



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS.
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA.

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA.

TEMA:

**SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE HUMEDAD
RELATIVA PARA UN INVERNADERO DE ROSAS MEDIANTE
VENTILACIÓN NATURAL.**

AUTOR: José Bryan Ramos Morales.

DIRECTOR: MSc. Milton Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing.

Ibarra-Ecuador

2021.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento al Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DEL AUTOR | | | |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|------------|
| CEDULA DE IDENTIDAD: | 175044011-5 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Ramos Morales José Bryan | | |
| DIRECCIÓN: | Otavalo- Imbabura | | |
| EMAIL: | jbramosm@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | 062-922-627 | TELÉFONO MOVIL: | 0959835087 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|------------------------------------|---|
| TÍTULO: | “Sistema de control automático de humedad relativa para un invernadero de rosas mediante ventilación natural” |
| AUTOR: | Ramos Morales José Bryan |
| FECHA: | 12/10/2021 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | PREGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero en Mecatrónica |
| DIRECTOR: | MSc. Milton Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing. |

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 12 de Octubre del 2021.



Firma

Nombre: José Bryan Ramos Morales

Cédula: 175044011-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado titulado “Sistema de control automático de humedad relativa para un invernadero de rosas mediante ventilación natural”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor José Bryan Ramos Morales, bajo mi supervisión.

MSc. Milton Alejandro Gavilanes Villalobos, Ing.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida, por brindarme salud a mí y a todos mis cercanos, por la sabiduría y la perseverancia para poder culminar esta con esta etapa académica en mi vida.

Profundamente agradecido con mis padres, mamita Elena y papito José Manuel por estar siempre para mí, por sus consejos, regaños, por educarme con amor y valores de respeto y humildad.

A mis hermanos Elvis, Rolando, Luis porque a pesar de la distancia he sentido su apoyo y cariño, son para mí un ejemplo de trabajo y constancia.

A mi acompañante de vida, por caminar conmigo todos estos años, por superar juntos todos los obstáculos que se nos han presentado y motivarme a ser siempre una mejor persona.

A mis amigos que son pocos, pero han sabido formar parte de mí y ser cómplices de mis momentos más felices.

José Bryan Ramos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mis padres que siempre han estado apoyándome moral y económicamente, aconsejándome, y animándome a seguir adelante desde el día cero de este proceso académico, ellos han sido el motor para llegar hasta este punto de mi vida.

A mis hermanos por confiar en mí y motivarme desde la distancia, a mis sobrinos que esta sea muestra de que con dedicación y esfuerzo en la vida todo es posible y a todos mis cercanos que aportaron positivamente en mi camino de desarrollo personal.

José Bryan Ramos.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el desarrollo e implementación de un sistema de control de humedad relativa mediante ventilación natural en un invernadero de rosas. La implementación de este sistema ayudará al intercambio de aire interior con el exterior provocando la variación de la humedad relativa interna del invernadero.

El proceso de desarrollo e implementación inicia con la socialización del proyecto al encargado del invernadero, en esta etapa se recolecta información acerca de las necesidades del usuario, esto permite determinar los parámetros que el sistema debe cumplir.

En función a las características físicas del invernadero y los parámetros establecidos, se seleccionan los dispositivos de potencia, control, sensado, manipulación, protección e interfaz, mismos que deben satisfacer los requerimientos de la actividad a desarrollar.

Culminada la fase de selección de componentes se lleva a cabo su proceso de comunicación e implementación, para la conexión de la interfaz se utiliza el estándar de comunicación SPI y para el comando de los motores se implementan contactores que son activados desde un módulo de relés el cuál recibe las señales enviadas por el microcontrolador central.

Se describen los resultados obtenidos de las pruebas de funcionamiento y se adjuntan los planos estructurales, eléctricos y de control, como también el manual de usuario en el cual se indica el correcto uso del sistema y actividades de mantenimiento.

ABSTRACT

This thesis project is about the development and implementation of a relative humidity control system through natural ventilation in a rose greenhouse. The implementation of this system will help the exchange of indoor air with the outside, causing variations of the internal relative humidity of greenhouse.

The development and implementation process begins with the socialization of the project to the greenhouse manager, in this stage information is collected about the user's needs, this allows determining the parameters that limit the system.

Depending on the greenhouse's physical characteristics and the established parameters, the power, control, sensing, handling, protection, and interface devices are selected, which must satisfy the requirements of the activity to be developed.

Once the component selection phase is completed, the communication and implementation process is carried out, the SPI communication standard is used for the connection of the interface, and for control of motors are implemented contactors which are activated from a relay module, this module receives the signals sent by the central microcontroller.

Results obtained from the functional tests are described and the structural, electrical, and control drawings are attached, as well as the user manual in which the correct use of the system and maintenance activities are indicated.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|--------------------------------------|
| IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA | 2 |
| CONSTANCIAS | ¡Error! Marcador no definido. |
| CERTIFICACIÓN..... | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| DEDICATORIA..... | 6 |
| RESUMEN | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 12 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 13 |
| INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... | 15 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 16 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 16 |
| ALCANCE..... | 17 |
| JUSTIFICACIÓN | 17 |
| CAPÍTULO I..... | 19 |
| MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 1.1 Invernadero | 19 |
| 1.2 Caracterización del invernadero. | 19 |
| 1.2.1 Invernadero plano o tipo parral..... | 21 |
| 1.2.2 Invernadero diente de sierra..... | 22 |
| 1.2.3 Invernadero tipo capilla..... | 22 |
| 1.3 Tipos de ventanas..... | 23 |
| 1.3.1 Ventanas enrollables..... | 23 |
| 1.3.2 Ventanas plegables..... | 24 |
| 1.3.3 Ventanas deslizantes..... | 25 |
| 1.3.4 Ventanas giratorias..... | 26 |
| 1.4 Mecanización de ventanas | 27 |
| 1.4.1 Juego de poleas..... | 27 |
| 1.4.2 Sistema de barras..... | 27 |
| 1.4.3 Por cremallera y piñón..... | 29 |
| 1.5 Factores ambientales de las rosas..... | 29 |
| 1.5.1 La temperatura..... | 29 |

| | |
|---|----|
| | 10 |
| 1.5.2 La luminosidad..... | 30 |
| 1.5.3 La humedad..... | 30 |
| 1.6 Plagas y enfermedades en el invernadero..... | 31 |
| 1.6.1 Trips..... | 32 |
| 1.6.2 Áfidos..... | 33 |
| 1.6.3 Oídio..... | 33 |
| 1.6.4 Botritis..... | 34 |
| CAPÍTULO II..... | 36 |
| METODOLOGÍA DE SELECCIÓN..... | 36 |
| 2.1 Ponderación de parámetros para el diseño del sistema..... | 37 |
| 2.2 Cálculos del área de ventilación natural..... | 37 |
| 2.3 Métodos de control de la humedad relativa..... | 39 |
| 2.3.1 Ventilación natural..... | 39 |
| 2.3.2 Microaspersión..... | 40 |
| 2.3.3 Nebulización..... | 41 |
| 2.3.4 Selección de método de control de la humedad relativa..... | 42 |
| 2.5 Mecanismos de acción de ventanas enrollables..... | 43 |
| 2.5.1 Selección de mecanismo de accionamiento..... | 45 |
| 2.6 Controladores..... | 47 |
| 2.6.1 Controlador Lógico Programable..... | 47 |
| 2.6.2 Microcontroladores..... | 48 |
| 2.6.3 Arduino..... | 49 |
| 2.6.4 Selección de controlador..... | 50 |
| 2.7 Sensores..... | 51 |
| 2.7.1 Sensor DHT22..... | 52 |
| 2.8 Interfaz de usuario..... | 53 |
| 2.8.3 GLCD 12864..... | 55 |
| 2.9 Conductores eléctricos..... | 57 |
| 2.9.1 Cálculos de sección del conductor..... | 57 |
| 2.10 Selección de relés y contactores..... | 59 |
| CAPÍTULO III..... | 62 |
| 3.1 Comunicación de dispositivos..... | 62 |
| 3.2 Programación de control..... | 63 |
| 3.3 Instalación de mecanismos de apertura y cierre de ventanas..... | 67 |
| 3.4 Instalación de circuitos de potencia..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| 3.5 Montaje de sensor de humedad..... | 71 |
| 3.6 Interfaz para el usuario | 72 |
| 3.6.1 Pantallas | 73 |
| 3.7 Tablero de control..... | 75 |
| CAPÍTULO IV | 79 |
| 4.1 Pruebas de funcionamiento del sistema | 79 |
| 4.2 Costos..... | 82 |
| 4.2.1 Costos directos | 82 |
| 4.2.3 Mano de obra..... | 85 |
| 4.2.4 Costo total | 85 |
| 4.3 Resultados..... | 86 |
| CAPÍTULO V | 88 |
| 5.1 Conclusiones..... | 88 |
| 5.2 Recomendaciones | 89 |
| REFERENCIAS..... | 90 |
| ANEXOS..... | 92 |
| Anexo 1. Ficha técnica del motor..... | 92 |
| Anexo 2. Interfaz GLCD 128x64 | 96 |
| Anexo 2. Ficha técnica de la placa Arduino Mega 2560..... | 103 |
| Anexo 3. Ficha Técnica Contactor 9AMP-220V-C3 | 107 |
| Anexo 4. Ficha técnica relé térmico 2,5-4 A..... | 111 |
| Anexo 5. Tabla de ampacidad de conductores | 114 |
| Anexo 6. Propiedades tubo guía EMT | 115 |
| Anexo 7. Tabla de datos de HR en modo manual. | 116 |
| Anexo 8. Tabla de datos de HR en modo automático. | 117 |
| Anexo 9. Esquema electrónico completo | 118 |
| Anexo 10. Diagrama de potencia | 119 |
| Anexo 11. Estructura interna del tablero..... | 120 |
| Anexo 12. Estructura externa del tablero | 121 |
| Anexo 13. Manual de funcionamiento | 122 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 1. | Rango de humedad relativa por etapa | 31 |
| Tabla 2. | Ponderación de parámetros. | 37 |
| Tabla 3. | Selección de método de control. | 42 |
| Tabla 4. | Selección de mecanismo | 45 |
| Tabla 5. | Datos técnicos del motor enrollador..... | 47 |
| Tabla 6. | Tabla de selección de controlador | 50 |
| Tabla 7. | Selección de mecanismo | 51 |
| Tabla 8. | Características DHT22 | 52 |
| Tabla 9. | Tabla de ampacidad..... | 58 |
| Tabla 10. | Costos directos..... | 83 |
| Tabla 11. | Costos indirectos | 84 |
| Tabla 12. | Costos de mano de obra..... | 85 |
| Tabla 13. | Total de la inversión | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Toma ampliada de invernadero | 20 |
| Figura 2 | Esquema de invernadero parral. | 21 |
| Figura 3 | Esquema de invernadero diente de sierra. | 22 |
| Figura 4 | Esquema de invernadero tipo capilla. | 23 |
| Figura 5 | Ventana implementada en el invernadero | 24 |
| Figura 6 | Tipo de ventana plegable..... | 25 |
| Figura 7 | Ventanas deslizantes | 25 |
| Figura 8 | Ventana giratoria en eje simétrico..... | 26 |
| Figura 9 | Mecanismo de barras..... | 28 |
| Figura 10 | Mecanismo de barras 2. | 28 |
| Figura 11 | Mecanismo de piñón y cremallera. | 29 |
| Figura 12 | Rosa con daños por Trips. | 32 |
| Figura 13 | Rosa con pulgones. | 33 |
| Figura 14 | Tejido joven con oídio..... | 34 |
| Figura 15 | Rosa enferma de Botritis. | 35 |
| Figura 16 | Efecto de la ventilación natural. | 39 |
| Figura 17 | Ventilación natural. | 40 |
| Figura 18 | a) Panel de humectación b) Extractor..... | 41 |
| Figura 19 | Nebulización artificial. | 42 |
| Figura 20 | Ventana lateral con moto-reductores y brazo telescópico. | 43 |
| Figura 21 | Ventana lateral con motor enrollador. | 44 |
| Figura 22 | Motor enrollador de cortina..... | 46 |
| Figura 23 | Diagrama de bloques de un sistema basado en microprocesador..... | 48 |
| Figura 24 | Placa Arduino Mega y sus partes | 50 |
| Figura 25 | LCD 16X2 Cristal Liquido | 54 |
| Figura 26 | LCD Touch TFT 9488..... | 55 |
| Figura 27 | GLCD 128x64 s7920..... | 56 |
| Figura 28 | Selección de contactor | 60 |
| Figura 29 | Selección de Relé Térmico | 61 |
| Figura 30 | Envío de dato a partir de señal de inicio..... | 62 |
| Figura 31 | Diagramas de flujo..... | 65 |
| Figura 32 | Manivelas instaladas..... | 67 |
| Figura 33 | Instalación de motor en cortinas..... | 67 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 34 | Dispositivo escalador del motor | 68 |
| Figura 35 | Perillas de configuración de finales de carrera..... | 68 |
| Figura 36 | Módulo de relés de Arduino | 69 |
| Figura 37 | Contactador seleccionado..... | 70 |
| Figura 38 | Relé térmico, dispositivo de protección. | 70 |
| Figura 39 | Diagrama de potencia | 71 |
| Figura 40 | Ubicación del sensor con respecto la caja de control | 71 |
| Figura 41 | Conexión de DHT22 a Arduino..... | 72 |
| Figura 42 | Diagrama de conexión GLCD s7920-Arduino | 73 |
| Figura 43 | M. Automático posicionamiento | 73 |
| Figura 44 | M. Automático Principal | 74 |
| Figura 45 | M. Manual Requisito | 74 |
| Figura 46 | M. Manual Control | 75 |
| Figura 47 | Plano de ubicación de dispositivos externos | 76 |
| Figura 48 | Instalación de canaletas, GLCD, Selectores, rieles carcasas..... | 76 |
| Figura 49 | Instalación de tablero completo..... | 77 |
| Figura 50 | Tablero instalado | 78 |
| Figura 51 | Accionamiento automático | 79 |
| Figura 52 | Accionamiento Manual..... | 80 |
| Figura 53 | Accionamiento de paro de emergencia..... | 81 |
| Figura 54 | Comparacion de valores ambientales | 82 |
| Figura 55 | Comportamiento de HR sin el sistema automático | 86 |
| Figura 56 | Comportamiento de la HR con el sistema automático. | 87 |

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La producción de rosas para la comercialización es el resultado de múltiples procesos de control de cultivo y correcto manejo de factores ambientales que brindan a la planta los requerimientos para su óptimo desarrollo dentro del invernadero. En la última década la exportación de flores según (BCE, 2020) el Ecuador ha tenido un crecimiento acumulado del 6,6% alcanzando los 874 millones de valor FOB durante el 2019, de este total 649 millones corresponde a la exportación únicamente de rosas, provocando de esta manera que la demanda por adquirir este tipo de flores de calidad, con un limitado uso de químicos y fungicidas sea cada vez más exigente. Para el cantón Cayambe perteneciente a la provincia de Pichincha el cual representa un 75% de la producción florícola del país (Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador EXPOFLORES, 2017), satisfacer este requerimiento se ve dificultado debido a que los métodos de revisión y control de la humedad implementados en los invernaderos no son precisos puesto que se basan únicamente en el análisis visual y el conocimiento empírico del floricultor, reduciendo así un porcentaje de la calidad y la cantidad de la producción.

