

CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO

Cristian Camilo Arango Caro

Programa Académico
Tecnología electromecánica

Director(es) del trabajo de grado
Daniel Sanín Villa

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Fecha

20/05/2019

RESUMEN

La instrumentación realizada en este equipo pretende demostrar la capacidad imaginativa y el entendimiento de los conocimientos adquiridos a lo largo del pregrado, plasmándolo en el equipo de aire acondicionado del laboratorio de fluidos del ITM ubicado en Robledo. Este trabajo busca brindar conocimientos de forma didáctica, acerca del control que se suele hacer en estos equipos, ofreciendo tanto la instalación de este mismo como diferentes documentos que aclaran y amplían toda la información relacionada al desarrollo de este, para este control se usó un servo motor controlado mediante un Arduino el cual permite la apertura o cierre parcial del dámper mediante dos pulsadores indicando en una pantalla el Angulo de apertura, este control tiene como objetivo variar el flujo del módulo de aire acondicionado para recrear diferentes condiciones en las que se puede hacer un análisis del comportamiento de las variables de temperatura, presión, humedad y velocidad, con la intención de optimizar el equipo en busca de aproximar su funcionamiento a un equipo estándar de aire acondicionado que permita facilitar el aprendizaje y comprensión del funcionamiento de este tipo de sistemas.

RECONOCIMIENTOS

Agradecimientos al profesor Daniel Sanín villa en servir de asesor y evaluador en todo el proceso, al laboratorista Juan Sebastián Tabares Bedoya por su disposición y por proveer los instrumentos necesarios para desarrollar el producto de laboratorio y al estudiante de mecatrónica Diego Andrés Cardona Henao por prestar su ayuda la cual fue indispensable para la realización satisfactoria del control de apertura y cierre del dámper del módulo de aire acondicionado.

ACRÓNIMOS

CFM: Cubic feet per minute.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	Generalidades.....	6
1.2	Objetivo general	6
1.3	Objetivos específicos.....	6
1.4	Organización de la tesis	7
2.	MARCO TEÓRICO	8
3.	METODOLOGÍA	11
3.1	Reconocimiento del actual equipo de aire acondicionado.....	11
3.2	Servomotor.....	11
3.3	Estado del dámper	11
3.4	Arduino Uno	12
3.5	Pantalla LCD 16X2 con integración de I2C	12
3.6	Conexión entre el servomotor MG996R con el Arduino Uno	12
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1	Componentes	14
4.1.1	Servomotor	14
4.1.2	Fuente eléctrica	15
4.1.3	Arduino Uno	16
4.1.4	Pulsador	16

4.1.5 Pantalla LCD	17
4.1.5 Protoboard	18
4.2 Practica de laboratorio experimental-teórico del módulo de filtros de aire y el control manual del servomotor	18
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.....	27
5.1 Conclusiones.....	27
5.2 Recomendaciones.....	28
5.3 Mantenimiento.....	28
5.4 Detección de daños y reparación	30
5.5 Trabajo futuro.....	32
REFERENCIAS	33
ANEXO	34

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La instrumentación y control realizado en equipos de aire acondicionado son implementados comúnmente para asegurar ciertas condiciones que permiten al sistema funcionar adecuadamente, esto implica entender claramente el funcionamiento y requerimientos del equipo, en este trabajo se pretende realizar un control que permita asegurar una posición angular la cual está asociada a una cantidad de CFM's, teniendo en cuenta que estos se ven afectados mayormente por la saturación de los filtros instalados en el equipo. Esto es realizado mediante el control electrónico del eje del dämper, el cual disminuye o aumenta la posición angular según la necesidad, permitiendo al equipo ofrecer una velocidad constante.

Mediante esta instrumentación y control se pretende mejorar el funcionamiento del equipo, el cual es incapaz de modificar la posición angular del dämper sin la intervención mecánica directa de este.

1.2 Objetivo general

El objetivo consiste en instrumentar un módulo que analiza el comportamiento del aire utilizando distintos tipos de filtro; el modulo contará con diferentes instrumentos destinados a la medición de: la presión, velocidad, temperatura y humedad del aire, antes y después del arreglo de filtros. Se espera que los filtros garanticen una limpieza del aire y una baja caída de presión.

1.3 Objetivos específicos

Inspeccionar completamente el equipo de aire acondicionado actual, en busca de posibles fallas.

Diseñar e instalar un control electrónico que pueda manipular la apertura y cierre del dámper, ofreciendo también posiciones intermedias.

Hacer planos y diagramas que permitan entender la instalación y funcionamiento de los componentes usados para el control e instrumentación del equipo.

Ofrecer una práctica de laboratorio enfocada al entendimiento didáctico de la instrumentación y control realizado.

1.4 Organización de la tesis

Se realiza una inspección del correcto funcionamiento del equipo, buscando fallas que afecten los componentes que lo conforman o la seguridad general del mismo. Teniendo en cuenta la función del equipo se procede a realizar el control e instrumentación y a revisar minuciosamente la funcionabilidad y el estado final del equipo.

2. MARCO TEÓRICO

Los padres del Arduino

La revolución del hardware libre se logró gracias a 5 visionarios que en su afán por transmitir conocimientos a sus estudiantes del instituto de diseño Ivrea en una forma didáctica, sencilla y debido a las limitaciones de algunos de ellos por adquirir placas extremadamente costosas; incentivaron a David Mellis, David Cuartielles, Gianluca Martino, Massimo Banzi, y Tom Igoe, a diseñar una placa electrónica desarrollada en una plataforma más barata, con puertos de entrada y salida analógicos y digitales y que se pudiera programar en Windows, Mac y Linux. También debía ser más accesible y más fácil de usar, apta para principiantes con un revolucionario concepto de “open hardware”.

El nombre de Arduino se debe a un marqués de Ivrea y después rey de Italia desde el año 1002 (tras el emperador Otón III) hasta el año 1014, cuando fue destronado por Enrique II.

¿Cómo funciona un equipo de aire acondicionado?

Cuando se establece un tratamiento del aire lo que se busca es mantener un control simultáneo de la temperatura, humedad, calor y la distribución del mismo en el espacio que se busca climatizar para que responda con las exigencias requeridas de acondicionamiento.

El calor es una forma de energía relacionada con el movimiento de las moléculas, al suministrarle fuego a una sustancia u objeto su reacción se produce en el movimiento acelerado de sus partículas manifestándose en lo que se conoce como calor.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire, se relaciona por las condiciones de confort que se siente en el ambiente, llega a la atmósfera por el proceso que se conoce como evaporación.

Cuando se produce el ciclo de refrigeración el líquido refrigerante se pone en circulación con el fin de reducir o mantener la temperatura que se encuentra en el ambiente por debajo de la del entorno; con este proceso se garantiza extraer calor de un sitio para llevarlo a otro, este ciclo se repite durante el proceso de acondicionamiento y se conoce como ciclo de refrigeración. Este ciclo comprende 4 procesos fundamentales, descritos a continuación:

Expansión: El líquido pasa a la válvula de expansión a una temperatura y presión alta, la presión del líquido se reduce a la del evaporador.

Evaporación: En el evaporador, el líquido se evapora una presión y temperatura constante (cede calor), dando como resultado vapor de agua.

Compresión: En el compresor, se produce un aumento de la temperatura y presión, para pasar al condensador.

Condensador: En este, se produce una reducción de la temperatura y condensación del vapor (absorbe calor), volviendo al estado líquido, donde se repite el proceso. (Tomado del trabajo de laboratorio de pedro pablo Pérez y Felipe pinzón, 2019).

¿Cómo funciona un Arduino?

Primero hay que establecer que Arduino es una plataforma electrónica de código abierto, la cual, está basada en un software y hardware libre, fácil y flexible para los creadores y programadores, esta plataforma permite crear diferentes tipos de microcontroladores a partir de una sola placa a la que la comunidad de desarrolladores puede darle distintos usos, Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas y su código es accesible por cualquiera. Los Arduinos funcionan con unos microcontroladores conocidos en la industria como ATMEGA, la función de un microcontrolador es integrar varios circuitos para ejecutar un conjunto de instrucciones utilizando un lenguaje de programación llamado Arduino IDE.

El microcontrolador de Arduino posee una interfaz de entrada, que quiere decir con esto, que se puede conectar cualquier tipo de periféricos, la función de los periféricos es captar la información o la orden que se quiere ejecutar y entregársela al microcontrolador que se encarga de procesar los datos y llevarlos a una interfaz de salida que toma esa información de datos ya procesada y la lleva a otros periféricos o a otras placas y controladores para realizar una función específica.

Control del flujo del aire

Dependiendo del contexto operativo en que se encuentre un dispositivo, se requiere un análisis de la forma de controlar el flujo de aire, con el fin de garantizar que el sistema diseñado sea lo más eficiente y sencillo posible, tanto por su funcionalidad como al momento de ejecutar algún tipo de mantenimiento, para el desarrollo del proyecto fue necesario categorizar el sistema de control de flujo que más se acomodara a las necesidades del proyecto basándose en criterios como caudal de aire constante, flexibilidad, economía y facilidad de ajustes o modificaciones en un futuro y se clasificó de la siguiente forma:

1. Regulador con energía auxiliar con actuador para el control de caudal variable.
2. Regulador con control de flujo de aire sin energía auxiliar con operación de led de control.
3. Regulador del caudal auto mecánico de flujo constante con actuador y suministro de energía auxiliar.

Una vez que se categorizó el control de flujo de aire se seleccionó el regulador de caudal auto mecánico de flujo constante con actuador y suministro auxiliar, posteriormente, se realizó una investigación en la industria para determinar un dispositivo que cumpliera con la categorización y los criterios mencionados anteriormente, por lo tanto, el dispositivo seleccionado fue un dámper de referencia LD-25 con sistema de aleta con apertura mecánica.

