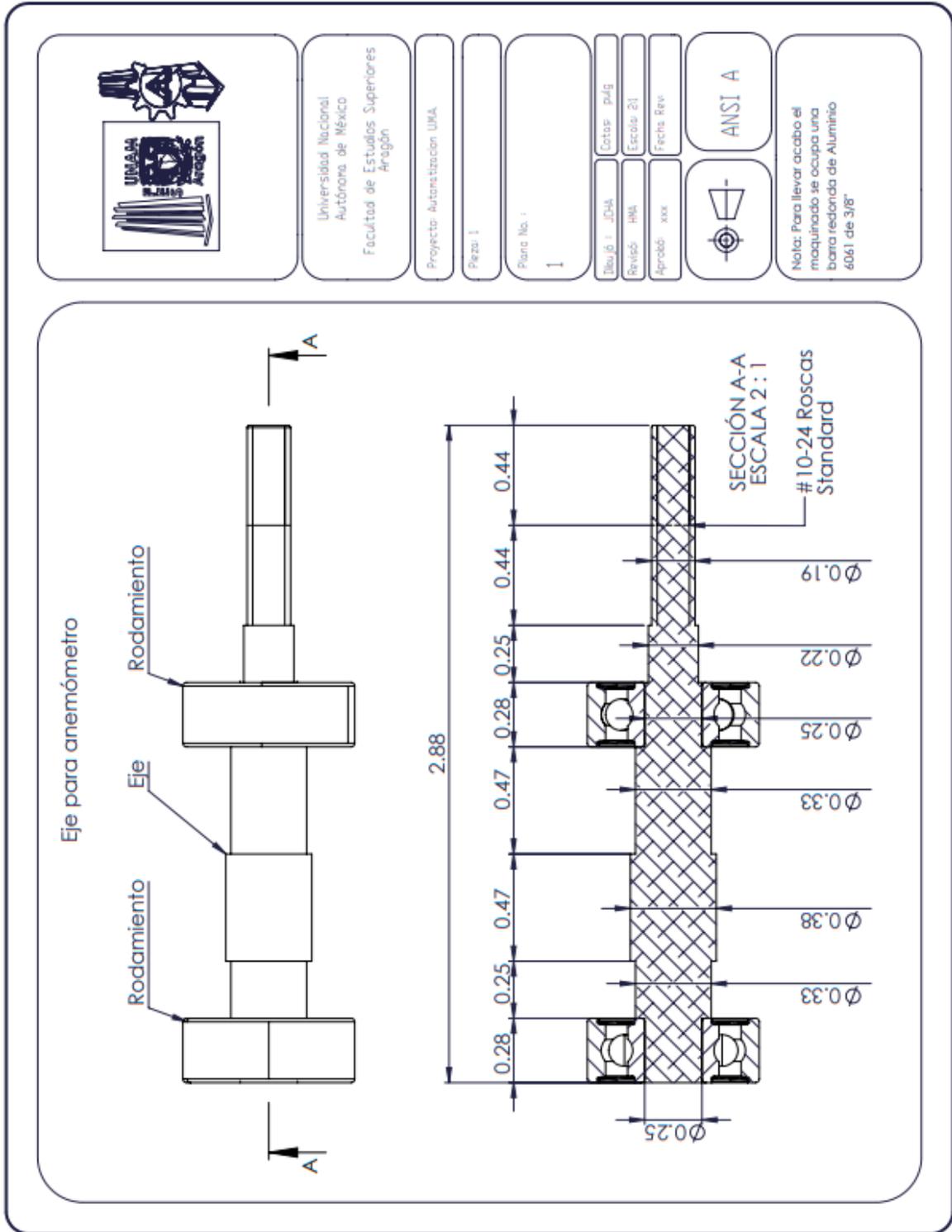
Description

Arduino® Nano is an intelligent development board designed for building faster prototypes with the smallest dimension. Arduino Nano being the oldest member of the Nano family, provides enough interfaces for your breadboard-friendly applications. At the heart of the board is **ATmega328 microcontroller** clocked at a frequency of 16 MHz featuring more or less the same functionalities as the Arduino Duemilanove. The board offers 20 digital input/output pins, 8 analog pins, and a mini-USB port.

Target Areas

Maker, Security, Environmental, Robotics and Control Systems

Anexo N





2. Especificaciones

2-1 Especificaciones generales

Pantalla	LCD tamaño: 28mm x 19 mm.	
Unidades del Anemómetro	m/s (metros por segundo) Km/h (kilómetros por hora) FPM (pies por minuto) Mph (millas por hora) Knot (millas náuticas por hora)	
Unidades de temperatura	°C, °F	
Unidades del barómetro	hPa, mmHg, inHg	
Unidades de humedad	%HR	
Punto de rocío	°C, °F	
Circuito	Chip de microprocesador con circuito LSI	
Estructura del sensor	Anemómetro	Sonda tipo copa con diseño de cojinete de bolas de baja fricción.
	Barómetro	Semiconductor
	Humedad	Sensor de capacidad de humedad, semiconductor
	Temperatura	Semiconductor
Retención de datos	Congela la lectura en la pantalla	
Memoria de registros	Valor máximo y mínimo	
Tiempo de muestreo	Aprox. 1 segundo	
Apagado	Auto apagado para guardar vida de la batería o apagado manual (función REC).	
Temperatura de operación	0 a 50 °C	
Humedad de operación	Menor a 80% HR	
Alimentación	Batería DC 1,5 V (UM4/AAA) x 4 piezas	
Corriente de alimentación	Aproximadamente DC 5.2 mA	