En la actualidad los métodos de control aplicados por el microfloricultor en el invernadero se llevan a cabo de forma manual, esto provoca mayor costo de producción, la permanencia constante de un personal en el área, riesgo de accidentes y el control no apropiado de las diferentes variables ambientales. Uno de los factores ambientales más críticos relacionado con el buen desarrollo de las rosas es la humedad relativa del invernadero, por ende, el microfloricultor requiere un control preciso del mismo mediante métodos e implementaciones tecnológicas que permitan la conservación de la humedad en un rango favorable; (Rodríguez, 2018) ya que si esto no se cumple puede ser el causal de diferentes problemas como, el reducido tamaño del botón y cantidad de sépalos,

limitada capacidad de absorción de nutrientes, poco follaje, muerte por deshidratación, aparición de plagas y enfermedades ocasionando de esta manera una pérdida considerable en la producción. (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

Es importante recalcar que las rosas cultivadas en un ambiente de humedad controlada corren menor riesgo de ser afectada por enfermedades, disminuyendo así pérdidas de la producción a causa de estas, además las plantas se verán favorecidas con un crecimiento en menor tiempo gracias a la nutrición que una correcta humedad permite (Alvarez, 2016). Por otra parte, no será necesaria la estadía constante de un personal encargado de controlar este factor ambiental.

En consecuencia, la implementación de un sistema de control de humedad relativa será de gran impacto gracias a su monitoreo y accionamiento constantes, adecuando las condiciones de humedad en rangos idóneos que garanticen una cosecha de calidad y una actividad florícola más eficiente.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo y control de humedad relativa en un invernadero de rosas para la optimización del método de ventilación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Definir los parámetros de humedad que requiere el cultivo para desarrollar el diseño del sistema de control.
- Seleccionar los componentes como sensor, actuador, y controlador que se ajusten a los requisitos del sistema.
- Implementar el sistema de control de humedad mediante la integración de los dispositivos seleccionados.

- Verificar el correcto funcionamiento del sistema de control de humedad ambiente y realizar ajustes necesarios cumpliendo con los parámetros determinados en el diseño.

ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad mejorar el control de la humedad que actualmente se utilizan en los cultivos de rosas bajo invernadero, mediante el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de la humedad relativa que, se encargará de la apertura y cierre por niveles de las ventanas en el invernadero, este se podrá llevar a cabo por accionamiento manual o automático. El sistema en modo automático responderá a la señal de un sensor de humedad relativa situado en una ubicación estratégica al interior del invernadero, el cuál dependiendo de la magnitud censada enviará señales de apertura o cierre de las ventanas al controlador, en el modo manual el cambio de estado de las ventanas únicamente se modificará por accionamiento del floricultor de acuerdo con sus necesidades e independiente del nivel humedad, también contará con un tablero de control con indicadores del nivel de humedad para su monitoreo. Se realizará el manual de operación y de mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN

La floricultura bajo invernadero permite obtener producciones de calidad en cualquier temporada, siendo uno de los principales el cultivo de las rosas. Cabe mencionar que este sector florícola se ha posicionado como el motor económico del cantón Cayambe, convirtiéndose en un tema de interés social debido a que una gran cantidad de familias se dedican a esta actividad (Yong, 2018). En la actualidad uno de los retos más críticos que enfrenta el floricultor con el fin de obtener rosas de primera calidad es mantener las condiciones de humedad en el invernadero cerca del 70% la mayor cantidad de tiempo posible durante todo el año, esto mediante métodos de control ambiental

convencionales los cuales representan un elevado impacto económico de hasta un 40% del costo total de producción. (Diana Milena, 2017)

Por esta razón, se ha optado por la implementación de un sistema de control automático de humedad relativa el invernadero, lo cual ayudará a optimizar el trabajo del personal en el área, reducir las pérdidas en la producción por plagas y enfermedades, obtener una mejor calidad del producto evidenciado en botones y follaje de mayor tamaño. Además, la presente implementación constituye la simiente para futuras innovaciones por parte del floricultor ya que brinda pautas para promover proyectos mucho más amplios en beneficio de su invernadero y economía

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO.

1.1 Invernadero

El invernadero es una estructura cubierta de manera artificial por materiales polímeros transparentes con el fin de proteger a las plantas en su interior de factores ambientales externos. Esta instalación permite el control de diferentes parámetros decisivos para el correcto desarrollo de la producción como son: temperatura ambiental y del suelo, concentración de compuestos químicos, humedad relativa, luminosidad, entre otros. El armazón de este tipo de instalaciones debe ser ligero puede ser de madera, metálico u hormigón, sobre el cual se coloca el plástico transparente de cubierta comúnmente se utiliza el polietileno, además consta de ventanas laterales o cenitales para el control de la humedad relativa interna y puertas para el servicio del invernadero. (Serrano, 2008)

1.2 Caracterización del invernadero.

La caracterización de invernaderos se basa principalmente en su estructura, elementos constructivos y la elección del invernadero idóneo se realiza en función de los aspectos técnicos que envuelve su futura implementación como el clima, vientos, suelo, mano de obra, costo de implementación y comercialización.

El invernadero tiene una superficie de $2700 m^2$, 4 bahías de 9m de ancho, consta de tres ventanas enrollables una en cada pared frontal, posterior y lateral, todas controladas de manera manual, un muro natural del lugar está adaptado como una pared lateral del invernadero, está dirigido para el cultivo de rosas con fines de exportación y venta local, no posee sistemas de control de variables climáticas para el proceso debido a que se basan únicamente en la experiencia del floricultor, el sistema de riego

implementado es por goteo accionado de forma manual.

El invernadero es del tipo multitúnel debido a que la estructura está construida con hierro galvanizado y tiene cuatro bahías interconectadas. Este consta de pilares los cuales se unen en su parte alta con arcos del mismo material, el plástico protector se adhiere a la estructura mediante piezas adaptadas para la función. Debido a su diseño requiere de refuerzos en la parte frontal y lateral del invernadero con el fin de reforzar la estructura y soportar el elevado peso de la techumbre.

Gracias a su altura permite una mayor capacidad lumínica, es fácil de ampliar y su estructura es compatible con los diferentes sistemas tecnológicos de automatización actuales, es el más utilizado debido a que es adaptable a cualquier material de cubierta, además el mantenimiento es sencillo y práctico, y lo más importante que permite la automatización de las partes móviles de su estructura por ende el control de la humedad interna. (Rodríguez, 2018)

Figura 1

Toma ampliada de invernadero



Las ventajas que presenta este tipo de estructura son las siguientes:

-Capacidad de permitir el paso de la luz en casi toda su totalidad gracias a los pocos obstáculos que tiene.

- Idóneo para la implementación de mecanizaciones laterales o cenitales.
- Fácil desecho del agua de la lluvia.
- Resistencia a los impactos de vientos superior que al invernadero tipo capilla.
- Buena capacidad de adaptación a diferentes materiales de cubierta, tanto flexibles como rígidos. (Serrano, 2008)

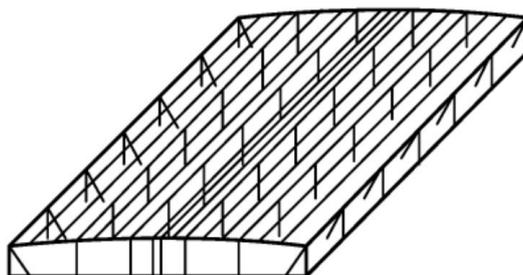
Es importante mencionar que a lo largo de los años las estructuras de invernadero han tenido un desarrollo en función de las condiciones climáticas y requerimientos ambientales del cultivo en desarrollo, por tanto, se indica los invernaderos más comunes utilizados en el país.

1.2.1 Invernadero plano o tipo parral.

Tiene la peculiaridad de que su techo es plano con una leve inclinación en los extremos, es factible para zonas poco lluviosas y el armazón puede ser de hierro y madera. Cabe mencionar que este tipo de invernadero trae consigo una serie de desventajas como la mala ventilación, poco volumen de aire, excesiva humedad, se puede afirmar que su única ventaja es el bajo costo en el proceso de construcción e implementación gracias a su simplicidad.

Figura 2

Esquema de invernadero parral.



Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

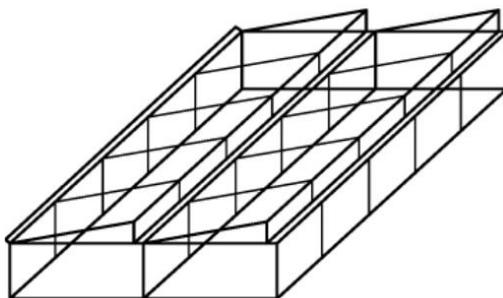
1.2.2 Invernadero diente de sierra.

Este tipo de invernaderos se construyen principalmente con tubos de hierro, consta con secciones inclinadas en la techumbre, su cubierta de plástico se fija mediante mallas de alambre, y la estructura se empotra en el suelo mediante hoyos de hormigón.

En este caso el costo de construcción e implementación es una desventaja debido a los diferentes componentes estructurales requeridos, además el mantenimiento es dificultoso y ocupa de mano de obra especializada, es importante conocer que permite una rápida ventilación gracias a su estructura mediante las ventanas cenitales.

Figura 3

Esquema de invernadero diente de sierra.



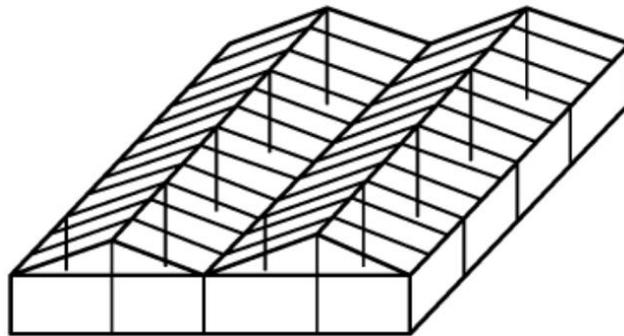
Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

1.2.3 Invernadero tipo capilla.

Estos invernaderos se construyen con caparazón de tubos de hierro galvanizado, tiene el techo inclinado formando una especie de triángulo en la techumbre, puede ser de una o do aguas dependiendo de la frecuencia de las lluvias en la zona implementada, este tipo de invernadero tiene inconvenientes para la ventilación, exceso de humedad, y la dificultad de mantenimiento a partir del segundo año.

Figura 4

Esquema de invernadero tipo capilla.



Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

1.3 Tipos de ventanas

Con el fin de regular la humedad en los invernaderos es necesario la construcción de un número determinado de ventanas o huecos en sus paredes laterales y techumbre, las más utilizadas en la actualidad son las ventanas laterales, las ventanas cenitales son más eficientes debido a que una ventana cenital tiene la capacidad de ventilación de dos o tres ventanas laterales, pero este tipo de construcciones son las más caras y por esta razón no son implementados en muchos de los invernaderos de menor tamaño.

1.3.1 Ventanas enrollables.

Es un sistema de ventilación natural muy conveniente utilizado en los invernaderos, consiste en sujetar el extremo del plástico de cubierta a un tubo de hierro galvanizado de 1/2 o 3/4 de pulgada, para la apertura de la ventana se enrolla el plástico a el tubo y para el cierre únicamente se desenrolla el plástico, este método de ventilación es el más extendido en los invernaderos tipo parral y multitúnel.

Figura 5

Ventana implementada en el invernadero



Para la implementación de este mecanismo se requiere una manivela soldada al extremo del tubo de hierro galvanizado, además el extremo del plástico debe estar sujeto al hierro mediante adaptaciones que funcionen de ataduras, es importante conocer que la longitud máxima recomendada para una manipulación manual es de 30m debido al peso que se genera, la acción de apertura o cierre de la ventana se realiza mediante el giro horario o antihorario de la manivela la misma que al estar soldada al tubo sube o baja al mismo tiempo en que se abre o cierra la cortina.

1.3.2 Ventanas plegables.

En este tipo de sistema la lámina de plástico queda suelta entre dos mallas de alambre tensada, una al interior del invernadero y otra al exterior con el fin de que el plástico se deslice entre ellas y de esta manera evitar golpeteos de la cortina a causa del viento, la malla tensada debe cubrir toda el área de la ventana.

El manejo de la apertura y cierre se lo realiza mediante la manipulación de cordones elásticos que permiten la subida mediante deslizamiento del plástico y también el cierre de este, uno de los problemas que causa este tipo de mecanismo es el desgaste al

que somete al plástico de protección provocando que su vida útil se disminuya de manera considerable.

Figura 6

Tipo de ventana plegable



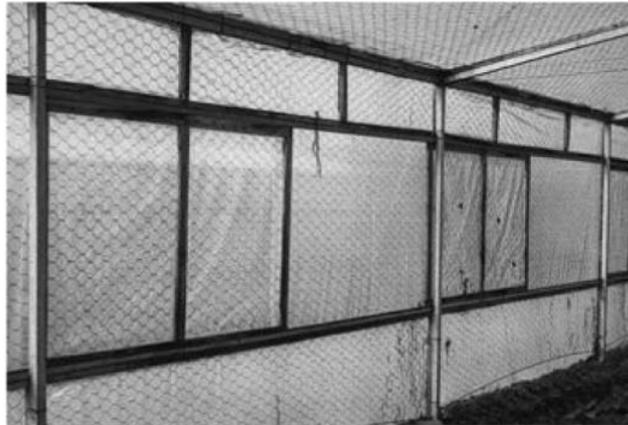
Nota. Adaptado de (Serrano, 2008)

1.3.3 Ventanas deslizantes.

Este tipo de ventanas requiere un marco de hierro o madera sobre el cual se deslizaran los componentes de manera sencilla y manejable, pueden estar colocados en la parte lateral o en la techumbre del invernadero, en cualquiera de los casos el método de accionamiento puede ser mediante una manivela o un motor, el costo de implementación de este tipo de estructura es elevado y destinado a invernaderos de mayor tamaño puesto que permite el control de climas extremos debido a su rápido accionamiento.