Sistemas de control de flujo de aire

Para establecer el control del flujo de aire es necesario utilizar un actuador, de tal forma que el sistema de apertura y cierre del dámper por medio de la palanca o brazo mecánico sea de forma automática, para efectuar tal accionamiento se seleccionó un servomotor de referencia MG996R el cual se detalla su selección en la sección 3.2 referida al servomotor.

Partiendo de esta premisa era necesario evaluar todas las posibilidades para efectuar el control del servomotor desde la utilización de PLC y microcontroladores hasta PI o PID.

Tanto el PI como el PID son una herramienta de control muy eficaz cuando se desea mantener una variable en un valor determinado (como en el caso de un maxtherm que se utiliza para el control de la temperatura) , sin embargo, debido al hecho de que no se cuenta con un conocimiento amplio sobre este tipo de control, además del hecho de que los PID y los PI para principiantes, están diseñados para ejecutarse a periodos irregulares, también el hecho de realizar operaciones

matemáticas extras para calcular los términos correspondientes a la parte derivativa e integral, se descartó esta opción.

Respecto a la utilización del PLC, pese a que se tienen conocimientos básicos sobre la herramienta y el software para ejecutar la programación TIA PORTAL, cuyo lenguaje es en formato LADDER, se descartó por el hecho de que se adquisición resultaba costosa e ineficiente, debido al hecho que se estaría desperdiciando memoria interna del dispositivo solo para controlar un actuador que realizará una posición de apertura y cierre.

Por lo tanto, el dispositivo ideal para integrar al actuador (servomotor) era el Arduino, especialmente el Arduino UNO, debido a que su interfaz de programación es de fácil sintaxis, además, del hecho de ser un hardware y software de código abierto permite una mejor adaptabilidad y acceso a todas las librerías de las que dispone, cabe resaltar, que es el tipo de Arduino más comercial y vendido en la industria, también, de que posee un microcontrolador ATMEGA por lo que se tendría otro dispositivo de control ya integrado, en adición, su bajo costo y flexibilidad determinaron que se seleccionara dicho dispositivo.

Sistemas de control utilizados en la industria

Actualmente en la industria el sistema de control automatizado por excelencia es el PLC, los más utilizados en la familia son los S7 de marca siemens, abarca desde el 200 hasta el 1500, sin embargo, los más utilizados corresponden a la referencia del S7-300 y el S7-1200, estos se describirán en detalle.

El S7-300 es de gran aceptación en el ámbito industrial debido a su eficiencia, calidad y robustez, todas sus funciones son programables dentro del entorno TIA PORTAL, además, cuenta con distintos tipos de lenguaje para programarlo como son KOP, FUP, AWL, y SCL.

Por otra parte, el S7-1200 se considera el futuro de la industria según los expertos, pese a que lleva poco tiempo en el mercado en relación a otros tipos de PLC de la familia S7, ejecuta tareas de forma sencilla, pero con una alta precisión, sin embargo, se le pueden hacer actualizaciones de firmware que permite mejorar las prestaciones del equipo, tiene capacidad para cubrir el espectro de comunicaciones inalámbricas y remotas gracias a su interfaz Profinet o Ethernet incorporada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Reconocimiento del actual equipo de aire acondicionado

Antes de realizar el control y la instrumentación al equipo se verifica el buen funcionamiento de todos los instrumentos de medición y el funcionamiento del equipo de aire acondicionado ya existente en el laboratorio.

Para implementar la instrumentación y control del equipo fue necesario plantear que tipo de control sería usado para manipular la apertura y cierre del dámper, se decidió debido a limitaciones económicas y la difícil adquisición de los componentes necesarios hacer uso de un servomotor y realizar un control manual, el cual modifica la posición angular del eje asociado al dámper.

Además, se revisó el estado del módulo de acrílico verificando que este no presentara fugas, grietas o fisuras que pudieran comprometer el correcto funcionamiento del equipo o la seguridad de quien lo opera.

3.2 Servomotor

Actualmente el laboratorio de fluidos no cuenta con un servomotor para ejecutar la función de actuador al acoplarlo al dámper del módulo para evaluar la eficiencia de los filtros, sin embargo, después de hacer una investigación sobre el instrumento que más se amoldaba a las necesidades de estudio, por su diseño, capacidad de fuerza rotacional (torque) y ángulos de apertura; Se categorizó los tipos de servomotores para establecer cual se adaptaba mejor a la funcionabilidad requerida, están los servomotores de corriente continua (CC), servomotores de corriente alterna (AC), servomotores de imanes permanentes o Brushless y motor paso a paso.

El servomotor de corriente continua (CC) funciona con un motor de corriente continua y se controlan por medio de PWM (Modulación Por Ancho de Pulso).

El servomotor de corriente alterna (AC) funciona con un motor de corriente alterna, se utiliza para mover grandes cargas, por lo que requiere mayor corriente.

El servomotor de imanes permanentes o Brushless es un motor de corriente alterna sin escobillas, se utiliza para cuando se requiere altos torques y velocidades, funcionan con motores sincrónicos.

El motor paso a paso, este tipo de motor no gira de manera continua si no por pasos, están delimitados para movimientos a determinados grados, son ideales para mecanismos donde se requiera movimientos muy precisos.

Basándose en esta información se determinó que el tipo de servomotor indicado para implementarlo en el proyecto es un servomotor de corriente continua (CC), además, este tipo de servomotores son los más comerciales, de bajo costo y muy eficientes. Una vez establecida la categoría del tipo de servomotor es necesario seleccionar el servomotor adecuado, debido a que dependiendo de la selección puede variar su programación, frecuencia y librerías utilizadas para efectuar una adecuada programación, teniendo como referencia su capacidad de torque (kg/cm) los modelos SG tienen un torque desde 1kg/cm hasta 6.5kg/cm; Los modelos MG desde 1kg/cm hasta 10kg/cm; Los modelos RD desde 1kg/cm hasta 15kg/cm; Acorde a esta información se determinó que el servomotor más indicado para su adaptación al dámper era el servomotor MG996R, debido a que es el más comercial, eficiente y de bajo costo.

NOTA: el servomotor seleccionado se muestra en la figura 3.

3.3 Estado del dámper

El dámper que se le realizará la adaptación es el modelo LD-25 con sistema de aleta, cuenta con un actuador manual y un eje de ½ pulgada, además, es galvanizado y presenta unas dimensiones de 6X6X10 pulgadas, se encuentra en óptimas condiciones, cabe resaltar, que presenta unas modificaciones de recorte de láminas tanto en su parte frontal como posterior, tomando como referencia la visualización a través del conducto, sin embargo, no afecta las adaptaciones que se requieren para su apertura electrónica.



Figura 1. Dámper que regula el flujo de aire con sistema de aleta.

3.4 Arduino uno

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteo. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador. (lescam, 2016).

La conexión del Arduino Uno que se implementará en el proyecto será con una entrada análoga en el pin A5, la conexión de 5V y la tierra (GND) van a la pantalla LCD 16X2 con integración de I2C, los pines 8 y 7 son las terminales digitales (PWM) que son las que controlan el avance y el retroceso del actuador respectivamente, finalmente, el pin 13 es la conexión que permite encender y apagar la pantalla, como se ilustra en la imagen



Figura 2. Conexiones digitales y análogas del Arduino uno para ejecutar el control del servomotor.

3.5 Pantalla LCD 16X2 con integración de I2C

El objetivo de la pantalla LCD 16X2 es permitir la visualización del ángulo de rotación que experimenta el eje al ir cambiando su posición angular con respecto al estado de reposo.

El primer paso consiste en soldar el I2C a la parte trasera de la pantalla LCD 16X2. Posteriormente, se realiza la conexión entre el Arduino uno y el I2C integrado a la pantalla LCD 16X2, para este caso hay que identificar los pines del I2C en la tarjeta de Arduino uno, los cuales corresponden a los puertos A4 Y A5, mientras que en I2C corresponden al SDA y al SCL respectivamente.

3.6 Conexión entre el servomotor MG996R con el Arduino Uno

Una vez se termina de efectuar la conexión entre el Arduino y la pantalla LCD 16X2, es necesario integrar al sistema el servomotor, al momento de hacer la configuración es de vital importancia tener en cuenta la ficha técnica del servomotor para estar al tanto del ángulo de giro que tolera, en este caso, el ángulo de giro máximo del que dispone es de 0-180°, sin embargo, el ángulo de apertura del actuador manual del dämpner va de 0-90°;

Teniendo en cuenta esta condición de diseño, se procede a conectar el servomotor con el Arduino y programar la señal de activación. La comunicación entre el servomotor y el Arduino se efectúa a través de un canal de comunicación conocido como PWM (Modulación Por Ancho de Pulso) y la alimentación se realiza de forma externa por medio de una fuente de 12Vcc con salida de 2A debido a que el Arduino Uno no dispone de la corriente suficiente para activar el servomotor seleccionado (MG996R); la conexión entre el servomotor y el Arduino se realiza de la siguiente forma:

- El cable negro va a tierra (GND).
- El rojo a la alimentación de 5 voltios.
- El amarillo al pin PWM del Arduino uno.

NOTA: Los cables de distintos colores (negro, rojo y amarillo) que se utilizan para explicar las conexiones y funcionamiento del circuito no se asemejan con los instalados en el circuito real, solo se hacen con el fin de un mejor entendimiento del lector.