Figura 7

Ventanas deslizantes



Nota. Adaptado de (Serrano, 2008)

1.3.4 Ventanas giratorias.

Este tipo de mecanismo requiere un eje horizontal o vertical alrededor del cual girara la ventana, consiste en un unir la ventana a un eje redondo de acero galvanizado sujeto por rodamientos en casos de ventanas de longitudes elevadas o por abrazaderas en ventanas pequeñas, puede además complementarse con soportes para el control del nivel de apertura de la ventana según el requerimiento del floricultor. (Serrano, 2008)

Figura 8

Ventana giratoria en eje simétrico.



Nota. Adaptado de (Serrano, 2008)

1.4 Mecanización de ventanas

Los efectos de invernadero producidos a causa de factores climáticos externos obligan al floricultor tomar medidas para mantener y controlar las condiciones bajo los niveles requeridos para cultivo, con este fin se determina una serie de técnicas que permiten mantener la humedad relativa dentro del invernadero en un rango favorable sin aproximarse a los puntos extremos consiguiendo así un desarrollo óptimo de la rosa.

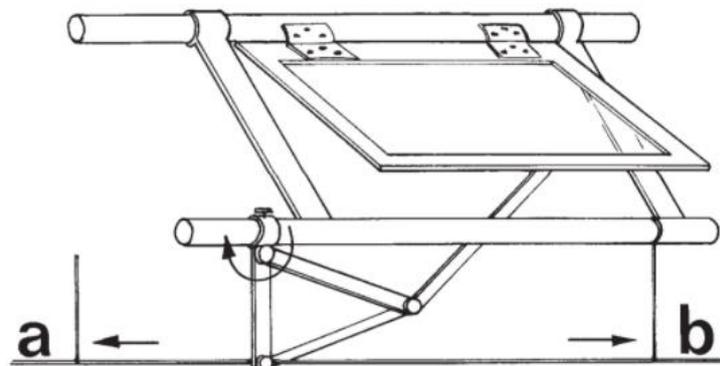
La ventilación natural en un invernadero puede disminuir la temperatura interna teniendo como límite el valor de la temperatura del exterior, y el intercambio del aire en volúmenes definidos puede además modificar la humedad relativa haciéndola descender o elevar según sea el requerimiento del floricultor. (Rodríguez, 2018)

1.4.1 Juego de poleas.

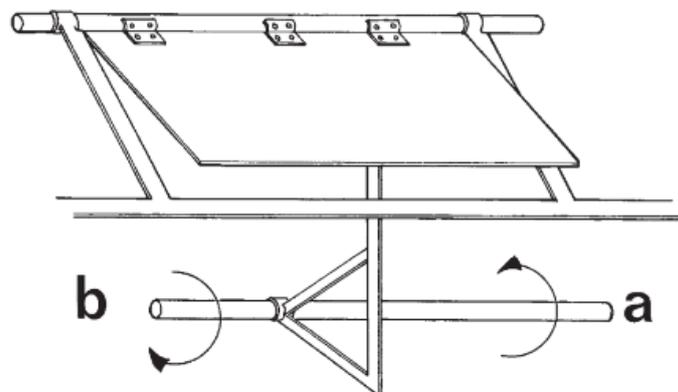
Sistema sencillo de apertura y cierre de ventana enrollable mediante poleas y cuerdas, el accionamiento se basa en un manubrio que se encarga de la apertura o cierre de la cortina. Se requiere una malla metálica a lo largo de la cortina para evitar movimientos bruscos a causa del viento, este método también se implementa en cortinas deslizantes en este caso el plástico no se enrolla y solo sube o baja cierto segmento de él.

1.4.2 Sistema de barras.

Estructura basada en mecanismos ideal para ventanas giratorias o cenitales, consiste en la implementación de una cuerda de acero templada unida a un mecanismo tipo manivela el cual permite la apertura y cierre de la ventana en función el movimiento lineal de la cuerda, la apertura se ejerce cuando el cable se direcciona hacia “b” y el cierre cuando el cable se direcciona hacia “a”.

Figura 9*Mecanismo de barras.**Nota.* Tomado de (Serrano, 2008)

Otro sistema similar al anterior para la mecanización de ventanas laterales giratorias o cenitales consta de un tubo de acero de 1 pulgada el cual se une al mecanismo de la ventana mediante un brazo de extremo triangular, se acciona mediante un motor eléctrico provocando la apertura con el giro en sentido “a” y al hacerlo en el sentido de “b” provoca el cierre, la implementación de ambos modelos no es recomendado debido a que requieren motores con giro preciso y esto resulta costoso. (Serrano, 2008)

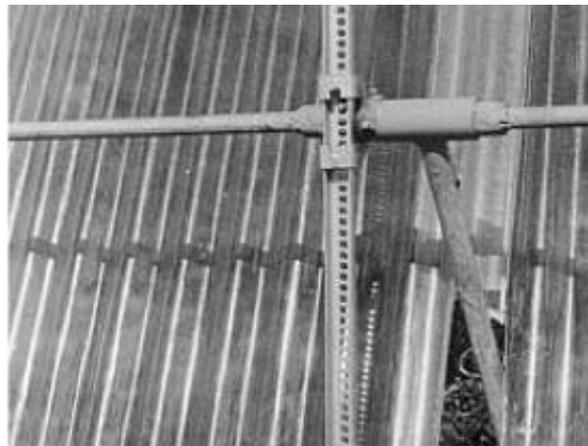
Figura 10*Mecanismo de barras 2.**Nota.* Tomado de (Serrano, 2008)

1.4.3 Por cremallera y piñón.

Consta de una serie de piñones que trabajan en conjunto con la cremallera la misma que esta soldada a las ventanas, de esta manera al accionar el giro de los piñones provoca el movimiento de la cremallera para la apertura o cierre de la ventana, este tipo de sistema es idóneo para el accionamiento manual o mecánico mediante un motor eléctrico.

Figura 11

Mecanismo de piñón y cremallera.



Nota. Tomado de (Serrano, 2008)

1.5 Factores ambientales de las rosas.

Es importante reconocer los distintos factores que influyen para el correcto desarrollo de la rosa desde un punto de vista fisiológico, entre los más determinantes se tiene la humedad, luminosidad, temperatura los cuales apuntan a una buena evolución del cultivo. (Rodríguez, 2018)

1.5.1 La temperatura.

La temperatura contribuye en todos los procesos vitales de las rosas desde la germinación, fotosíntesis, transpiración, floración el crecimiento y demás, cada etapa de

desarrollo requiere de una cierta temperatura y si se encuentra por debajo o sobre lo requerido la función se verá dificultada.

Según (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009), la temperatura óptima para el crecimiento de los cultivos de rosas es 17°C a 25°C, con una mínima de hasta 15°C en las noches y una máxima de 28°C durante el día, es permisible la variación de estos valores por tiempos relativamente cortos sin que afecte a la planta, pero es importante aclarar que una temperatura menor constante a los 15°C durante las noches puede provocar un retraso en el crecimiento de la planta por lo tanto de la producción.

1.5.2 La luminosidad.

La rosa es considerada una planta de día largo es decir que en días que la intensidad luminosa es de larga duración la producción es más abundante que en los meses de invierno. Este factor ambiental contribuye principalmente a que el tallo obtenga una buena longitud y dureza, así como el tamaño del botón. Para que las rosa se desarrolle y produzca normalmente necesita de 6 a 8 horas luz al día, la calidad de la floración depende en parte de su tiempo de exposición a la luz. (Calvache, 2017)

1.5.3 La humedad.

La humedad es la concentración de vapor de agua en el aire, ésta depende de la temperatura de la atmosfera, es necesario que exista un porcentaje de humedad relativa óptimo para el desarrollo de las estomas, floración, y transpiración de la rosa además de esta manera se evita la aparición de plagas y enfermedades. (Rodríguez, 2018)

Según (Yong, 2018), la humedad relativa en el rendimiento de las rosas ha sido tema de estudio en muchas ocasiones, y describe que puede mejorar su calidad evidenciado en el aumento de la superficie foliar con un manejo correcto de los niveles de humedad relativa en el invernadero. Las rosas requieren una humedad relativamente

alta, en un rango de 60% a 80% y de preferencia en un 70% constante, es importante conocer que un exceso de humedad puede causar enfermedades de follaje como manchas negras por otra parte, la humedad por debajo del 60% es causante de la deformación de los botones, desarrollo pobre y por ende la caída de las hojas.

La humedad relativa puede regularse mediante la aireación, puede ser de forma manual o automática abriendo las cortinas laterales o cenitales para el intercambio de aire, este proceso puede ser apoyado por ventiladores interiores o extractores de aire en casos extremos. (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

Tabla 1.

Rango de humedad relativa por etapa

| Etapa | Cultivo. | Crecimiento. | Corte. |
|--------------|-----------------|---------------------|---------------|
| % de Humedad | 80-95 | 60-80 | 80-90 |

Nota. Tomado de (Criollo, 2017)

1.6 Plagas y enfermedades en el invernadero.

Las plagas y enfermedades aparecen por múltiples razones entre las que se destacan la excesiva o escasa humedad, poco intercambio de aire, daños estructurales del invernadero, ataques de hongos y virus. Es un problema complicado de resolver la aparición de plagas debido a que implica una mayor cantidad de rosas afectadas. (Yong, 2018)

Con base en la consulta directa con el floricultor encargado del control del invernadero de rosas se tiene que las plagas más comunes y difíciles de tratar son los Trips y Pulgones, con respecto a las enfermedades que con más frecuencia atacan el cultivo se tiene el Oídio, la Botritis y el Mildiu vellosa.

1.6.1 Trips.

En la actualidad el denominado Trips occidental de las flores “*Frankliniella occidentalis*” es la plaga más dañina y difícil de controlar en los cultivos de rosales bajo invernadero, son de tamaño diminuto casi imperceptible para el ojo humano puesto que puede llegar a medir hasta 1,3mm.

El desarrollo de esta plaga depende de las condiciones climáticas del invernadero como la temperatura, humedad relativa, el alimento, a temperaturas elevadas aproximadas a 30°C el ciclo desde huevo a adulto se puede desarrollar en 10 días, pero con un control apropiado de la temperatura se provoca que dure hasta 40 días.

Los daños que esta plaga causa al rosal pueden ser de dos maneras directa e indirecta, la directa es provocada por los adultos a razón de que se introducen en los botones florales y succionan parte de ella dejando manchas de necrosis en los pétalos, decoloración del tejido y cicatrices, el daño indirecto es producido puesto que esta plaga es generadora de virus los cuales pueden causar anillos necróticos en las hojas. (Ramirez C. D., 2013)

Figura 12

Rosa con daños por Trips.



Nota. Adaptado de (Ramirez C. D., 2013)

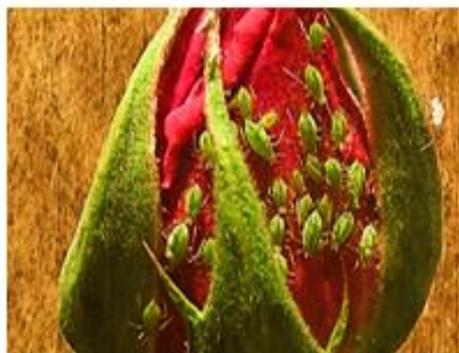
1.6.2 Áfidos.

Son insectos conocidos como pulgones que succionan la savia de las plantas provocando que las plantas pierdan fuerza, deje de creceré y florecer, aparecen cuando la temperatura está por debajo de lo requerido y la temperatura se eleva aproximándose a los 30°C.

Es sencillo de detectar este tipo de plagas a simple vista puesto que llegan a medir de 1,7 a 3,6mm de largo y tiene un color verde, estos atacan principalmente a las plantas más tiernas causando que se enrosquen y no florezcan, en muchos casos los botones atacados por los pulgones no llegan a abrirse poniendo así en riesgo gran parte del cultivo. (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

Figura 13

Rosa con pulgones.



Nota. Adaptado de (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

1.6.3 Oídio.

Es la enfermedad más frecuente que ataca al cultivo de rosas bajo invernadero, son causadas debido a humedades elevadas y ambientes cálidos, se puede detectar por una especie de polvillo blanco que se esparce sobre las hojas, los tallos y los capullos.

Esta enfermedad aparece también debido a una serie de hongos del género *Podosphaera* que se están desarrollando en la planta, como ocurre en la mayoría de los hongos la alta humedad y la mala ventilación favorecen su crecimiento, estos pueden afectar a cualquier parte de la rosa, pero es más común evidenciarlos en el tejido más joven y los capullos florales ya que son los primeros en mostrar signos de enfermedad. (Domínguez, 2016)

Figura 14

Tejido joven con oídio.



Nota. Adaptado de (Domínguez, 2016)

1.6.4 Botritis.

La principal evidencia de la existencia de esta enfermedad en la planta es la mancha café con un moho de color gris que aparece en las partes aéreas de la planta, es peligrosa debido a que con una sola infección de este tipo es suficiente para que toda la planta se pudra por completo.

Generalmente aparece en plantas débiles ya que son más propensas a sufrir las infecciones bajo condiciones climáticas desfavorables como, exceso de humedad relativa

de igual o mayor que el 90%, temperaturas bajas, exceso de nitrógeno o baja luminosidad.
(Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

Figura 15 *Rosa enferma de Botritis.*



Nota. Adaptado de (Fundación Produce Chiapas, a.c, 2009)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE SELECCIÓN

En este capítulo se describe de forma detallada la fase de selección de mecanismos y componentes para la implementación del sistema de control a partir de la evaluación de diferentes alternativas existentes, las necesidades del usuario y la estructura utilizable del invernadero.

La selección de los componentes se divide en tres etapas:

1) Necesidades del usuario:

El encargado del invernadero de la comunidad de Cambugan en el proceso de socialización del proyecto aporta con datos importantes acerca las características que debería tener un sistema de control de humedad relativa mediante ventilación natural, es de donde nacen los parámetros que debe cumplir el sistema, los cuales se someten a un proceso de ponderación y direccionan una adecuada selección de los componentes.

2) Citación de alternativas.

Se destaca las características de los componentes principales que tienen diferentes alternativas de selección. Para esta fase se toma en cuenta la estructura física que compone al invernadero instalado como su adaptabilidad a nuevas instalaciones, la longitud, altura y tipos de ventanas existentes.

3) Sistema de puntuación.

Se compara las alternativas y se califica en función a los parámetros definidos en el paso 1, la ponderación permite analizar los componentes y obtener la mejor alternativa, es importante mencionar que el proceso de calificación se realiza en conjunto con el

encargado del invernadero con la finalidad de que su voz sea la guía para el desarrollo del proyecto.

2.1 Ponderación de parámetros para el diseño del sistema

La definición de parámetros que regirán al sistema de ventilación implementado surge a partir de las necesidades del floricultor y las posibilidades que las instalaciones ofrecen para su automatización.

Tabla 2.

Ponderación de parámetros.

| | Manejabilidad | Adaptabilidad | Menor costo | Efectividad | Mantenimiento | $\Sigma+1$ | Ponderación en % |
|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------|------------|------------------|
| Manejabilidad | | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 1,5 | 10 |
| Adaptabilidad | 1 | | 0 | 0,5 | 1 | 3,5 | 23,4 |
| Menor costo | 1 | 1 | | 0 | 1 | 4 | 26,6 |
| Efectividad | 1 | 0,5 | 1 | | 1 | 4,5 | 30 |
| Mantenimiento | 0,5 | 0 | 0 | 0 | | 1,5 | 10 |
| | | | | | Suma | 15 | 100% |

Nota. Efectividad > Menor costo > Adaptabilidad > Mantenimiento = Manejabilidad

2.2 Cálculos del área de ventilación natural

Ventana 1

Ecuación 1. Área de cortina (m^2)

$$A = l \times a$$

Donde:

l =Longitud(m)

a =alto de cortina(m)

$$l_1 = 22m$$

$$a_1 = 1.5m$$

$$a_1 = l_1 \times a_1 = 22 \times 1.5 = 33 \text{ m}^2$$

Ventana 2

$$l_3 = 75m$$

$$a_3 = 1.5m$$

$$a_3 = l_3 \times a_3 = 75 \times 1.5 = 112.5 \text{ m}^2$$

Ventana 3

$$l_2 = 37m$$

$$a_2 = 1.5m$$

$$a_2 = l_2 \times a_2 = 37 \times 1.5 = 55.5 \text{ m}^2$$

Área total del invernadero.

$$a_4 = l_3 \times l_1 = 75 \times 22 = 1650 \text{ m}^2$$

Ecuación 2. Porcentaje de ventilación.

$$P_v = \frac{\sum A}{a_4} \times 100\%$$

$$= \frac{112.5 \text{ m}^2 + 55.5 \text{ m}^2 + 33 \text{ m}^2}{1560 \text{ m}^2} \times 100\% = 12.2\%$$

2.3 Métodos de control de la humedad relativa

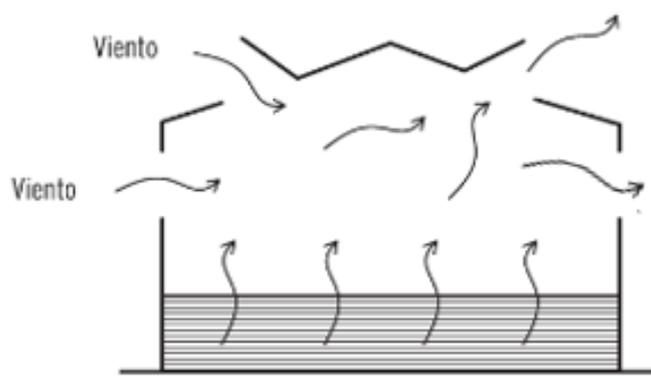
El efecto invernadero que se produce por las altas temperaturas obliga al floricultor a desarrollar una serie de trabajos con el fin de mantener los niveles de humedad de manera óptima para el cultivo, lo mismo ocurre cuando se tiene bajas temperaturas externas, por ende, es necesario definir la mejor técnica que permita mantener una humedad relativa sin aproximarse a los puntos críticos garantizando un desarrollo completo de la rosa.

2.3.1 Ventilación natural.

La ventilación natural no forzada para la variación de la humedad interna tiene como límite el valor externo, y el intercambio de aire en volúmenes controlados conlleva la modificación de la humedad relativa haciéndola descender o elevar según sea la necesidad del floricultor.

Figura 16

Efecto de la ventilación natural.



Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

La apertura y cierre de las ventanas laterales o cenitales permite la renovación del aire del invernadero, gracias a los efectos provocados por la diferencia de la densidad del

aire exterior e interior del invernadero por factores como la acción del viento y la temperatura externa, de ahí nace la importancia de una correcta ubicación y orientación de las ventanas.

El accionamiento de este mecanismo es manual o mecánico, el último puede estar controlado mediante higrómetros o sensores de humedad que activarán los motores para la apertura y cierre de las ventanas laterales de forma lineal, los motores a utilizarse estarán acoplados mediante un escalador o brazos telescópicos hacia el eje de la cortina enrollable.

Figura 17

Ventilación natural.



Nota. Adaptado de (Serrano, 2008)

2.3.2 Microaspersión.

Esta técnica es la denominada *Cooling-System* la cual consiste en la entrada forzada de aire desde el exterior por medio de ventiladores o extractores a través de un panel húmedo, de esta manera se obtiene el ingreso de aire de menor temperatura y mayor humedad relativa.

Se requieren diferentes componentes para la implementación del cooling-system como bomba de riego para el mantenimiento húmedo del panel, electroválvulas para el control automático, canales y conducciones de recuperación de exceso de líquido. El uso de este sistema está destinado para cultivos altamente rentables y que son sometidos a ambientes de excesivo calor.

Figura 18

a) Panel de humectación b) Extractor



a)

b)

Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

2.3.3 Nebulización.

Este método es denominado *Myst-System*, no es tan eficiente como el anterior, pero puede ser perfecto para ciertos tipos de cultivos y condiciones climáticas.

Consiste en el uso de nebulizadores o pulverizadores para crear de manera artificial una niebla en cuanto sea requerida por la plantación. Para la instalación de este tipo de sistemas se requiere una red de tuberías que servirán de conductores del agua a elevadas presiones hacia los dispositivos nebulizadores, la presión del agua debe acercarse entre 4 y 6kg/cm³, la tubería y dispositivos deben contar con tecnología antigoteo que evite la descarga de líquidos cuando no estén en funcionamiento.

(Rodríguez, 2018)

Figura 19 *Nebulización artificial.*



Nota. Adaptado de (Rodríguez, 2018)

2.3.4 Selección de método de control de la humedad relativa.

Determinado los diferentes métodos de control de la humedad relativa y basado en los parámetros establecidos se procede con la selección de la mejor alternativa de control de humedad para el floricultor y el invernadero, se lo realiza teniendo en cuenta además el área que cubre el invernadero y la eficiencia requerida.

Tabla 3.

Selección de método de control.

| | Manejabilidad | Adaptabilidad | Efectividad | Menor costo | Mantenimiento | Ponderación Final | Prioridad |
|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
| Cortina motorizada | 9 | 10 | 8 | 9 | 8 | 44 | 1 |
| Cool-System | 6 | 5 | 9 | 6 | 5 | 31 | 2 |
| Myst-System | 7 | 3 | 8 | 3 | 4 | 25 | 3 |
| | | | | | Suma | 100 | |

2.5 Mecanismos de acción de ventanas enrollables

El accionamiento de las ventas, apertura y cierre, puede realizarse manualmente o de forma automática, para lo último se hace necesario la implementación de actuadores de potencia acompañado de dispositivos de sensado de factores ambientales que indiquen el momento de inicio y paro de dichos actuadores.

Existen diferentes mecanismos de transmisión de potencia hacia los tubos de las cortinas enrollables una de ellas es por medio de un motor fijo y brazo telescópico el cual estará unido por un lado al tubo mediante cardán y por otro lado al motor-reductor el mismo que provoca el giro del brazo telescópico y el tubo de la cortina, enrollando el plástico hasta el nivel deseado.

La longitud del brazo telescópico se ve condicionada por la altura de la ventana, si la altura de la ventana es de 2m el brazo telescópico debe medir como mínimo 2m, y en casos de que se coloque el motor con doble brazo telescópico se tendría una longitud de 4m sin ventilación tomando en cuenta que el plástico se enrolla en el extremo del brazo telescópico. (Tendero, 2007)

Figura 20

Ventana lateral con moto-reductores y brazo telescópico.



Nota. Adaptado de (Tendero, 2007)

La transferencia de potencia lineal consiste en un motor-reductor de poco peso y alta potencia que se fija a un dispositivo escalador el cual sube o baja por un tubo guía de 1/2 pulgada, el motor-reductor se une de manera directa hacia el eje de las cortinas, al momento de girar el eje se enrolla el plástico y el enrollamiento provoca la subida o bajada del motor-reductor a lo largo del tubo guía.

Para la implementación de este método de accionamiento existen motores enrolladores de cortinas especiales que están contruidos en aluminio asegurando un peso disminuido, constan de relés temporizados configurables que actúan como finales de carrera inferior y superior, incluyen además el reductor de fábrica, facilitando de esta manera su selección e instalación dependiendo de la longitud y peso de las cortinas.

Esta alternativa aprovecha el 100% de la longitud de la cortina para la ventilación natural debido a que el enrollamiento del plástico se genera desde el extremo del tubo.

Figura 21

Ventana lateral con motor enrollador.



Nota. Adaptado de (Tendero, 2007)

2.5.1 Selección de mecanismo de accionamiento.

Para la selección del mecanismo de accionamiento de las cortinas se considera la tecnología de protección contra agentes ambientales externos con las que cuenta, la posibilidad de una instalación sin modificar la estructura actual del invernadero como también el consumo energético.

Tabla 4.

Selección de mecanismo

| | Manejabilidad | Adaptabilidad | Efectividad | Menor costo | Mantenimiento | Ponderación Final | Prioridad |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
| Motor enrollador | 13 | 11 | 11 | 12 | 10 | 57 | 1 |
| Motor y brazo telescópico | 10 | 8 | 10 | 8 | 7 | 43 | 2 |
| | | | | | Suma | 100 | |

En el mercado se tiene disponibilidad de motores enrolladores en dos versiones de 100Nm y de 60Nm y fundamentado en las características físicas de las cortinas como sus dimensiones y peso, se requiere un motor enrollador que satisfaga su correcta manipulación con el fin de evitar problemas de recalentamiento o corto circuitos debido a un mal dimensionamiento, por tanto, se selecciona por estandarización el motor enrollador modelo GMA100-S.

Este motor enrollador cuenta con una entrada de voltaje de 220 VAC el cual se dispone en el invernadero, torque de hasta 100 Nm a una velocidad de 28rev/min, capacidad de elevar una cortina de hasta 4m de alto y 100m de longitud, posee una

protección IP55 anti condensación con el fin de proteger el circuito de control y el motor, esto debido a que estará instalado en la intemperie sometido al efecto de diferentes agentes externos como, lluvia, viento, calor y demás.

Cuando la carga del motor sobrepase los 1,5 veces el par nominal, el sistema de protección ante sobrecargas se activará, haciendo que el motor se detenga y después de 6 minutos iniciara nuevamente su funcionamiento, esto con el fin de evitar que el motor se quemara.

Tiene integrado dos finales de carrera configurables en función de la necesidad del usuario y la altura de las ventanas del invernadero, son dispositivos electromecánicos y se garantiza un funcionamiento óptimo hasta 5 años de uso continuo, después de esto la eficiencia de los finales de carrera se verá afectado en un 0,5%. (Greenhouse Technology Co.,Ltda, 2019)

Figura 22

Motor enrollador de cortina



Tabla 5.*Datos técnicos del motor enrollador*

| Parámetros del producto. | |
|---------------------------------|------------|
| Modelo | GMA100-S |
| Voltaje | 220V |
| Potencia | 100W |
| Torque | 100Nm |
| Corriente | 0,8A |
| Velocidad | 28 rev/min |
| Altura de cortina | 4m |
| Largo de cortina | <=100m |
| Peso | 3.7kg |

Nota. Tomado de (Greenhouse Technology Co.,Ltda, 2019)

2.6 Controladores

2.6.1 Controlador Lógico Programable.

Un PLC es un equipo electrónico que permite el control de un proceso industrial mediante una serie de acciones que se generan de manera automática cumpliendo una programación definida por el usuario, basándose en señales de mando entrantes a partir de componentes como sensores y transductores.

Este dispositivo tiene un tipo de hardware estándar lo cual permite una conexión directa hacia las señales externas, y su programación con el fin de determinar su función específica, esto debido a que el voltaje y amperaje de funcionamiento de los sensores y

actuadores industriales son compatibles con sus entradas. Está destinado a controlar máquinas y procesos secuenciales dentro de entornos industriales donde la exactitud y robustez son requisitos importantes debido al elevado costo que resultaría un paro en el proceso de producción. (Daneri, 2009)

2.6.2 Microcontroladores.

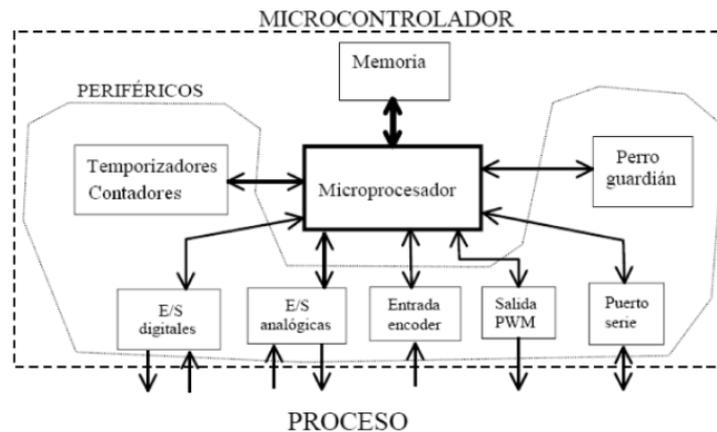
Un microcontrolador es a rasgos generales una computadora completa, aunque con menor capacidad, se encuentra en el chip de un circuito integrado programable, y su función principal es llevar a cabo el procedimiento programado por el usuario en la memoria. Los diferentes pines que complementan al microprocesador son capaces de soportar la conexión de sensores y actuadores los cuales comanda para la consecución del objetivo. (Aldea, 2015)

Antes de los microcontroladores las implementaciones electrónicas para la industria eran para un solo fin específico y difíciles de modificar, si esto era necesario el operario se veía en la necesidad de cambiar componentes y/o conexiones eléctricas físicas.