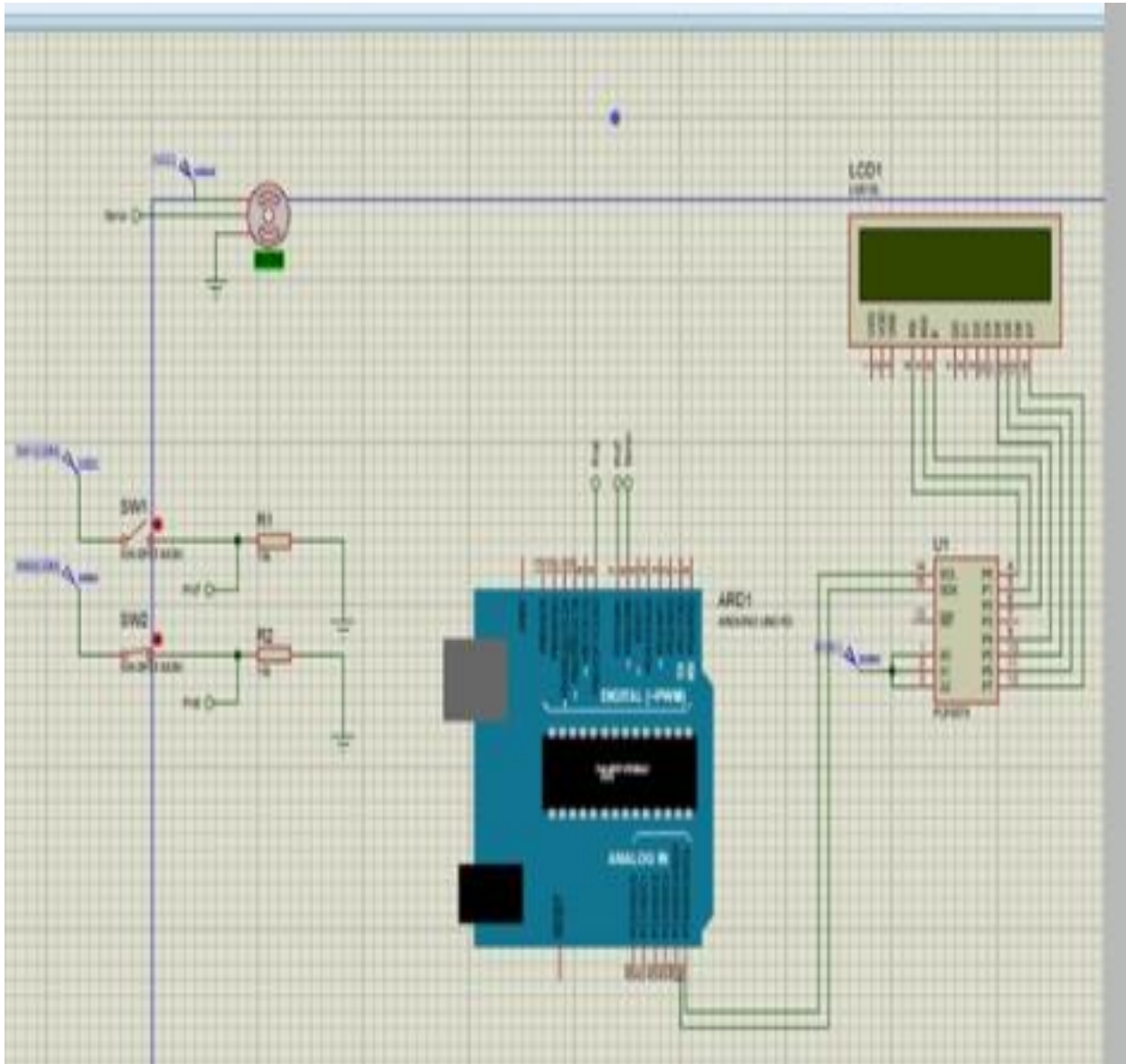


Figura 3. Circuito con Arduino uno, servomotor MG996R, pantalla LCD 16X2 con I2C con sus respectivas conexiones para adaptarlo al actuador manual del dampner.

4.1 Componentes

Se presentan definiciones de los elementos usados para la instrumentaci3n y control del equipo.

4.1.1 Servomotor

Un servomotor es un artefacto electromecánico que tiene la posibilidad de adoptar una posición y mantenerse en esta, siempre y cuando esté en su rango de maniobra. Suele ser usado para realizar el control de la posición angular de un eje, el servomotor que se utilizará es el MG996R.

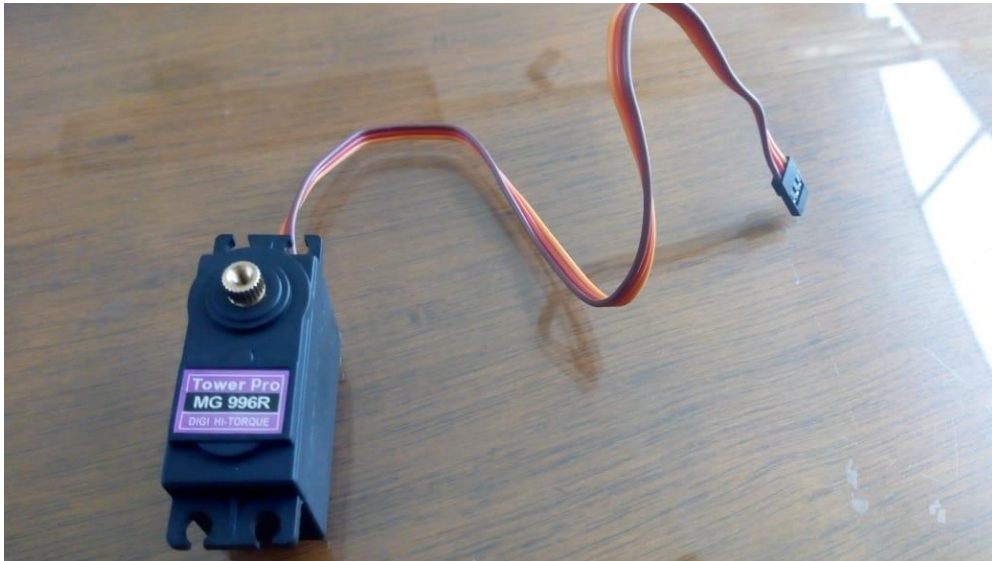


Figura 4. Servomotor MG996R (fuente propia).

4.1.2 Fuente eléctrica

Una fuente eléctrica es un aparato usado para alimentar eléctricamente los elementos activos y circuitos de un sistema, en este caso se hizo uso de un transductor que recibe 110/220 V y ofrece 12Vdc con 1.3 A para alimentar todo el circuito de control y el servomotor.

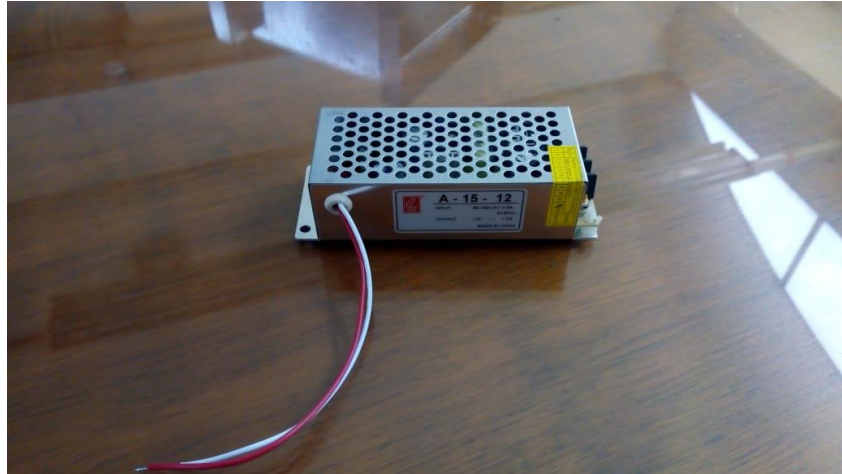


Figura 5. Fuente eléctrica (fuente propia).

4.1.3 Arduino Uno

Un Arduino Uno es una tarjeta electrónica que posee un microcontrolador, entradas y salidas digitales, suele usarse para realizar el control de sistemas simples. Para la realización del control de la posición angular del dámper basado en porcentajes de apertura se hizo uso de una tarjeta Arduino Uno R3.

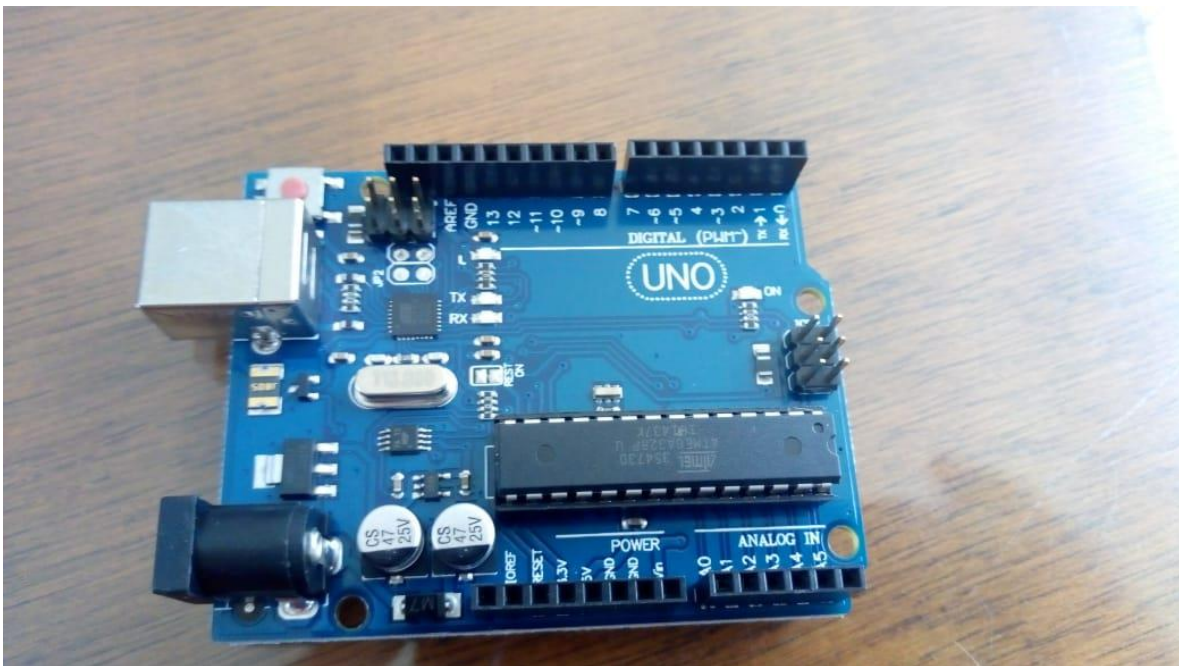


Figura 6. Arduino uno R3 (fuente propia).