Al ingresar a la industria el microcontrolador el panorama de la electrónica cambio de manera radical puesto que introdujo nuevos conceptos de desarrollo que servirían para el control de procesos, instrumentación y medición, los cuáles en la actualidad se siguen usando y reforzando. (Castellanos, 2012)

Figura 23

Diagrama de bloques de un sistema basado en microprocesador



Nota. Adaptado de (Castellanos, 2012)

2.6.3 Arduino.

Arduino es una placa de código abierto que incorpora un microcontrolador mismo que puede ser reprogramado, pines de entrada y salida de datos los cuales permiten el comando de sensores y actuadores para el desarrollo del trabajo establecido por el usuario.

El microcontrolador de Arduino es el Atmega de la familia AVR, los más utilizados son el Atmega1280 y Atmega8 gracias a su bajo costo y su sencillez de trabajo, lo que permite el desarrollo de diferentes proyectos de automatización y control.

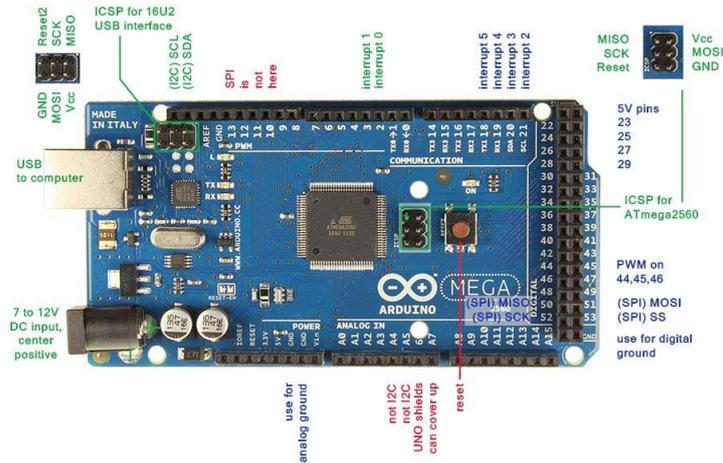
El sistema de alimentación de la placa Arduino viene preparada para recibir la diferencia de tensión de varios puntos, una de ellas es mediante la conexión USB que brinda a la placa 5V que es su voltaje de trabajo, otra alternativa es la conexión de tipo Jack que permite una alimentación de 6 a 12v, por seguridad este tipo de alimentación cuenta con un circuito regulador instalado que disminuye el voltaje a lo requerido por la placa.

El Arduino Mega es de gran capacidad, este tiene disponible 54 pines que pueden funcionar de entrada y salida, 15 de ellos son PWM, y 16 entradas analógicas, conexión USB, botón de Reset, y una entrada tipo jack para la alimentación de la placa, el

microcontrolador que posee este modelo de Arduino es el ATmega2560 a 5V. (Aldea, 2015)

Figura 24

Placa Arduino Mega y sus partes



Nota. Adaptado de (Aldea, 2015)

2.6.4 Selección de controlador.

Tabla 6.

Tabla de selección de controlador

| | Manejabilidad | Adaptabilidad | Efectividad | Menor costo | Mantenimiento | Ponderación Final | Prioridad |
|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|------------------|
| PLC | 7 | 6 | 8 | 3 | 7 | 31 | 3 |
| Arduino Mega | 8 | 7 | 6 | 8 | 7 | 36 | 1 |
| Raspberry Pi | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 33 | 2 |
| | | | | | Suma | 100 | |

Tabla 7.*Selección de mecanismo*

| | |
|--|--------------------|
| Microcontrolador | Atmega2560 |
| Voltaje operativo | 5V |
| Voltaje de entrada | 7-12V(recomendado) |
| Voltaje de entrada(min/máx.) | 6-20v |
| Pines digitales de entrada y salida | 54(15 PWM) |
| Pines de entrada analógica | 16 |
| Corriente DC en pines | 40mA |
| Corriente DC en pin 3,3V | 50 mA |
| Memoria Flash | 256KB |
| SRAM | 8KB |

Nota. Adaptado de (Aldea, 2015)

2.7 Sensores

La necesidad de monitorear, cuantificar y controlar variables físicas de un entorno para beneficio del ser humano ha forzado el uso de sensores y actuadores los mismos que están presentes desde el origen de las maquinas automatizadas. La implementación de sensores es una parte vital para el desarrollo de procesos de producción en serie de grandes empresas y sistemas de control de agentes externos en la actualidad.

El sensor es un dispositivo de entrada que transforma la magnitud física medida a un dominio requerido y brinda una señal de salida manejable para un sistema de control, esta señal eléctrica puede ser analógica o digital, debido a que estos dos tipos de dominio son los más utilizados por los sistemas actuales. (Ramirez & Jiménez, 2019)

2.7.1 Sensor DHT22.

Es un sensor digital de humedad relativa y temperatura de bajo costo y con prestaciones que lo acercan a los de alta precisión, consta de un sensor de tipo capacitivo de humedad y del aire que circula por su estructura, la información es presentada de manera digital mediante el pin de datos, es muy utilizado en la agricultura, en el monitoreo y control automático de la humedad relativa, aire acondicionado y temperatura.

El DHT22 es el más alto de la familia de productos que cumplen su misma función gracias a que es calibrado en fabrica asegurando una alta fiabilidad y estabilidad a lo largo del tiempo, es capaz de generar una muestra cada dos segundos, y por su elevada precisión de sensado esto debido a que transmite 40 bits en 4ms, de los cuales los primeros 2 bytes son correspondientes a la medición de humedad los 2 siguientes corresponden a la medición de la temperatura y el ultimo byte es de paridad con el fin de detectar posibles errores en la medición. (Liu, 2016)

Las especificaciones técnicas del sensor se detallan en la Tabla 8:

Tabla 8.

Características DHT22

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Modelo | DHT22 |
| Voltaje de Operación. | 3V-6V DC |
| Consumo de corriente | 2.5mA |
| Señal de salida | Digital- protocolo "Single bus" |
| Tipo de sensor | Capacitor de polímero. |
| Rango de temperatura | -40°C a 80°C |
| Rango de humedad | 0% a 100% RH |

| | |
|---------------------------------|------------------------|
| Precisión de humedad | +/-2% RH (Max +/-5%HR) |
| Precisión de temperatura | <+/-0.5°C |
| Sensibilidad | 0.1%RH y 0.1°C |
| Tiempo de muestreo | 2 segundos |

Nota. Adaptado de (Liu, 2016)

2.8 Interfaz de usuario

Para el monitoreo y control del sistema se hace necesario una interfaz en donde el usuario pueda comandar los diferentes tipos de controles existentes, además de determinar acciones en función a los datos indicados de humedad y temperatura en el modo manual y automático.

En el mercado existen diversas opciones de pantallas compatibles con la placa de Arduino de diferentes características y funcionalidades, a continuación, se presentan las opciones más relevantes, sus características, y la elección de un dispositivo acorde a las necesidades del sistema y del lugar de implementación.

2.8.1 LCD 16x2.

La pantalla de cristal líquido de 16x2 puede mostrar hasta 32 caracteres incluidas número letras, números, caracteres especiales o iconos creados de forma manual, el método de comunicación es mediante 16 pines, 8 son entrada de datos hacia la placa, alimentación, lectura y escritura y un pin para configuración del contraste.

Esta pantalla LCD es simple ya que solo se utiliza para imprimir textos, el problema es que utiliza demasiados pines de la placa Arduino limitando su funcionalidad, así que una opción es el uso de módulos de conexión i2C, este módulo utiliza únicamente

dos pines, de datos y de reloj, y crea de manera automática la salida de datos completa para el LCD. (XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO.,LTD, 2008)

La cantidad de datos a mostrar en este módulo es limitada debido al tamaño del LCD, y no satisface un control óptimo del sistema con diferentes elementos visuales que faciliten la interacción humano- máquina.

Figura 25

LCD 16X2 Cristal Liquido



Nota. *Adaptado de (Aldea, 2015)*

2.8.2 TFT ILI9488.

La pantalla ILI9488 es compatible con diferentes placas entre ellas el que se está utilizando Arduino, tiene integrado el procesador y compilador del lenguaje C independientes.

Las características principales de este tipo de pantallas es que son a color, tiene capacidad táctil, dimensión de 2,4 pulgadas, lector de tarjeta para la lectura de imágenes, resolución de 240x320px, el panel es resistivo mas no capacitivo.

Al ser táctil esta pantalla recibe pulsaciones físicas directas y el controlador envía las señales hacia la placa Arduino, esta capacidad de lectura al estar destinado a un ambiente en donde se someterá a diferentes factores ambientales como viento, humedad,

altas temperaturas y químicos, puede provocar el fallo del sistema debido a señales de pulsaciones no deseadas.

Figura 26

LCD Touch TFT 9488



2.8.3 GLCD 12864

Esta pantalla posee un microcontrolador PIC con un controlador de la marca TOSHIBA, brinda mucha flexibilidad para el desarrollo de diferentes sistemas de control en las que sea necesaria la implementación de imágenes o textos.

Está compuesto por una matriz de pixeles ordenados en filas y columnas los cuales pueden controlarse de manera individual elevando su capacidad de representación gráfica.

Los LCD comunes crean imágenes visibles a la luz ambiental, si esta no es la adecuada es necesaria la implementación de una luz de retroiluminación. El GLCD implementa una retroiluminación LED gracias a su bajo costo, inmunidad a vibraciones, larga vida de duración, bajo consumo de voltaje y el control preciso de brillo.

El control de contraste mediante programación es posible conectando el pin 5 del GLCD, es importante mencionar que en el caso de implementación actual es innecesario

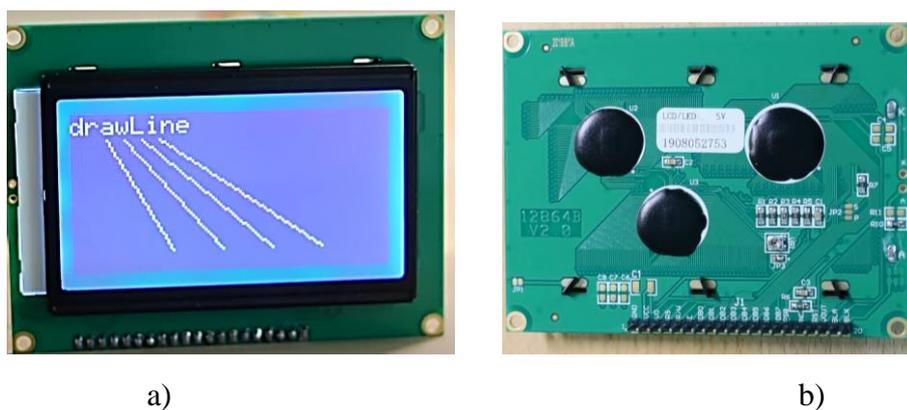
la configuración del brillo puesto que al estar a una altura considerable y en un espacio de luz ambiental variable configurar la pantalla en su brillo elevado es lo más conveniente.

La alimentación de voltaje para este dispositivo no debe ser variable, evitar las descargas electrostáticas, tener cuidado con la conexión inversa de la fuente, la longitud de los conductores del módulo GLCD hacia el Arduino debe ser de 40cm para no tener interferencias, la temperatura máxima de operación es de 70°C y la humedad máxima de operación es de 95% lo que garantiza su funcionamiento en el lugar de instalación.

Su tamaño de 128x64 permite el ingreso de diversos objetos visuales que facilitan al usuario la comprensión, manejo y lectura de las variables y comandos del sistema, además la retroiluminación garantiza la visibilidad de elementos a distancias considerables, debido a estas características del GLCD 128x64 sobresalientes con respecto a las dos diferentes opciones se opta por su implementación en el proyecto en desarrollo

Figura 27

GLCD 128x64 s7920



Nota. a) Frontal, b) Posterior

2.9 Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos son materiales que presentan una baja resistencia al paso de los electrones, los mejores conductores son el metal, el cobre, el oro, la plata, el hierro y el aluminio.

Para las conexiones eléctricas se puede utilizar el cobre que gracias a su costo es una de las mejores opciones de uso, sin embargo, el oro es el material con menor resistencia al paso de electrones, pero su costo es elevado lo cual dificulta su uso cotidiano. (VIAKON, 2016)

Para la sección de potencia a implementarse es necesario determinar un calibre de conductor que permita el uso continuo sin tener problemas de calentamiento o sobrecargas, para esto se determina el amperaje, la potencia de consumo, la diferencia de potencial de suministro y se elige la opción más segura.

2.9.1 Cálculos de sección del conductor.

Ecuación 3. Sección de conductor

$$S = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L}{u \cdot V} \cdot P$$

S= Sección del conductor (mm^2)

ρ =Resistividad del conductor ($\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$)

L=longitud dl conductor(m)

u=Caída de tensión (V)

V=Tensión de voltaje suministrado(V)

P=Potencia de carga. (W)

$$\rho_{Cu} = 0,0172 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

u=5% para circuitos de fuerza

$$S = \frac{0,0172 * 2 * 45}{11 * 220} (300)$$

$$S = 0,12 mm^2$$

$$S = 1,5 mm^2$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$$

$$I = 1.4A$$

Tabla 9.

Tabla de ampacidad

| Tabla AWG Según el Amperaje | | |
|-----------------------------|-------------------------|--------------|
| Sección AWG | Sección mm ² | Corriente(A) |
| 20 | 0.5 | 3 |
| 18 | 1 | 7 |
| 16 | 1.5 | 10 |
| 14 | 2,5 | 10 |
| 12 | 4 | 20 |
| 10 | 6 | 30 |
| 8 | 10 | 40 |
| 6 | 16 | 55 |
| 4 | 25 | 70 |

Nota. Tomado de (VIAKON, 2016)

Obtenido los resultados de amperaje a consumir en función a la potencia de los motores, se analiza en la tabla la selección del conductor en mm^2 requeridos, escogiendo el más cercano que es de $1,5\text{mm}^2$ en la siguiente tabla de ampacidad se concluye la utilización de un conductor flexible calibre 16 gracias a su capacidad y diámetro.

2.10 Selección de relés y contactores.

El contactor es un dispositivo eléctrico de mando y cumple con la función de cerrar o abrir circuitos, es muy importante en la automatización con motores.

Está conformado por una bobina y contactos los cuales dependiendo de la configuración de fabricación pueden ser abiertos, cerrados o ambos. El principio de funcionamiento de la bobina es accionar los contactos cuando ingresa una corriente, cuando la bobina se deja de alimentar los contactos vuelven a su posición original.

Para la implementación de un contactor en el proyecto en desarrollo se toman en cuenta varios aspectos como la fuente de voltaje de 220V, la carga de 1.4A, alimentación de las bobinas requeridas de 220V y potencia de motores de 100W.

Primero se determina la categoría de empleo lo cual está definido en la norma IEC C60947-4-1, esta norma indica las distintas aplicaciones que se les puede dar a un contactor y al final la potencia del motor eléctrico que comúnmente se encuentra en la placa del motor.

Investigada la norma de las categorías que definen a los contactores se determina que los dispositivos a utilizarse en el proyecto son de la categoría AC3, debido a que este engloba a todas los motores jaula de ardilla donde se produce la apertura del circuito cuando el motor está en funcionamiento, comúnmente implementados en sistemas de cambio de giro, ascensores, mezcladoras y demás. (Castellanos, 2012)

Basado en los datos se selecciona el contactor modelo WIMGER de 9 Amp, categoría AC3, de 220VAC puesto que es el más cercano y el de menor potencia disponible en el mercado.

Figura 28

Selección de contactor



| CODIGO | CATEGORIA AC3 | CATEGORIA AC1 | HP 220V | VOLTAJE | CONTACTOS | PRECIO |
|--------|------------------|------------------|---------|---------|-----------|----------|
| LC1D09 | 9AMP ✓ | 25AMP. | 3 | 220 V | 1NA | \$ 6.44 |
| LC1D09 | 9AMP | 25AMP. | 3 | 110V | 1NA | \$ 6.44 |
| LC1D12 | 12AMP | 25AMP. | 4 | 220V | 1NA | \$ 6.50 |
| LC1D12 | 12AMP | 25AMP. | 4 | 110V | 1NA | \$ 6.50 |
| LC1D18 | 18AMP | 32AMP. | 5.5 | 220V | 1NA | \$ 7.34 |
| LC1D18 | 18AMP | 32AMP. | 5.5 | 110V | 1NA | \$ 7.34 |
| LC1D25 | 25AMP | 40AMP. | 7.5 | 220V | 1NA | \$ 10.13 |
| LC1D25 | 25AMP | 40AMP. | 7.5 | 110V | 1NA | \$ 10.13 |
| LC1D32 | 32AMP. | 50AMP. | 10 | 220V | 1NA | \$ 15.65 |
| LC1D32 | 32AMP. | 50AMP. | 10 | 110V | 1NA | \$ 15.65 |
| LC1D40 | 40AMP. | 60AMP. | 15 | 220V | 1NA+1NC | \$ 29.25 |
| LC1D50 | 50AMP. | 80AMP. | 20 | 220V | 1NA+NC | \$ 30.65 |
| LC1D65 | 65AMP. | 90AMP. | 25 | 220V | 1NA+NC | \$ 35.25 |

Nota. Tomado de (ImportPegasus, 2018)

Para la protección de los motores y el usuario se hace necesaria la implementación de dispositivos de seguridad, en el proyecto se utiliza relés térmicos que son dispositivos electromecánicos que brindan durabilidad a los motores protegiéndolos de sobrecargas o calentamientos.

A pesar de que existen diversos relés térmicos en el mercado todos cumplen la misma función y tienen similares estructuras como, unión de dos laminas bimetálicas con diferentes coeficientes de dilatación. Al permitir el paso de la corriente a través de las láminas estos se calientan, si el paso de corriente es normal la dilatación es mínima y permite el funcionamiento normal de los motores, pero si por alguna razón se sobrecarga el motor, o se calienta puede ser talvez por la falla de ventilación las láminas se dilatan y provocan la apertura de los contactos de la bobina magnética. (Castellanos, 2012)

Para la selección del relé térmico apropiado para el sistema se toma en cuenta las variables eléctricas de funcionamiento de los motores, es importante mencionar que el amperaje de funcionamiento es de 1.4 A pero pueden existir picos de consumo debido a la variación del peso a levantar, esto a causa de factores ambientales como la lluvia, viento que afectan el peso de las cortinas, por ende se escoge el relé térmico de marca WIMGER con un rango permisible de 2.5 a 4 Amperios, soporta una diferencia de potencial de 220v y adecuado para motores de hasta 1HP.

Figura 29

Selección de Relé Térmico



RELES TERMICOS R2-D

| CODIGO | RANGO | TAMAÑO | CONTACTOR | VOLTAJE | HP | PRECIO |
|----------|-------------|---------|------------|---------|-----|----------|
| R2-D1308 | 2.50-4 AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D32 | 220V | 1 | \$ 5.54 |
| R2-D1310 | 4-6AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D33 | 220V | 1.5 | \$ 5.54 |
| R2-D1312 | 5.5-8AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D34 | 220V | 2.2 | \$ 5.54 |
| R2-D1314 | 7-10AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D35 | 220V | 3 | \$ 5.54 |
| R2-D1316 | 9-13AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D36 | 220V | 4 | \$ 5.54 |
| R2-D1321 | 12-18AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D37 | 220V | 5.5 | \$ 5.54 |
| R2-D1322 | 17-25AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D38 | 220V | 7.5 | \$ 5.54 |
| R2-D1353 | 23-32AMP. | PEQUEÑO | C1-D09-D39 | 220V | 10 | \$ 6.50 |
| R2-D3353 | 23-32AMP. | GRANDE | C1-D40-D95 | 220V | 10 | \$ 14.99 |
| R2-D3355 | 30-40AMP. | GRANDE | C1-D40-D95 | 220V | 12 | \$ 14.99 |
| R2-D3357 | 37-50AMP. | GRANDE | C1-D40-D95 | 220V | 15 | \$ 14.99 |

Nota. Tomado de (ImportPegasus, 2018)

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1 Comunicación de dispositivos

La comunicación entre el microcontrolador Arduino y los diferentes sensores existentes en el mercado es relativamente sencillo puesto que existen librerías diseñadas para la adquisición de datos, en el presente caso se tiene un sensor DHT22 de señal digital calibrada de fábrica, con tecnología de detección que avala estabilidad y confiabilidad.

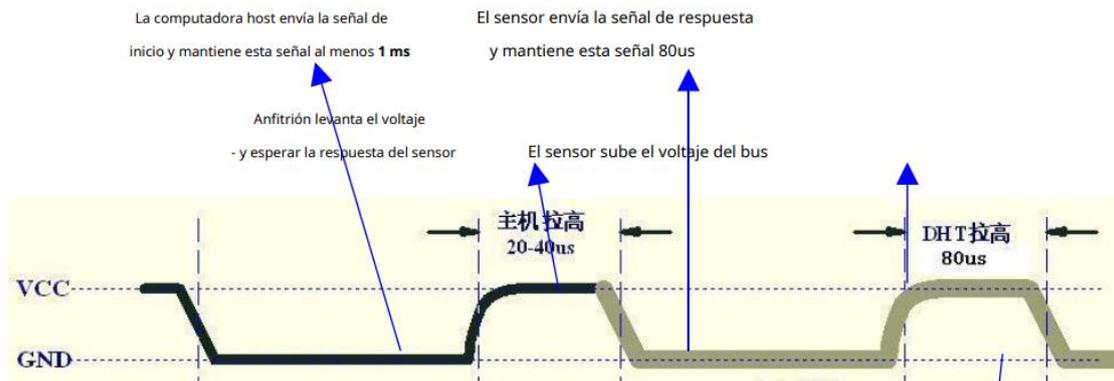
Para la conexión eléctrica del sensor se tiene tres pines, la primera es de alimentación, el voltaje que requiere es de 3 a 6 V DC, el segundo pin es de comunicación y señal, utiliza un bus da datos únicos para enviar la señal hacia el microcontrolador y se toma 5ms para establecer la comunicación, y el ultimo pin tiene la función de tierra.

Los datos enviados por el sensor hacia el MCU se integra por una parte entera y otra decimal, con el fin de detectar posibles errores de lectura de humedad y temperatura, se compone de la siguiente manera, datos de Humedad relativa enteros de 8 bits y decimales de 8 bits, datos de Temperatura enteros de 8 bits y decimales de 8 bits si la lectura fue correcta el resultado de la suma debe ser los últimos 8 bits de cada dato.

Con respecto al comportamiento del sensor cuando el microcontrolador envía la señal de inicio al sensor, éste permuta del modo de bajo consumo hacia el modo de funcionamiento, una vez finalizada le señal de inicio desde dl microcontrolador el sensor envía un dato de 40 bits que contiene la lectura de humedad relativa y volverá a su estado de bajo consumo. (Liu, 2016)

Figura 30

Envío de dato a partir de señal de inicio



Nota. Adaptado de (Liu, 2016)

3.2 Programación de control

La programación del sistema de control de cortinas se desarrolla en lenguaje C en el software IDE oficial de Arduino, es necesario la instalación de las librerías para el control del sensor DHT22 y la pantalla GLCD 128x64.

La definición de los pines se realiza en función a los datos que se requiere obtener, en el proyecto de control se utilizan pines digitales y analógico definidos como digitales debido a la facilidad de conexión hacia los relés de mando en el tablero de control.

Es necesario determinar valores de Humedad Relativa y Temperatura óptimos para un cultivo de rosas con el fin de precisar los valores ambientales límite en la programación, además establecer la altura de las cortinas debido a que en función de esta y el nivel de humedad se programa los niveles de apertura.

Para la seguridad del usuario se hace necesaria la implementación de un paro de emergencia, para este fin se utiliza la función de interrupción que brinda la placa de Arduino, provocando de esta manera la parada inmediata de los motores y el aviso de emergencia en la interfaz, una vez en este modo el usuario es libre de determinar el modo de reapertura del sistema manual o automático.

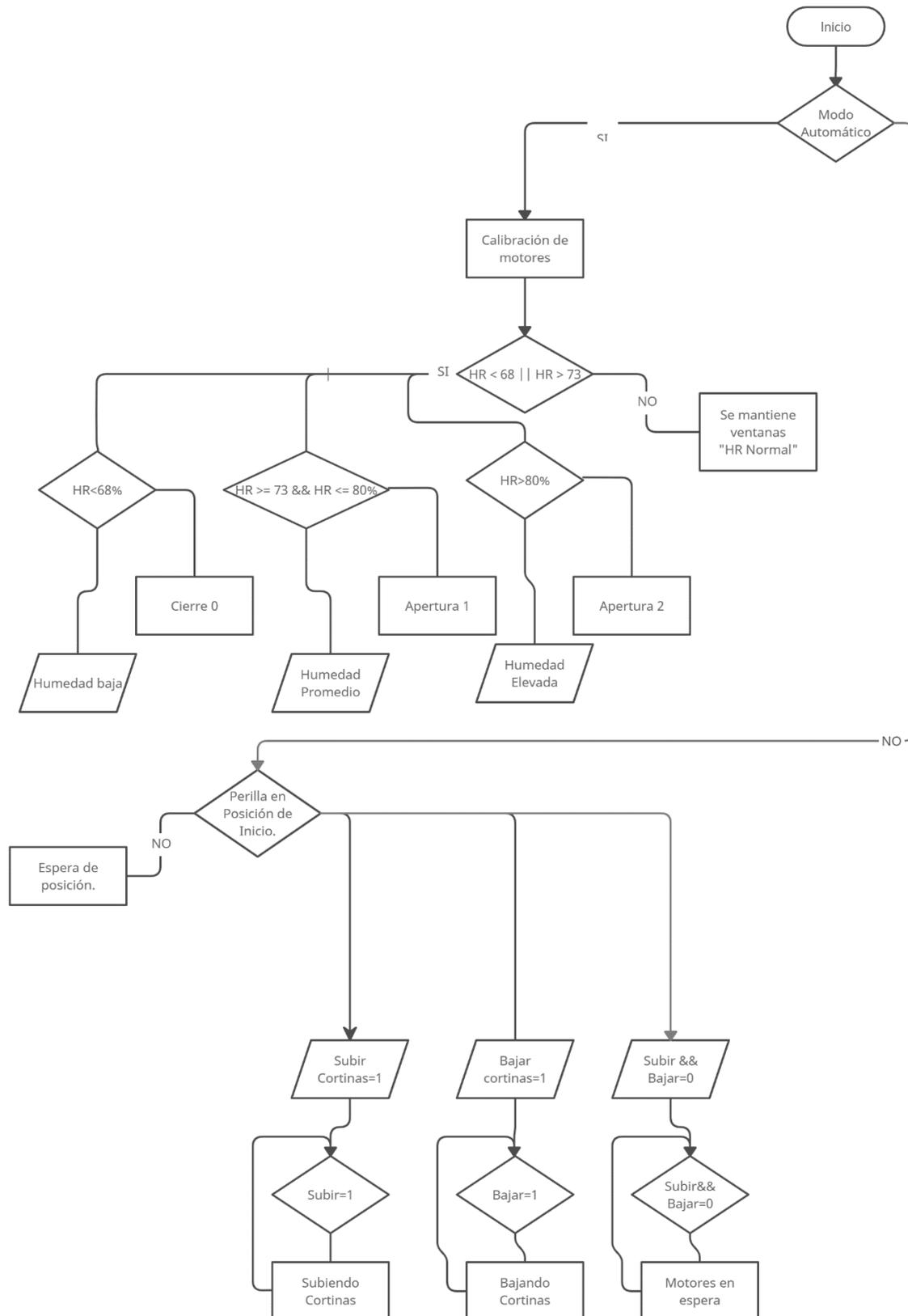
La parada de los motores en niveles intermedios determinados en la programación se da mediante el uso de los tiempos y topes internos, es decir que en función de las actividades que desarrollen los motores se activan o desactivan topes que condicionan las futuras acciones esto para cumplir con el control de la humedad en el invernadero, es importante recalcar que cada actividad esta englobado en una sección void para la facilidad de lectura y desarrollo código.