4.1.4 Pulsador

Un pulsador es un interruptor que permite o interrumpe el flujo de corriente eléctrica al ser pulsado, en este caso se hizo uso de pulsadores de dos pines normalmente abierto.



Figura 7. Pulsador (fuente propia).

4.1.5 Pantalla LCD con módulo I2C

Una pantalla LCD es un aparato electrónico que mediante píxeles permite manifestar mensajes y figuras, en este proyecto se hizo uso de una pantalla LCD soldada a un módulo I2C para indicar al usuario el porcentaje de apertura actual.

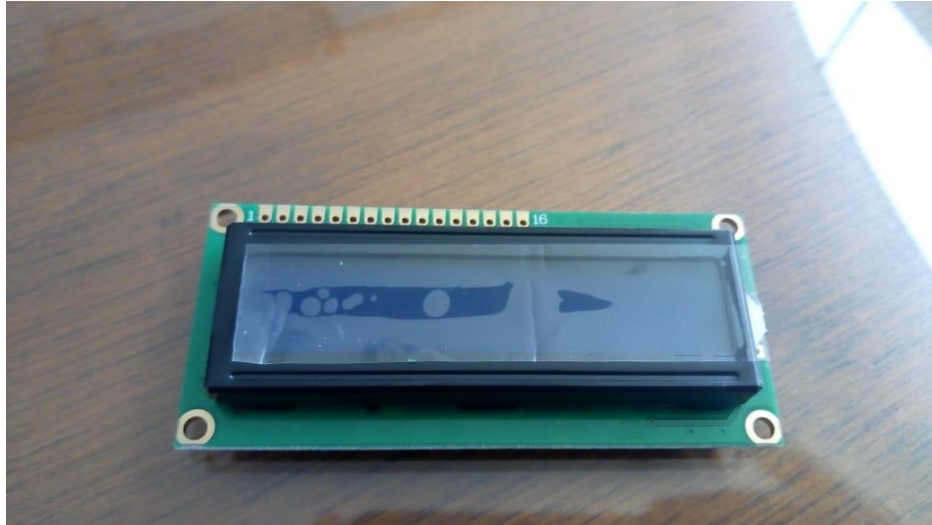


Figura 8. Pantalla liquida LCD con módulo I2C (fuente propia).

4.1.6 Protoboard

Una protoboard es un instrumento que permite construir pequeños circuitos ya que posee una conexión interna que facilita la instalación de los elementos del circuito, esta fue usada para realizar la conexión del circuito de control, por medio de esta, se alimentaron las conexiones entre el Arduino uno, la pantalla LCD 16X2 con I2C y el servomotor MG996R conectado al dámper, alimentado por la fuente de 12Vdc como se muestra en la imagen.

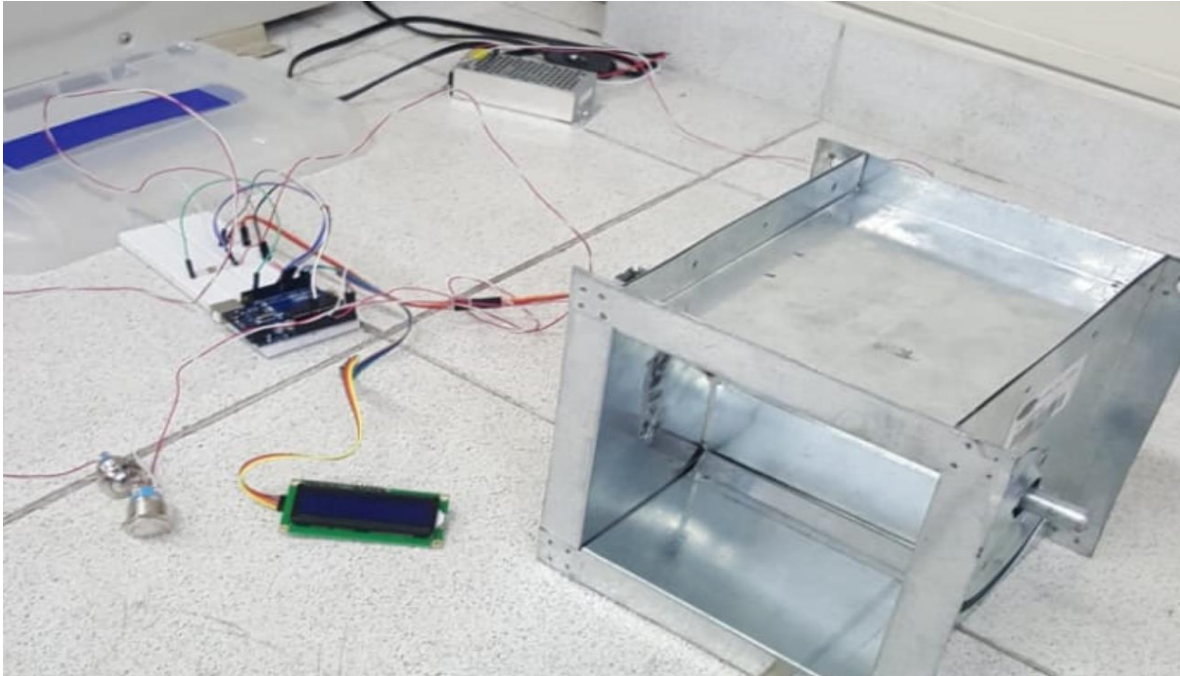


Figura 9. conexiones entre el Arduino uno, la pantalla LCD 16X2 con I2C y el servomotor MG996R conectado al d mper, alimentado por la fuente de 12Vdc.

NOTA: En el anexo B se encuentra explicado en forma detallada el código utilizado para programar el servomotor y la pantalla LCD 16X2 con I2C.

4.2 Practica de laboratorio experimental-teórico del módulo de filtros de aire y el control manual del servomotor.

En esta sección se presenta una posible práctica de laboratorio, donde se empleen la instrumentación, control y principios físicos que se encuentran disponibles en el nuevo módulo de filtros de aire acondicionado:

NOMBRE DEL ALUMNO _____

Materiales:

- Pulsadores para variar el ángulo de apertura del d mper (empotrado en el módulo de filtros para aire acondicionado)

-Filtros aire acondicionado de diferentes calidades desmontables (ubicados en el módulo de filtros para aire acondicionado).-Anemómetro.

-Módulos termo higrómetro y manómetro (ubicados en el módulo de filtros para aire acondicionado).

-Bata de laboratorio.

-Equipo de aire acondicionado (específicamente el ventilador del evaporador).

COMPETENCIA:

-Identificar y comprender los componentes y funcionamiento del módulo de filtros para aire acondicionado.

- Visualizar el funcionamiento de los equipos y analizar el comportamiento de las variables de presión, temperatura, humedad relativa y velocidad.

-Determinar los ángulos de apertura del servomotor.

Conceptos básicos previos:

-Análisis de comportamiento en filtros de aire acondicionado

- Sistemas de unidades de presión, temperatura y humedad relativa.

-Eficacia de filtración.

-Caudal y caída de presión en filtros.

-Posición angular.

Procedimiento metodológico:

1. Identifique (sin encender el ventilador) cada uno de los componentes del módulo de filtros para aire acondicionado y escriba una breve descripción del módulo.

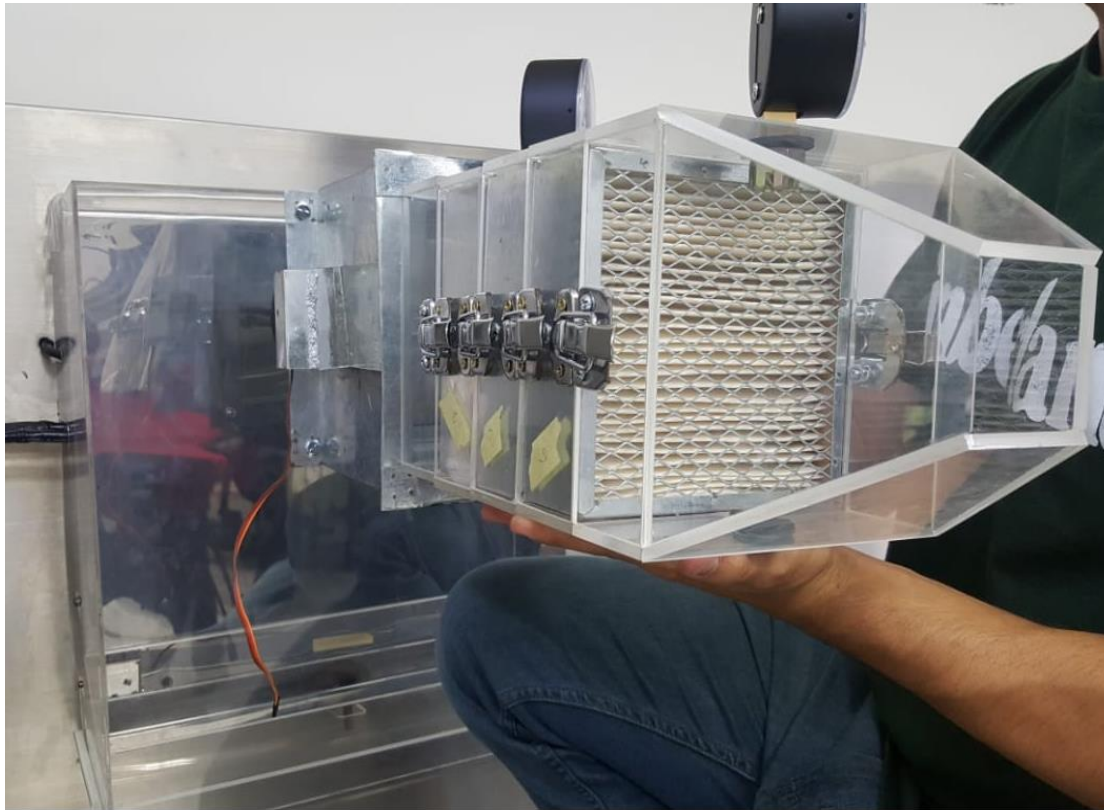


Figura 10. Componentes del módulo de filtros

2. Analice el sistema de control manual para el dámper y de una breve descripción de cada uno de los componentes.



Figura 11. Sistema de control manual del d mper.

3. Retire por medio de los broches la reducción de acrílico que va al final del módulo, seguidamente retire de la misma forma el módulo de termo higrómetros y manómetros.

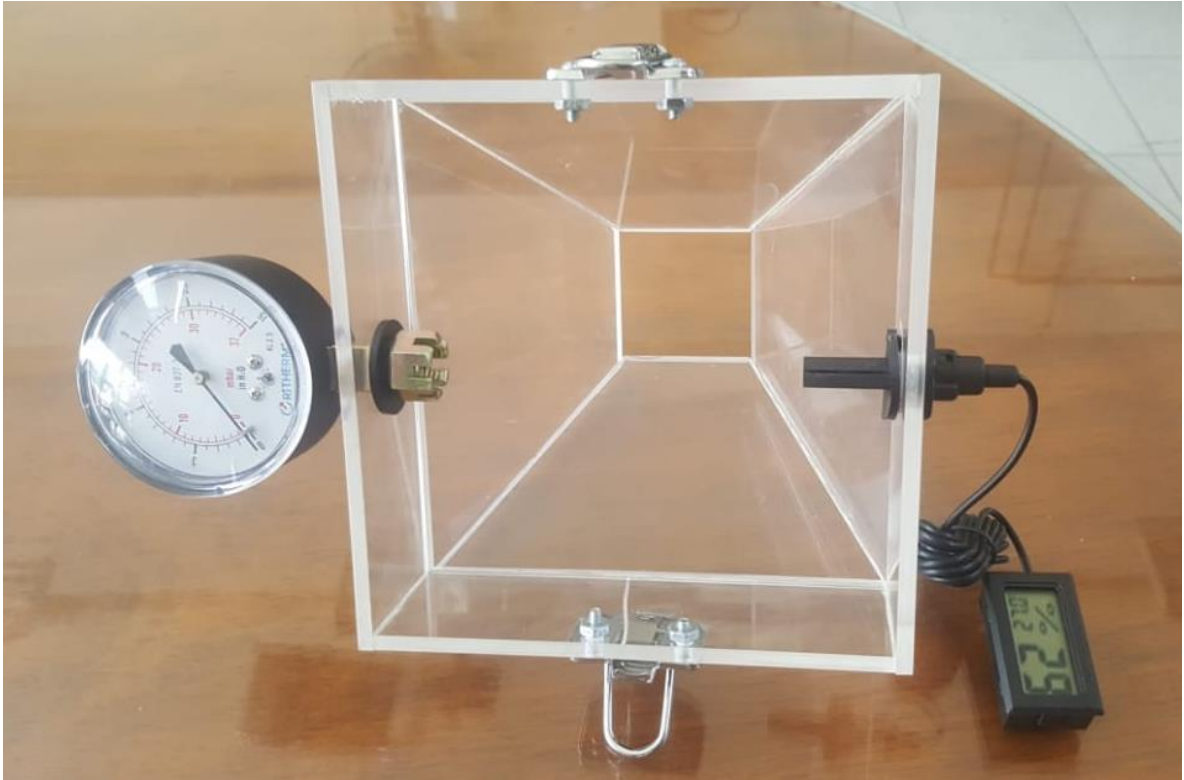


Figura 12. Reducción de acrílico junto con el módulo del termohigrómetros y manómetro.

4. En el arreglo de filtros desmontar cada uno por medio de los broches e identifique y de una pequeña descripción (teniendo en cuenta medidas, eficiencia de filtración por porcentaje, caída de presión, dirección de flujo teniendo en cuenta la flecha apunta hacia la reducción).



Figura 13. Filtros de diferente calidad con broches y acrílico.

5. Active los breakers que están en tablero eléctrico, seguidamente Encienda el equipo de aire acondicionado (por medio del interruptor de control de tres posiciones en modo auto)



Figura 14. Interruptor para el encendido del aire acondicionado.

6. Encienda el sistema de control por medio de un switch (ubicado en el módulo de filtros para aire acondicionado).
7. Utilizando los pulsadores regule la apertura del d mper de 10 en 10 hasta llegar a su mínimo de cierre.
8. Una vez desmontados e identificados se procede a acoplar cada filtro individualmente o el acople de todos los filtros según sea el caso, seguido por los módulos termo higrómetros, manómetros y reducción, analice y compare a través de la instrumentación ubicada en el módulo y anemómetro, tome los datos en la tabla 1 y 2.



Figura 15. Acople de los tres filtros junto con la reducción y los módulos del manómetro y termo higrómetro.

Nota: Se debe de tener en cuenta que no puede estar encendido el ventilador cuando se est  manipulando el módulo, únicamente cuando el módulo este acoplado con el arreglo de filtros a conveniencia.

- a) Una vez encendido el ventilador tabule los resultados de las variables siguiendo el formato presentado en la tabla 1, tenga en cuenta al hacer el experimento el

orden que se indica en la tabla e irlos intercambiando (los filtros) y desmontándolo según sea el caso. Empiece con un ángulo de apertura de 10° y llene la tabla, repita el proceso hasta alcanzar un ángulo de 90° (máxima apertura). Aumente el ángulo de 10 en 10 grados.

Calidad filtros (%)	Presión antes (inH₂O)	Presión después (inH₂O)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad (CFM)
30					
60					
90					
30 y 60					
60 y 90					
30 y 90					
30-60 y 90					
90-60 y 30					

Tabla 1.

- b) Después de haber registrado toda la información en la tabla 1, determine:
- ¿cuál es la relación que se presenta entre la temperatura y la velocidad registrada por el anemómetro en el sistema?
 - Grafique dicha relación.
- c) ¿Por qué es necesario medir la presión manométrica del flujo de aire antes y después de los filtros?
- d) ¿La velocidad se ve afectada por la humedad relativa del sistema?
- e) ¿Existe alguna diferencia de presión al intercambiar y quitar el orden de los filtros? Explique.

- f) ¿Es posible determinar el área de los módulos del filtro conociendo la presión y el caudal de aire que circula a través de ellos? Explique.
- g) ¿La calidad de los filtros de aire afecta la cantidad de CFM que circula a través del módulo? Explique.
- h) En base a los ángulos de apertura establezca una relación con el caudal que circula a través del módulo de los filtros de aire. Grafique.
- i) Explique el funcionamiento del Arduino y sus conexiones con el servomotor y la pantalla LCD 16X2 con I2C.

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Recomendaciones

Para realizar algún tipo de modificación al sistema se recomienda visualizar la ficha técnica de cada uno de los equipos que componen el módulo de trabajo y revisar el estado de las piezas que lo conforman.

Tener en cuenta las medidas de seguridad y los parámetros de funcionamiento establecidos en la guía del módulo de trabajo.

Al momento de poner en funcionamiento el módulo de medición del flujo de aire es importante tener claridad en los conceptos que constituyen el objeto de estudio.

No se debe forzar o alterar las partes electrónicas del Arduino uno, sin el consentimiento de la persona encargada del laboratorio.

Por otro lado, en cuanto a la parte de instrumentación y control se sugiere incorporar sensores de presión digitales para tener una medición más precisa y poder establecer una relación de normalización entre la señal de salida (comúnmente en mA) y la ejecución de una acción como la apertura o cierre del dámper acorde a los valores de presión suministrados por medio del Arduino Uno, también, modificar el espacio donde se encuentra ubicado el ventilador, con el fin de adaptar uno con mayor capacidad de flujo de aire, en adición, incorporar pantallas HMI con el fin de crear una interfaz que pueda

manipular el usuario, en donde se establezcan parámetros de entrada de acuerdo a las variables manipuladas y el sistema muestre las gráficas de temperatura, humedad, presión y velocidad de flujo en la periferia, así como la programación de un sistema de paro o stop en caso de algún modo de falla.

5.2 Mantenimiento

Las revisiones de los dispositivos electrónicos dependerán de las horas de uso que tenga el sistema y las condiciones ambientales en las que se encuentre trabajando, todo daño de cortocircuito relacionado con la parte de control deberá ser inspeccionado de manera inmediata o reparado según sea el caso.

Al momento de realizar el mantenimiento se deben tener conocimientos claros de control, electricidad y seguir las normas de seguridad establecidas en el laboratorio.

Los protocolos de mantenimiento implementados para los equipos se muestran a continuación.