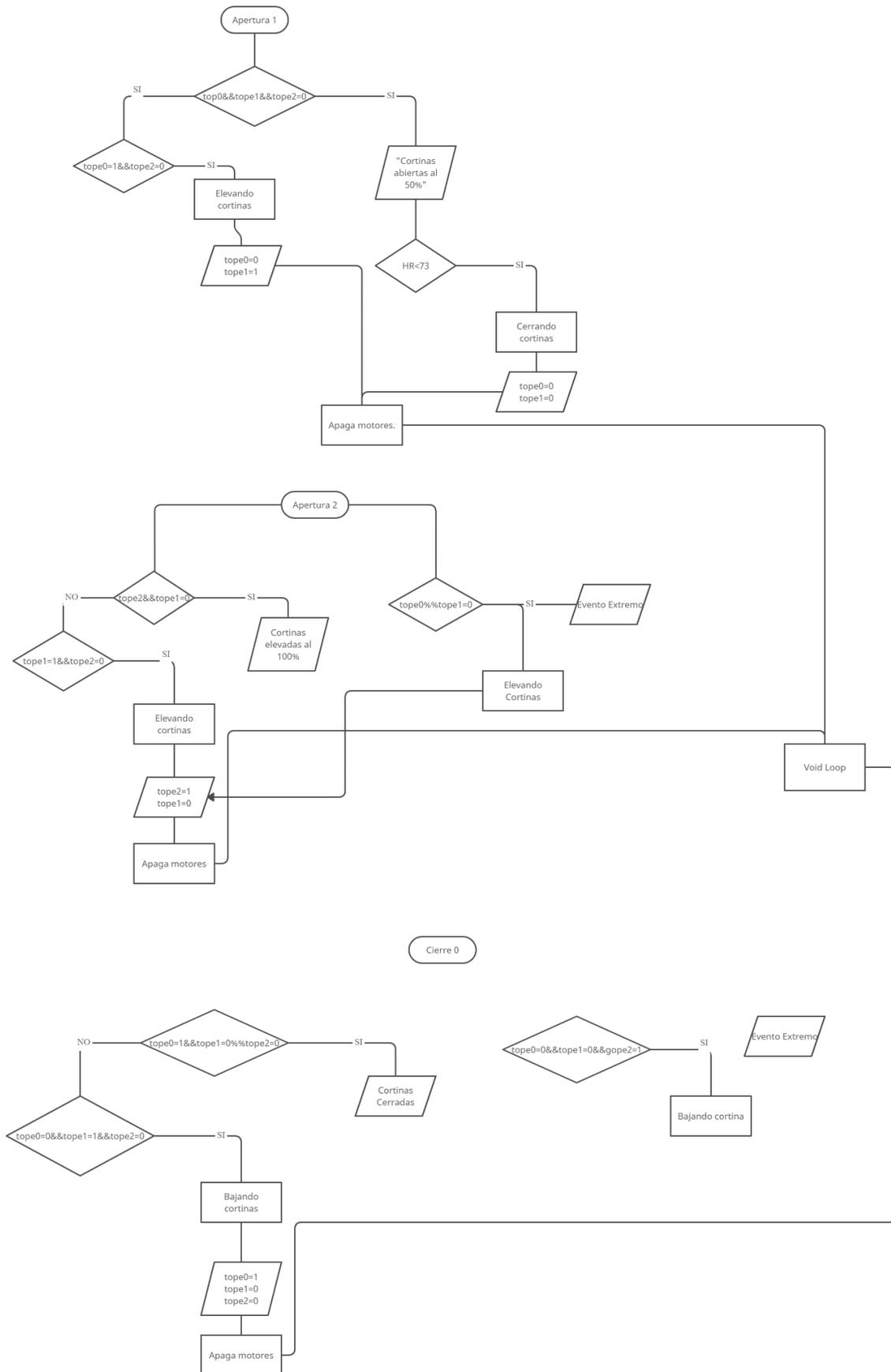
El sistema consta de dos modos de funcionamiento: el manual y el automático, en el modo automático el sistema setea los motores hacia el punto inicial, después de este proceso realiza la lectura de la humedad relativa actual y determina la posición de los motores, la lectura de la humedad y el accionamiento de los motores es constante con el fin de acercarse a una humedad promedio la mayor parte del tiempo.

En el modo manual el usuario tiene la libertad de accionar los motores al momento y al nivel que requiera, en este modo la lectura de la humedad se sigue realizando, por motivos de seguridad es requisito para iniciar, el posicionamiento la perilla de acción al punto neutro lo que desbloquea el manejo de los motores.

Figura 31

Diagramas de flujo.





3.3 Instalación de mecanismos de apertura y cierre de ventanas

Definidos los actuadores de potencia a implementar en el anterior capítulo, se inicia el proceso de reemplazo en las cortinas del invernadero puesto que tiene instalado manivelas para la maniobra manual de las cortinas.

Figura 32

Manivelas instaladas



Nota. Sistema manual de cortinas

Para la instalación de los motores se desmontan tres manivelas que están unidas a los tubos principales con pernos, los motores cuentan como eje de transmisión de potencia un tubo saliente el cuál se ensambla el tubo principal de las cortinas de medida $\frac{3}{4}$ de pulgada provocando el giro y por ende la apertura y cierre de las cortinas.

Figura 33

Instalación de motor en cortinas



Los motores enrolladores cuentan con un escalador que cumple la función de guiar el motor a lo largo de un tubo inoxidable de $\frac{3}{4}$ de pulgada empotrado al suelo, como también evitar el giro de la estructura del motor en lugar del eje, lo que provocaría daños en el invernadero y el actuador.

Figura 34

Dispositivo escalador del motor



Instalado los motores se determinan los puntos extremos de apertura y cierre de las cortinas, se configuran los finales de carrera que están incorporados en los motores enrolladores los cuales provocan su paro en función de la estructura del invernadero y de la configuración del usuario.

Figura 35

Perillas de configuración de finales de carrera.



Figura 37

Contactor seleccionado



Una vez energizada las bobinas, el contactor alimenta a los motores y provocan su giro en un sentido, para el cambio de giro se utiliza un relé diferente del módulo y se sigue el mismo procedimiento, el relé alimenta la bobina del contactor y este a la vez da paso a la energización del motor en este caso provocando el giro contrario.

Es de suma importancia mencionar que entre los contactores y los actuadores de potencia existen dispositivos de seguridad denominados relés térmicos, los cuales cumplen con la función de proteger a los motores contra sobrecargas permitiendo de esta manera alargar su vida útil y continuidad en el desarrollo de su trabajo.

Figura 38

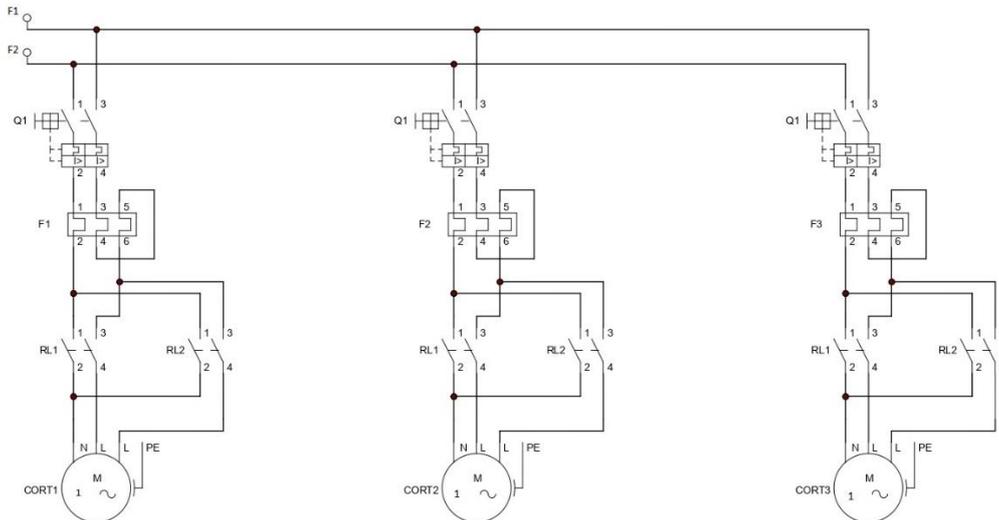
Relé térmico, dispositivo de protección.



Para el análisis del circuito implementado se muestra el plano eléctrico.

Figura 39

Diagrama de potencia

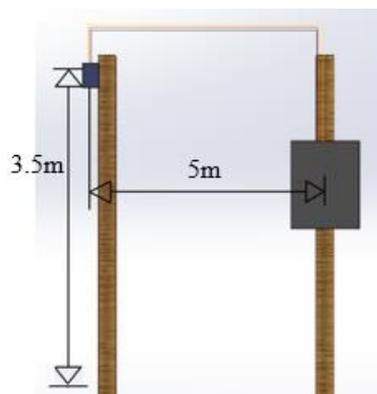


3.5 Montaje de sensor de humedad

Para la implementación del sensor de humedad se determina junto con el encargado del invernadero la ubicación que le permita una lectura óptima de la humedad relativa y en la cual no esté expuesto directamente a agentes químicos utilizados en la plantación ya que esto podría provocar variaciones en la lectura y daños en el dispositivo.

Figura 40

Ubicación del sensor con respecto la caja de control

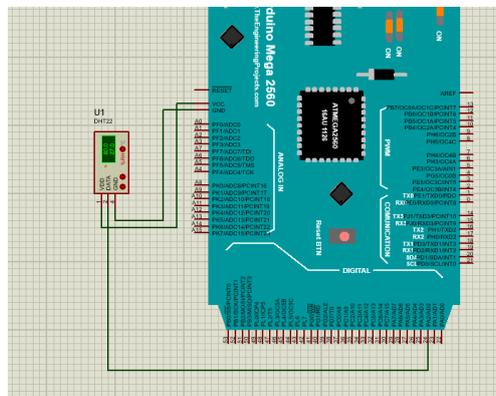


El sensor posee un circuito de calibración integrado en su placa y por esta razón requiere únicamente de tres pines de conexión, el de alimentación, tierra y datos.

El voltaje de entrada debe ser de 3V a 6V suministrados por la placa de Arduino, el pin GND de Arduino cierra el circuito de alimentación y se requiere una entrada digital para el ingreso de datos leídos por el sensor, se adjunta el esquema de conexión hacia la placa.

Figura 41

Conexión de DHT22 a Arduino



3.6 Interfaz para el usuario

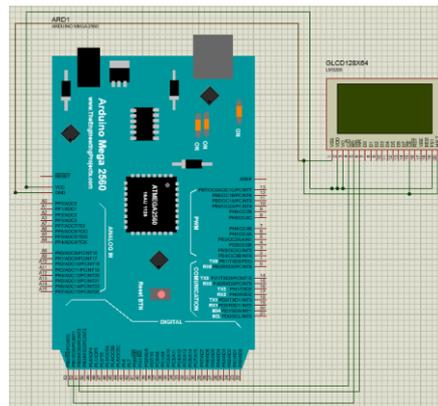
El panel que permite al usuario controlar el sistema es el GLCD128x64 modelo S7920, este abarca una serie de información y diferentes elementos visuales brindando una interacción eficiente con los múltiples comandos existentes.

Para la conexión del GLCD a la placa Arduino y obtener mediante programación todas sus funcionalidades es necesario utilizar un módulo de comunicación I2C y de esta manera ocupar únicamente 4 pines y no 20 que son los predeterminados, pero existe el problema que el módulo de comunicación no soporta los datos de un lcd gráfico sino solo de un lcd, por ende se opta en conectar los pines de comunicación necesarios para el

intercambio de información inhabilitando los ajustes de brillo, Reset, giro de pantalla y demás.

Figura 42

Diagrama de conexión GLCD s7920-Arduino



3.6.1 Pantallas

Debido a que el sistema consta de modo manual y automático de funcionamiento las interfaces para el control de éstos tienen diferentes elementos visuales y de control, aquí se detallan las diferentes ventanas y su descripción.

En la sección de funcionamiento automático se inicia con el sesteo de los motores a el punto inicial, en este proceso se indica a el usuario la bienvenida a la sección, el aviso del procedimiento y el porcentaje de avance para completar la fase.

Figura 43

M. Automático posicionamiento



Cumplido el seteo el sistema está listo para posicionar las cortinas en función a la humedad actual del invernadero, en esta sección la interfaz indica el modo del sistema “AUTOMÁTICO”, con la fuente de mayor tamaño el porcentaje de humedad y su descripción que cambia de “BAJA”, “NORMAL” y “ELEVADA”, el estado de las ventanas que varían entre “CERRADAS”, “MEDIA”, “ELEVADAS”, se indica además la temperatura en grados Celsius, y una simulación gráfica del movimiento de las cortinas.

Figura 44

M. Automático Principal



En el cambio al modo manual se inicia con una pantalla de aviso que da la bienvenida al usuario a la sección y solicita posicionar la perilla de acción al punto neutro esto como método de desbloqueo de actuadores y así evitar que se activen de manera desprevenida, se encuentra también el gráfico modelo de la posición de perilla requerida, y el modo en el que se encuentra.

Figura 45

M. Manual Requisito



Al posicionar perilla se ingresa a una segunda pantalla que es la de control, en esta se encuentra con la fuente más grande la lectura del porcentaje de la humedad relativa actual, el modo del sistema, la temperatura en grados Celsius, y el estado de la perilla modificándose a “MOTORES EN ESPERA”, “ELEVANDO CORTINAS”, “CERRANDO CORTINAS”, es importante mencionar que en cada posición de la perilla se muestra una figura visual que indica la dirección de movimiento de las cortinas.

Figura 46

M. Manual Control



3.7 Tablero de control

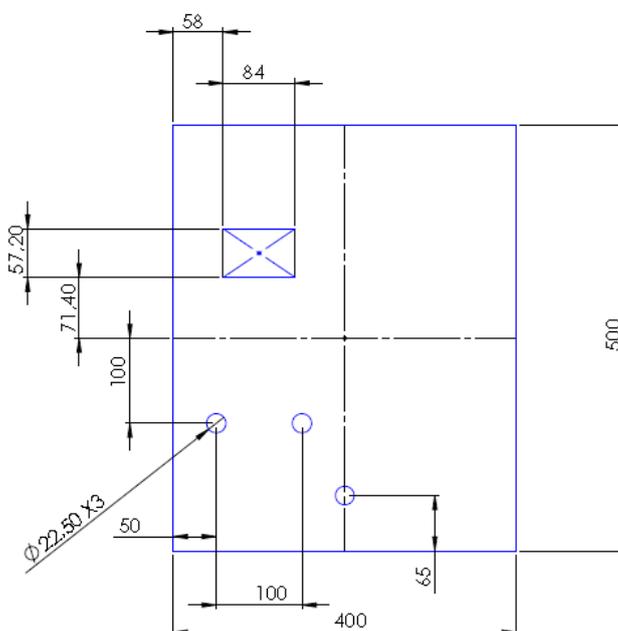
El tablero de control seleccionado es de 40x50cm con protección IP54 lo cual defiende los componentes de agentes externos como polvo y humedad, su puerta tiene una cerradura y llave de apertura y cierre, consta de dos ranuras cubiertas inferior y superior para la salida y entrada de cables, y bisagras de presión que limitan el grado de apertura de la puerta.

El tamaño fue seleccionado mediante un análisis con los componentes seleccionados en mano, lo que brinda una visión más clara de las dimensiones óptimas para su implementación como también de los canales por donde se guiaría los cables de potencia y control.

Debido a la falta de herramientas de corte, se provee los planos de ubicación de los dispositivos externos a técnicos especializados en el corte de láminas de acero, esto con el fin de salvaguardar la integridad física, obteniendo como resultado el tablero con las aberturas disponibles para la instalación de los selectores y el GLCD.