Protocolos de mantenimiento para Arduino uno

- Apagar y desconectar el dispositivo.
- Limpiar con aire comprimido para eliminar el polvo.
- Oprimir el botón de reset durante unos segundos y soltarlo (comprobar estado del botón).
- Conectar nuevamente el dispositivo a la corriente y verificar que se estén ejecutando las funciones para las que fue programado.
- En caso de no presentar algún inconveniente concluir el mantenimiento.

Protocolos de mantenimiento para el servomotor

- Apagar y desconectar el dispositivo.
- Destapar el servomotor retirando los 4 tornillos.

- Revisar el potenciómetro para visualizar su estado.
- Revisar el controlador integrado si no tiene alguna pieza quemada.
- Revisar el cable que viene integrado al dispositivo para descartar peladuras.
- Limpiar con aire comprimido para eliminar el polvo.
- En caso de no evidenciarse fallas, unir nuevamente las partes y taparlo.

Protocolos de mantenimiento para la pantalla LCD 16X2 con I2C.

- Apagar y desconectar el dispositivo.
- No se debe limpiar con gel o spray debido a que formaría una capa pastosa.
- La limpieza debe realizarse con un paño de algodón húmedo para evitar rayar la pantalla.
- Debe pasarse por la pantalla del monitor suavemente sin ejercerle presión.
- Esperar que se seque y verificar su funcionamiento.
- Verificar por la parte posterior que los puntos de soldadura entre la pantalla y el I2C se encuentran en perfecto estado, de no ser así, reforzar la soldadura.

Protocolos de mantenimiento para la fuente de 12Vcc

Herramientas y materiales para realizar el mantenimiento

- Se debe utilizar un multímetro, transformador aislador y un destornillador.
- Destapar la fuente y revisar que los fusibles no se encuentren quemados.
- Medir los transistores de conmutación de entradas de línea.
- Corroborar que los condensadores electrolíticos no estén defectuosos.
- Corroborar la resistencia de los transistores chequeando con el multímetro.
- Al encender la fuente nuevamente conectarla a un transformador aislador y verificar su tensión de línea.

5.3 Detección de daños y reparación

El servomotor no enciende

- No responde al PWM: La frecuencia entre el Arduino uno y el servomotor no es la misma, hay que pulsar de forma manual la señal a una frecuencia más baja.
- Fuente de alimentación dañada: Por si solo el Arduino no puede suministra la corriente que requiere el servomotor MG996R, hay que revisar la fuente de alimentación para descartar daños.
- Mala conexión de los cables que van al servomotor: Es posible que se haya hecho una mala conexión de los 3 cables que van del Arduino uno al servomotor no esté en los pines correctos, revisar conexión o si se encuentra un mal contacto de los cables, cambiarlo.

La pantalla LCD 16X2 con I2C enciende, pero no muestra nada

- Librería mal descargada: No se utiliza la librería que permite mostrar los datos en la periferia, descargar la librería fmalpartida y descomprimir la carpeta "liquidcrystal".
- No funciona el potenciómetro: Verificar que el potenciómetro al respaldo de la pantalla se encuentre ajustado en forma correcta.
- Pines mal soldados: Verificar si las conexiones entre el I2C y la pantalla tienen continuidad, de no ser así, verificar la soldadura por que puede haber un punto mal soldado.

Sale humo del Arduino uno

- Sobre voltaje aplicado a un pin analógico/digital: verificar el voltaje de alimentación que se está suministrando con un multímetro y revisar continuidad en los componentes de este, de estar dañado cambiarlo inmediatamente.
- Sobre voltaje al pin de alimentación: si se aplica voltaje superior al establecido por el fabricante se quemará el Arduino y debe ser cambiado inmediatamente.
- Sobre corriente en el pin digital: funcionan como puertos de entrada y salida, están diseñados para generar señales no para alimentar cargas, si se conecta algo que supere ese umbral destruye el microcontrolador y debe ser cambiado inmediatamente el Arduino uno.

NOTA: En reparación se recomienda el cambio inmediato del Arduino uno para evitar futuros problemas, debido a que por el costo del Arduino y su fácil adaptación, a largo plazo es más rentable utilizar uno nuevo que reparar alguno de los componentes por una de las fallas citadas anteriormente.

5.4 Trabajo futuro

Con el avance que se está teniendo en la parte de control, se podría hacer una adaptación del Arduino uno que controla el servomotor para el sistema de apertura y cierre del dámper con el fin de agregarle más opciones a la parte de automatización, como, por ejemplo, utilizar un mando a distancia infrarrojo con el fin de encender o apagar el Arduino e incluso estableciendo un control por medio de un Smartphone.

Si usamos un módulo con el receptor integrado la conexión es sencilla. Alimentamos el módulo conectando VCC y GND, respectivamente, a 5V y VCC de Arduino.

Por otro lado, conectamos la salida del módulo Sig a una entrada digital cualquiera de Arduino. En el ejemplo usaremos la D9, pero podéis usar cualquier entrada digital. (Luislamás, 2016).

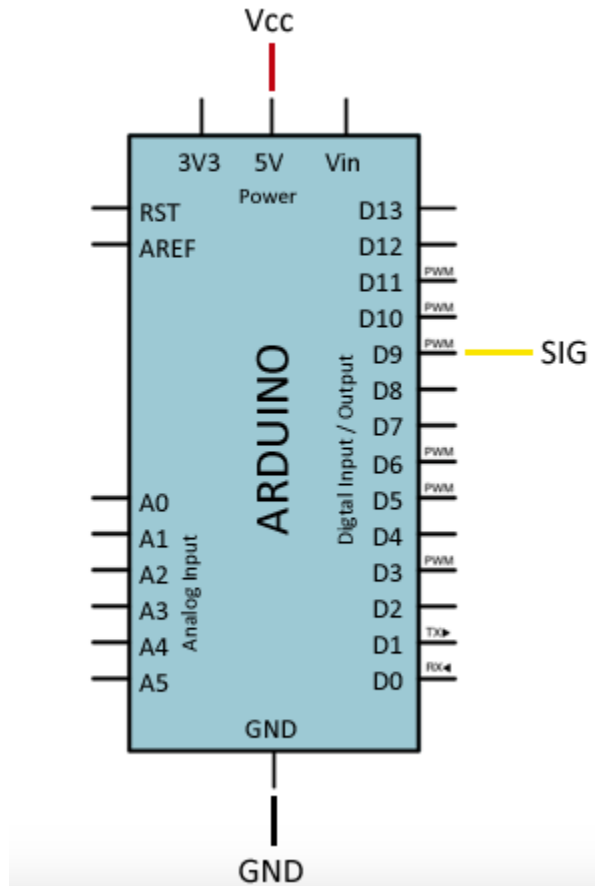


Figura 16. Conexión en el Arduino para configurar un mando a distancia infrarrojo.

Por otra parte, utilizando un sensor DHT11, se podría medir la temperatura y la humedad, sustituyendo a los termohigrómetros, además, una de las ventajas de utilizar este tipo de sensor es que la información es de tipo digital por lo que estará mucho más protegida contra el ruido.

También, la versión con PCB aporta una resistencia pull-up de 5 k Ω y un LED que nos avisa de su funcionamiento, Este modelo de DHT11 dispone de 3 pines, la toma de tierra GND, para los datos DATA y para la alimentación VCC (de 3,5V a 5V). (Luis del valle, 2019).

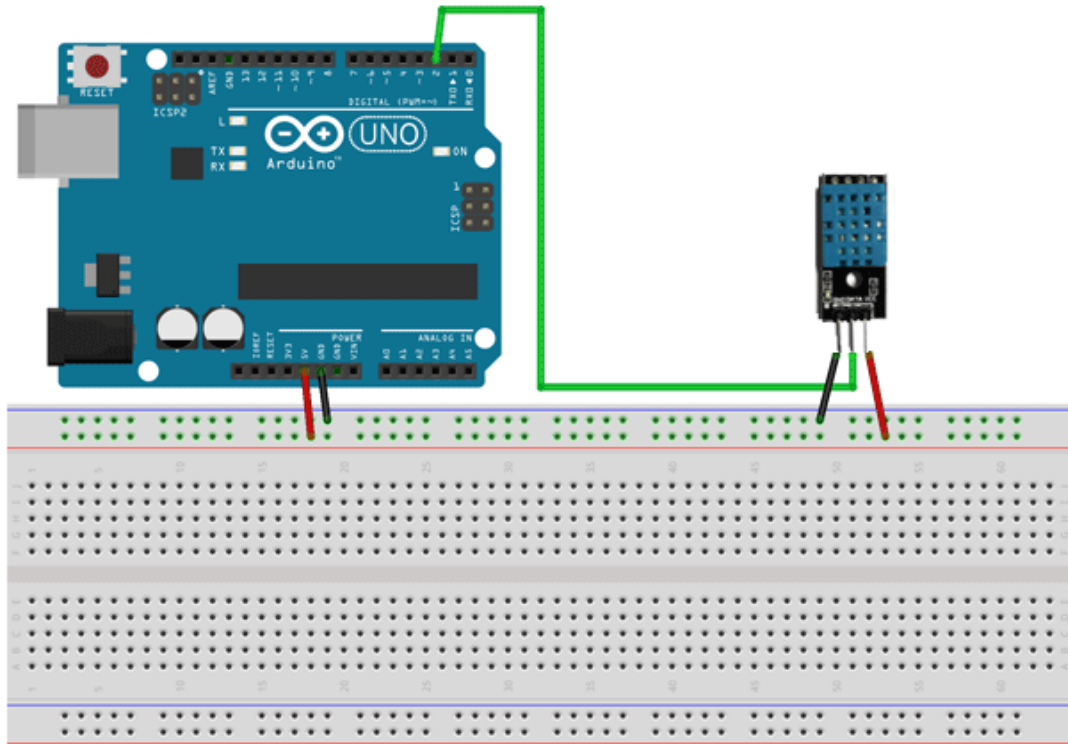


Figura 17. Instalación de DHT11 con PCB en Arduino con conexión a la protoboard.

5.5 Conclusiones

Se debe realizar al momento de encarar un proyecto el análisis de las condiciones ambientales y el estado de las partes que conforman el objeto de estudio, para tener una perspectiva más detallada de lo que se puede utilizar y lo que se debe desechar, con el fin de agilizar el proceso de construcción o adaptación del instrumento analizado.

Se determina un control electrónico del actuador del dámara para el paso del flujo de aire proveniente del ventilador, con el fin de facilitarle al estudiante una manipulación de los ángulos de apertura del dispositivo que regula el paso del flujo de aire, así como la visualización por medio del elemento de periferia (pantalla LCD 16x2 con I2C) de los respectivos ángulos.

Se garantiza que las condiciones y propiedades físicas del dámper no fueron debilitadas durante el proceso de modificación del actuador que controla la aleta de apertura del regulador del aire del módulo de estudio.

Con esta modificación es posible tener información detallada de la relación que existe entre los ángulos de apertura y la cantidad de CFM que circula por el interior del sistema, así como las gráficas de presión y temperatura respecto al tiempo.

GLOSARIO

Posición angular

La posición angular es un término que se refiere al estado de una partícula respecto al núcleo de una circunferencia, en este caso es relacionada al grado de apertura o cierre del dámper que es controlado para disminuir o aumentar el caudal que fluye por el módulo.

Señal Eléctrica

Es un tipo de señal dada en niveles de corriente o voltaje, estas cuando varían en el tiempo tomando magnitudes diferentes son llamadas señales analógicas, cuando toman estados de 0 lógico o 1 lógico asociados a valores estándar de corriente o voltaje son llamadas señales digitales. Estas señales suelen ser utilizadas para el control de sistemas.

Torque

Es una propiedad de una fuerza presente en un objeto, provocada para producir una rotación alrededor de un punto fijo, entre mayor sea la distancia entre el punto de fijación y el punto donde se aplica la fuerza, mayor será el torque.

Voltaje

También conocida como tensión, se utiliza para referirse a la diferencia de potencial que existe entre dos puntos.

Carga eléctrica

Son partículas cargadas eléctricamente, las cargas positivas se conocen como protones, mientras que las negativas como electrones; Las cargas que no tienen polaridad reciben el nombre de neutrones.

Corriente Eléctrica

Es la cantidad de partículas eléctricas que circulan a través de un material conductor provocado por el diferencial de potencial.

Potencia

Es un término que se refiere a la cantidad de energía que se consume en un determinado tiempo para realizar un trabajo específico.

Resistencia

Es una fuerza que se opone al paso de la corriente eléctrica a través del conductor, esta se produce por las propiedades físicas del material con el cual se construye el conductor.

CFM

Unidad de medida que permite determinar la cantidad de flujo de aire que circula a través de una sección transversal, esta es la unidad estándar usada en sistemas de aire acondicionado.

Ley de ohm

Es una ecuación fundamental que permite relacionar la corriente, resistencia y el voltaje.

Pixeles

Es la unidad más pequeña que tiene una imagen digital, puede tomar diferentes colores para formar la imagen deseada.

SDA

Es una sigla usada para describir el tránsito de datos en serie, en este caso representa el suministro de información en ambas direcciones del maestro al esclavo o viceversa.

SCL

Es una sigla que usada para describe el tránsito de datos por señal de reloj, en este caso se da en una sola dirección del maestro al esclavo.

REFERENCIAS

EcuRed. (10 de Mayo de 2019). *Voltaje*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Voltaje>

AF. (19 de Mayo de 2019). *Corriente eléctrica*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_electrica/ke_corriente_electrica_1.htm

EcuRed. (10 de Mayo de 2019). *Potencia*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/Potencia>

AF. (19 de Mayo de 2019). *Ley de Ohm*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_ley_ohm/ke_ley_ohm_1.htm

Bembibre, Victoria. (06 de Febrero de 2009). *Pixel*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/pixel.php>

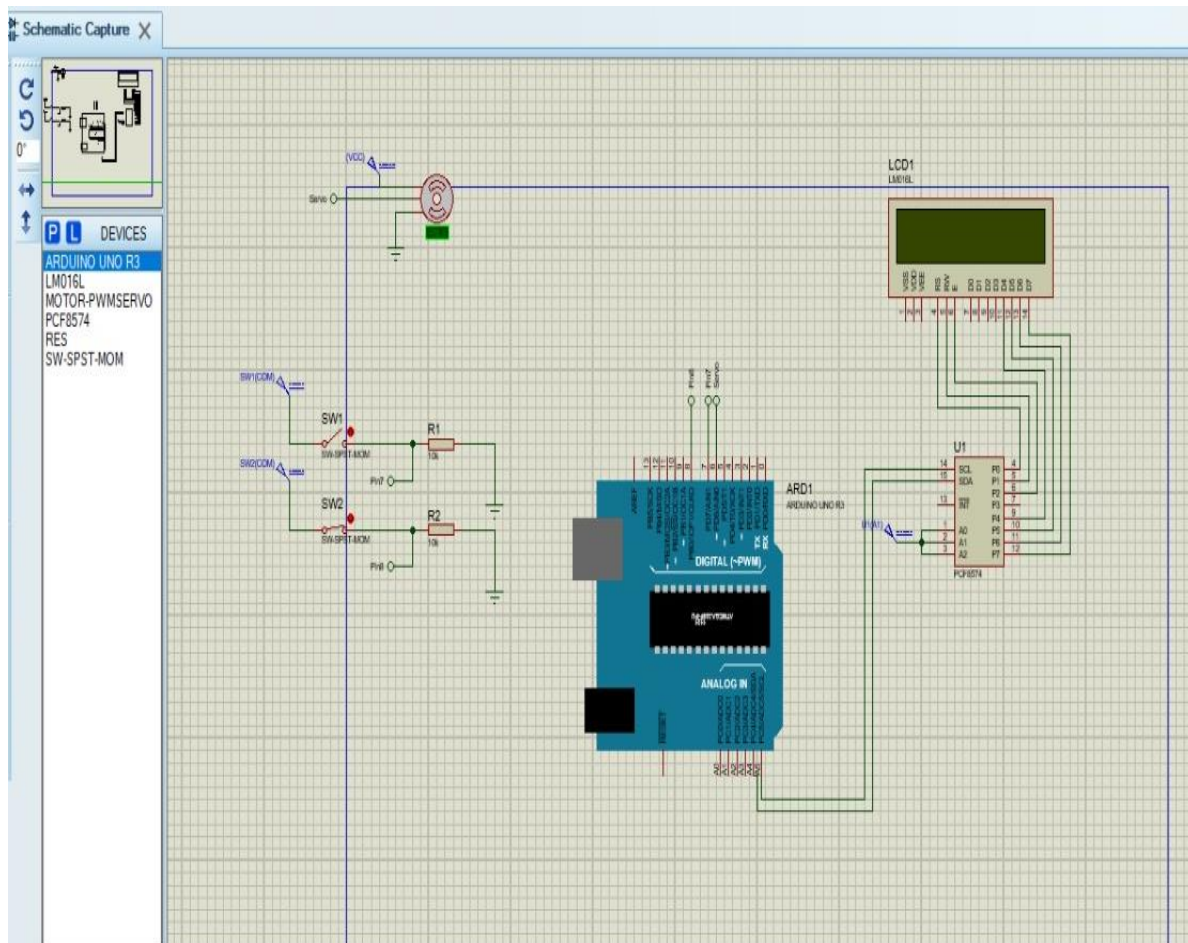
Pinterest. (11 de Abril de 2017). *Pines*. Obtenido de <https://newsroom.pinterest.com/es/post/pines-que-son-y-para-que-sirven>

Hernandez, Luis del Valle. (15 de octubre de 2018). *Programación de servomotor*. Obtenido de <https://programarfacil.com/tutoriales/fragmentos/servomotor-con-arduino/>

Luis Llamas. (06 de Junio de 2016). *Arduino*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/controlar-un-servo-con-arduino/>

ANEXO

Anexo A. Simulación en software Proteus.



Anexo B. Código utilizado para programar el servomotor en el software Arduino.

```
#include <Servo.h>           // Controlar el servo con el Arduino
#include <Wire.h>            // Comunicación con el Cristal líquido
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Funcionamiento del Cristal líquido
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2); // Inicialización de la pantalla
```



```

Servo servomotor; // Llamado de la librería y la función servomotor

int Angulo = 0; // Declaración de variables

int Avance = 8; // Pines donde se encuentra la ubicación 8 avance y 7 retroceso

int Retroceso = 7;

void setup() { // Función para inicializar siempre

  lcd.init(); // Llamado de la Inicialización para prender el lcd

  servomotor.attach(6); // servomotor empiece a funcionar

  pinMode(Retroceso, INPUT); // avance y retroceso en la apertura con Declaración de ángulo

  pinMode(Avance, INPUT);

  servomotor.write(Angulo);

}

void loop() { // Función para repetir

  lcd.setCursor(0,1); // donde se va a dirigir fila 0 columna 1

  lcd.print(Angulo/2); // Imprimir mensaje

  lcd.setCursor(10,1); // donde se va a dirigir fila 10 columna 1

  lcd.print("ANGULO"); // Imprimir mensaje

  if (digitalRead(Avance) == LOW) // función en código digital que indica si está prendido o
apagado

  {

    Angulo++;

    if (Angulo >= 180)

    {

      Angulo = 180;

    }

    servomotor.write(Angulo); // Cambiar la dirección del servo a una variable ángulo

    delay(20); // Esperar

  }

```

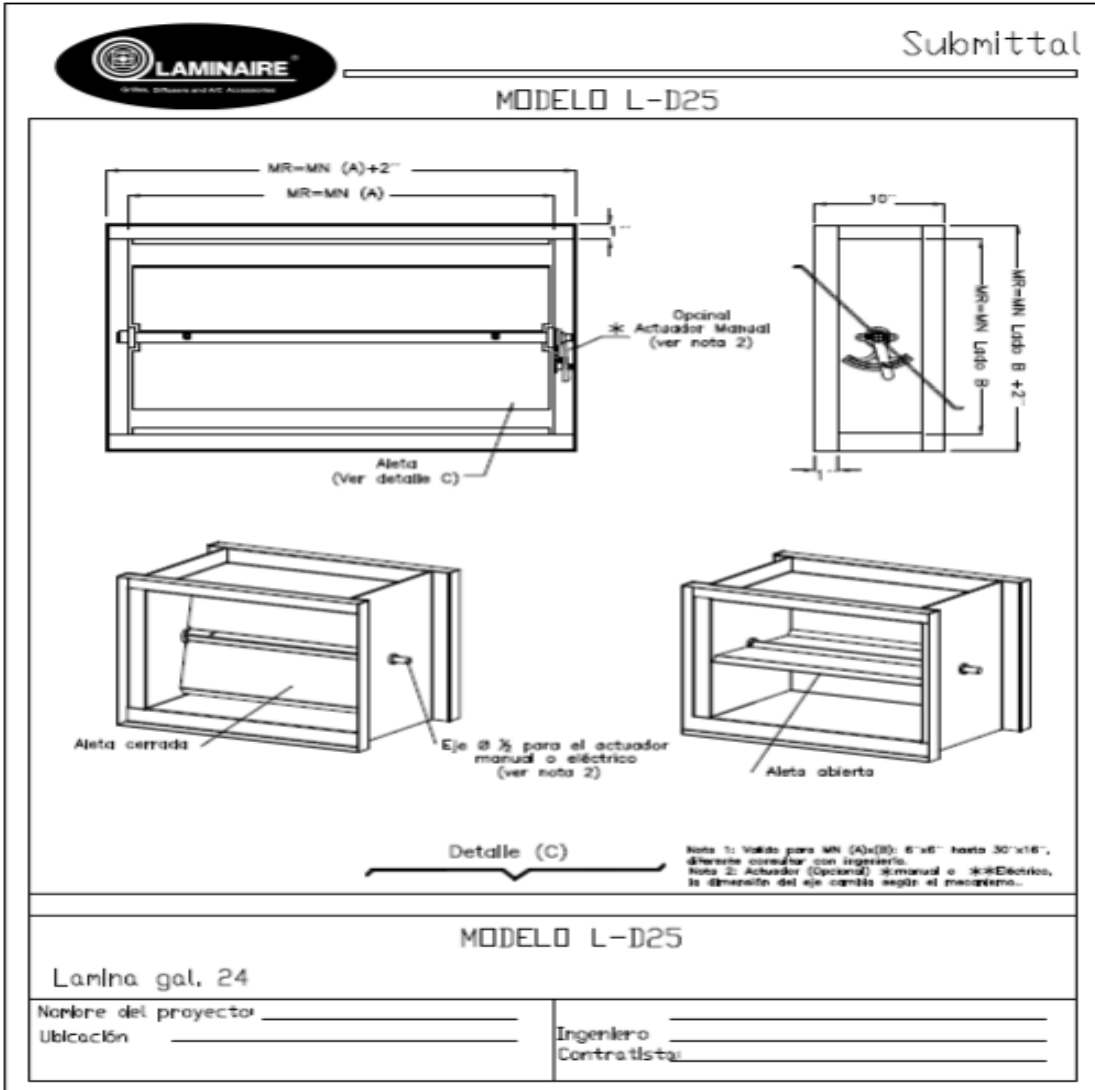
```
if (digitalRead(Retroceso) == LOW)    // función en código digital que indica si está prendido o apagado
{
  Angulo--;

  if (Angulo <= 0)
  {
    Angulo = 0;
  }

  servomotor.write(Angulo); // Cambiar la dirección del servo a una variable ángulo

  delay(20); // Esperar
}
```

Anexo C. Ficha técnica del dámper (A=6" B=6").



Subjecto a cambios sin notificación

V1-2014

Anexo D. Ficha técnica del Arduino Uno.

Microcontrolador: ATmega328

Voltaje: 5V

Voltaje entrada (recomendado): 7-12V

Voltaje entrada (limites): 6-20V

Digital I/O Pins: 14 (de los cuales 6 son salida PWM)

Entradas Analógicas: 6

DC Current per I/O Pin: 40 mA

DC Current parar 3.3V Pin: 50 mA

Flash Memory: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados para el arranque

SRAM: 2 KB (ATmega328)

EEPROM: 1 KB (ATmega328)

Clock Speed: 16 MHz

Anexo E. Pantalla LCD 16X2 con I2C soldado.

CARACTERÍSTICAS

Dirección I2C: 0x20 - 0x27 (0x3F por defecto)

Retroiluminación: Azul con blanco carbón

Voltaje de alimentación: 5V

Interfaz: I2C / TWI x1

Contraste ajustable con potenciómetro interno.

Tamaño: 82mm x 35mm x 18mm

Angulo de visión: 6H

Anexo F. Ficha técnica de servomotor MG996R.

CARACTERÍSTICAS

* Modelo: MG996R

* Torque: 9.4kg/cm (4.8V), 11kg/cm (6V)

* Voltaje de operación: 4.8 – 7.2V

* Velocidad de Operación (4.8V sin carga): 0.2 seg / 60 grados

* Velocidad de Operación (6V sin carga): 0.16 seg / 60 grados

* Tamaño: 40,6 x 19,8 x 42,9 mm

* Peso: 55g

* Plug: JR, FUTABA general

* Ángulo de Rotación: 180° máximo

* Material engranajes: Metal

* Pulso ciclo: 20mS

* Ancho del pulso: entre 600uS y 2400uS

* Rango de Temperatura: -30 a +60 °C

Anexo G. Ficha técnica del anemómetro.

Descripción:

Mini tamaño y pantalla LCD

Compacto y portátil

Rango de velocidad del viento 0 a 30m/s

Rango de temperatura:-10 ~ 45°C

Rango de humedad: 10% ~ 99% RH

Exactitud de la temperatura:/-1 grados C

Humedad precisión:/-5% de humedad relativa

Fuente de alimentación: Pila de botón CR2032

Especialmente diseño para medición simultánea de mini higrómetro.

Anexo H. Ficha técnica del Termohigrómetro.

DIMENSIONES (LxAxP cm)	2.7 x 4.7 x 1.3 cm
PESO (kg)	10 g
COLOR	Negro
MATERIAL	Plástico LCD
CARACTERÍSTICAS	Pantalla LCD MINI con un bajo consumo de energía
RANGO DE TEMPERATURA	-30°C ~ - 70°C
RANGO DE HUMEDAD	10% ~ 99% RH
RESOLUCIÓN DE TEMPERATURA	0.1°C
RESOLUCIÓN DE HUMEDAD	1% RH
PRECISIÓN DE LECTURA DE TEMPERATURA	± 1°C
PRECISIÓN DE LECTURA DE HUMEDAD	±5% RH
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	2 Pilas LR44 de 1.5 V

Anexo I. Ficha técnica de la fuente eléctrica.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

Voltaje de entrada: AC110V-220V +/- 15%

Tensión de salida: DC 12 V

Corriente de salida: 1.3 A

Potencia: 10 W-150 W

Material de la carcasa: caja de aluminio

Temperatura de trabajo: 0 ~ 40C

Temperatura de almacenamiento:-20 ~ 60C

Humedad ambiente: 0 ~ 95% no condensación

Cumplimiento de la seguridad: FCC/CE/Rohs

Medidas: 8.7x3.6x3.3 centímetros Peso: 92.4 gramos

Medidas con caja: 9x4.4x4.4 Peso: 106.6 gramos

Anexo J. Lista de precios.

Elemento	Proveedor	Teléfono	Cantidad	Precio unitario	Total
Extensión	IC ELECTRONICS	5135936	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Cable macho hembra x10 unid	suministros y controles electronicos S.A.S	4487830	1	\$ 1.932,00	\$ 1.932,00
Cable AWG 18	suministros y controles electronicos S.A.S	4487830	1	\$ 4.117,00	\$ 4.117,00
PULSADORES	ELECTRONICAS MAJES	5127486	3	\$ 8.500,00	\$ 25.500,00
Tarjeta compatible uno	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 26.000,00	\$ 26.000,00
Display 16X2 LCD	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 8.500,00	\$ 8.500,00
Cable para emsamble en board	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 800,00	\$ 800,00
Cable para arduino macho macho	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
servomotor digital MG996R	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00
Tacto vertical 2 pin	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 1.050,00	\$ 1.050,00
Convertor I2C	ELECTRONICA I+D S.A.S	2931423	1	\$ 5.700,00	\$ 5.700,00
Fuente 12VDC 1,3A	suministros y controles electronicos S.A.S	4487830	1	\$ 27.137,00	\$ 27.137,00
BOARD	solutronica S.A.S	2319254	1	\$ 7.563,00	\$ 7.563,00
SPM 221-01 PULSADOR 3	solutronica S.A.S	2319254	1	\$ 630,00	\$ 630,00
CABLE TELEFÓNICO	solutronica S.A.S	2319254	1	\$ 588,00	\$ 588,00
					\$ -
					\$ 145.517,00



INFORME FINAL DE
TRABAJO DE GRADO

Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES Christian Arango.

FIRMA ASESOR Daniel San V.
Entrega Final 7/06/14.

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