Figura 47

Plano de ubicación de dispositivos externos



Se inicia el proceso de ensamble del tablero con la ubicación temporal de los dispositivos a integrarse para determinar posiciones y distancias entre dispositivos. Culminado este proceso se perfora la lámina y se coloca los rieles, las canaletas y los dispositivos, selectores, GLCD y paro de emergencia. Se continua con las conexiones eléctricas de los elementos de control y seguridad como relés y contactores, se desarrolla el trabajo de esta manera puesto que el invernadero se encuentra distante del lugar de residencia.

Figura 48

Instalación de canaletas, GLCD, Selectores, rieles carcasas.



La instalación de la placa Arduino, módulo de relés, se realiza en el lugar de implementación, con el fin de realizar pruebas de funcionamiento y configuraciones de tiempos y límites superiores e inferiores de las cortinas. Finalmente se instala el tablero de control a una altura de 1.5m del piso, y se cubre los cables de potencia de ingreso y salida con material plástico aislante por seguridad del usuario.

Figura 49

Instalación de tablero completo.



En la parte externa del tablero se encuentra la interfaz del usuario y las perillas de mando, permitiendo el control del sistema y la lectura de las variables ambientales. Se

denomina la perilla de dos posiciones izquierda como le control del modo del sistema ya que con esta se selecciona el funcionamiento manual lo automático, la perilla de tres posiciones derecha se denomina como perilla de acción, puesto que en el modo manual permite maniobrar los motores en función de las necesidades del encargado del invernadero, éste si se gira hacia la derecha provoca que las cortinas se eleven, y si se gira al lado izquierda las cortinas se cierran, tiene un punto neutro lo que permite el cambio de giro sin problemas de corto circuitos.

Figura 50

Tablero instalado



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS.

4.1 Pruebas de funcionamiento del sistema

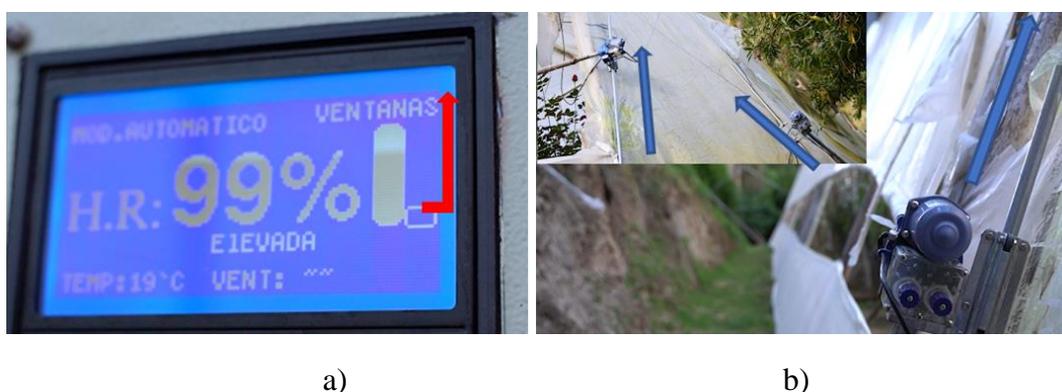
Finalizada la instalación del sistema, se realizan las pruebas de funcionamiento de todos sus componentes, se configuran niveles de parada de los motores, tiempo de seteo y niveles de humedad establecidos.

En el ingreso al modo automático se envía la señal para el seteo de los motores hacia un punto inicial, los motores tienen una velocidad determinada en función de la carga es decir que hasta 50 N.m la velocidad es de 33 rev/min y en adelante hasta 100N.m es de 28 rev/min debido a esto se hace necesaria la configuración del tiempo de seteo puesto que al cerrar las cortinas los motores avanzan a su velocidad elevada.

Dentro del sistema automático se comprueba el funcionamiento de acuerdo a lo establecido en los parámetros de humedad, por ende, las cortinas modifican su posición establecida permitiendo mantener la humedad interna en niveles normales.

Figura 51

Accionamiento automático



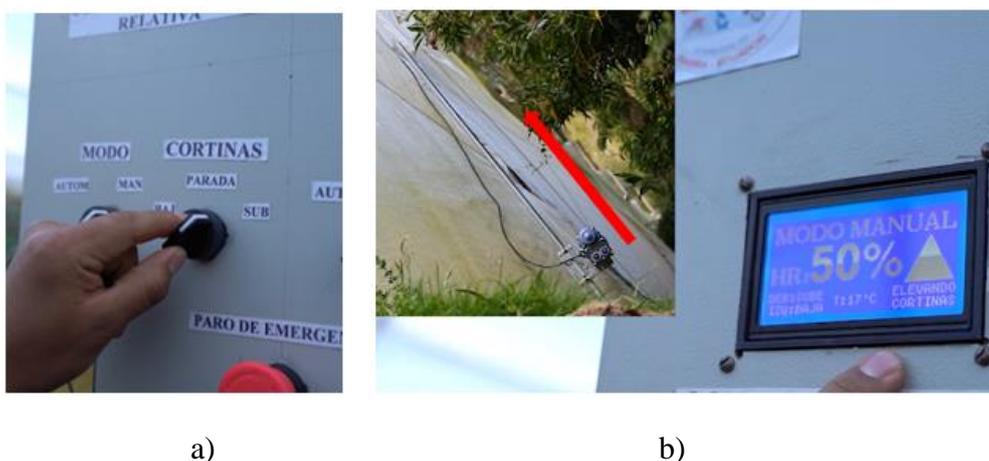
Nota. a) Muestra el nivel de humedad y el elemento grafico describe el movimiento de

los actuadores, b) motores activados de manera automática en dirección de apertura.

En el ingreso al modo manual por razones de seguridad se establece la primera pantalla que es de solicitud de posicionamiento de perilla a la posición neutral, una vez cumplido con el requisito se ingresa al sistema de control manual, se procede las pruebas de funcionamiento y los motores obedecen a los comandos manipulados por el encargado del invernadero.

Figura 52

Accionamiento Manual



Nota. a) Posicionamiento de perilla de acción de motores en el modo manual, b) mensaje y elemento grafico describiendo acción y dirección de motores.

Se desarrolló una prueba de funcionamiento del GLCD previa a su instalación en el tablero obteniendo un funcionamiento óptimo, pero instalado en la caja de control se tiene problemas de visualización, interferencias, reseteos imprevistos, y variaciones de las figuras visuales implementadas, para solucionar el problema se optó por conectar el pin PSB del GLCD al GND de la placa Arduino lo que solucionó el problema, esto debido a que el pin PSB determina el modo de ingreso de datos del GLCD.

Para el paro de emergencia se utiliza la función de interrupción de la placa Arduino, esta función permite detectar una señal de ingreso sea este 0 o 1 con precisión y tomar acciones, debido a que el pulsados de paro de emergencia es Normalmente Cerrado se implementa la función FALLING en el microcontrolador con el fin de detectar cualquier pulso negativo y detener el sistema, en las pruebas realizadas se observa el correcto funcionamiento del paro debido a que brinda una respuesta rápida y detiene los actuadores de potencia.

Figura 53

Accionamiento de paro de emergencia



Nota. a) Activación del paro de emergencia por parte del usuario, b) disparo de pantalla de emergencia y detención de actuadores.

Con el fin de constatar la correcta medición del valor ambiental se realiza una comparación entre el valor brindado por el sensor DHT22 en la interfaz del sistema y el higrómetro implementado en el invernadero, obteniendo una variación de humedad mínima de 2%.

Figura 54

Comparacion de valores ambientales



Nota. Comparación de datos obtenidos por el sistema mediante el sensor DHT22 y el higrómetro con el que cuenta el invernadero.

4.2 Costos

Son todos los valores monetarios que se utiliza en un periodo determinado de tiempo con el fin de desarrollar proyectos, servicios, o cualquier fin que permita su recuperación.

4.2.1 Costos directos

Este tipo de costos es el que tiene una relación directa con la realización del proyecto de control, por esta razón la variación de los valores monetarios en esta sección afecta directamente a la definición del producto final. (Amparo, 2019)

A continuación, se detallan los costos determinados como directos correspondientes a implementación del sistema de control, adquisición de componentes, y demás.

Tabla 10.*Costos directos*

| Rubro | Cantidad | Valor Unitario | Total |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| Motor enrollador | 3und | \$ 110,00 | \$ 330,00 |
| Microcontrolador Arduino Mega 2560 | 1und | \$ 25,00 | \$ 20,00 |
| GLCD 128x64 | 1und | \$ 15,00 | \$ 15,00 |
| Módulo de Relés x8 | 1und | \$ 12,00 | \$ 12,00 |
| Sensor DHT22 | 1und | \$ 10,00 | \$ 10,00 |
| Caja de control 40x50cm | 1und | \$ 46,00 | \$ 46,00 |
| Conductores AWG#16 | 4 roll | \$ 38,00 | \$ 152,00 |
| Conductores de señal#22 | 25m | \$ 0,20 | \$ 5,00 |
| Cables de conexión electrónica. | 60und | \$ 0,10 | \$ 6,00 |
| Tubo galvanizado 3/4 | 3und | \$ 3,00 | \$ 9,00 |
| Contactador | 2und | \$ 7,00 | \$ 14,00 |
| Relé térmico | 3und | \$ 4,50 | \$ 13,50 |
| Selector de 2 posiciones | 1und | \$ 2,00 | \$ 2,00 |
| Selector de 3 posiciones | 1und | \$ 2,50 | \$ 2,50 |
| Paro de emergencia | 1und | \$ 2,25 | \$ 2,25 |
| Canaleta | 1und | \$ 3,50 | \$ 3,50 |
| Riel | 1und | \$ 4,00 | \$ 4,00 |
| Borneras | 3und | \$ 0,25 | \$ 0,75 |
| Cinta aislante | 2und | \$ 0,50 | \$ 1,00 |
| Agujeros de caja | 1und | \$ 5,00 | \$ 5,00 |
| | | TOTAL | \$ 647,50 |

4.2.2 Costos indirectos

El costo indirecto es el que afecta al proceso de desarrollo del proyecto, este varía en función al producto final objetivo, se recalca que los valores monetarios definidos indirectos no se relacionan de manera puntual con un producto en específico si no que se lo toma de forma general, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 11.

Costos indirectos

| Rubro | Cantidad | Valor | | Total |
|--------------------------|-----------------|-----------------|------|------------------|
| | | Unitario | | |
| Plástico termo retráctil | 10und | \$ | 1,25 | \$ 12,50 |
| Plástico guía de cables | 1und | \$ | 2,00 | \$ 2,00 |
| Tornillo-Pernos-Rodenas | 40und | \$ | 0,15 | \$ 6,00 |
| Broca 3/8 | 2und | \$ | 0,75 | \$ 1,50 |
| Extensión | 1und | \$ | 6,00 | \$ 6,00 |
| Toma Corriente | 1und | \$ | 2,00 | \$ 2,00 |
| Enchufe | 1und | \$ | 1,00 | \$ 1,00 |
| Transporte | 30und | \$ | 3,00 | \$ 90,00 |
| Silicona | 1und | \$ | 1,00 | \$ 1,00 |
| Amarras plásticas | 10und | \$ | 0,05 | \$ 0,50 |
| Luz | 2mes | \$ | 8,00 | \$ 16,00 |
| Agua | 2mes | \$ | 3,00 | \$ 3,00 |
| TOTAL | | | | \$ 141,50 |

4.2.3 Mano de obra

Es importante detallar el costo de mano de obra puesto que nos permite determinar en el costo total que tiene el sistema para su implementación, para este fin analiza el tiempo que toma la instalación del proyecto de inicio a fin y su valor monetario.

Tabla 12.

Costos de mano de obra

| Tiempo(h) | Costo | Total |
|------------------|--------------|--------------|
| 40 | \$ 6,00 | \$240,00 |

4.2.4 Costo total

El resultado del costo total es la integración de los costos directos e indirectos en los cuales se detallan todos los valores monetarios que se invirtieron para la consecución del proyecto de control hasta su implementación y funcionamiento.

Tabla 13.

Total de la inversión

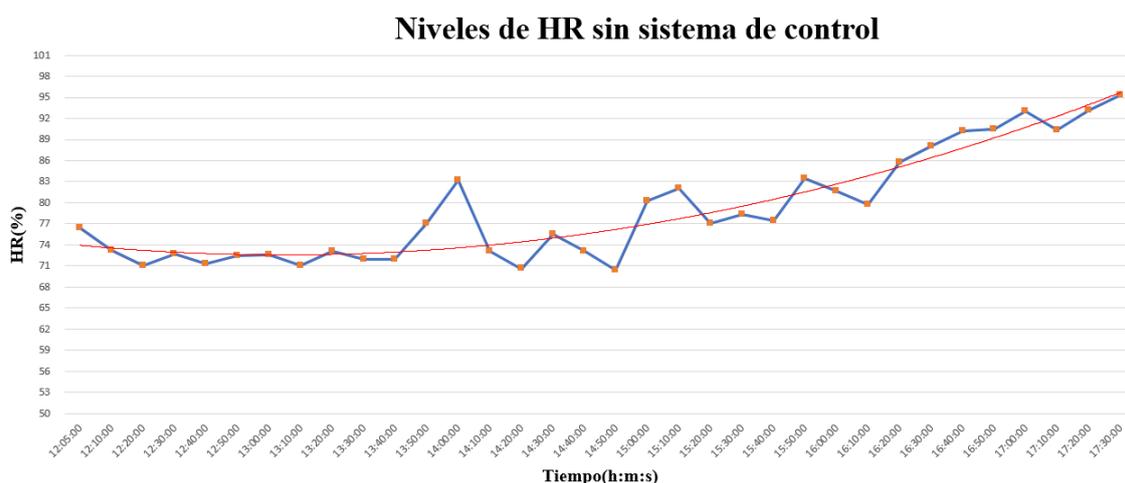
| Detalle | Valor |
|-------------------|----------------|
| Costos directos | \$ 647,50 |
| Costos indirectos | \$ 141,50 |
| Mano de obra | \$ 240,00 |
| TOTAL | \$ 1029 |

4.3 Resultados

A continuación se muestra el gráfico del comportamiento de la humedad relativa realizado con datos del sistema en el modo manual, en este modo el encargado puede manipular las cortinas en función de sus conocimientos y necesidades, se recalca que las lecturas almacenadas en los dos modos de funcionamiento se realizan a partir del medio día ya que en esta fase se dan las variaciones más bruscas de la humedad en el invernadero debido a los cambios de temperatura externa, tabla de datos en Anexo 9.

Figura 55

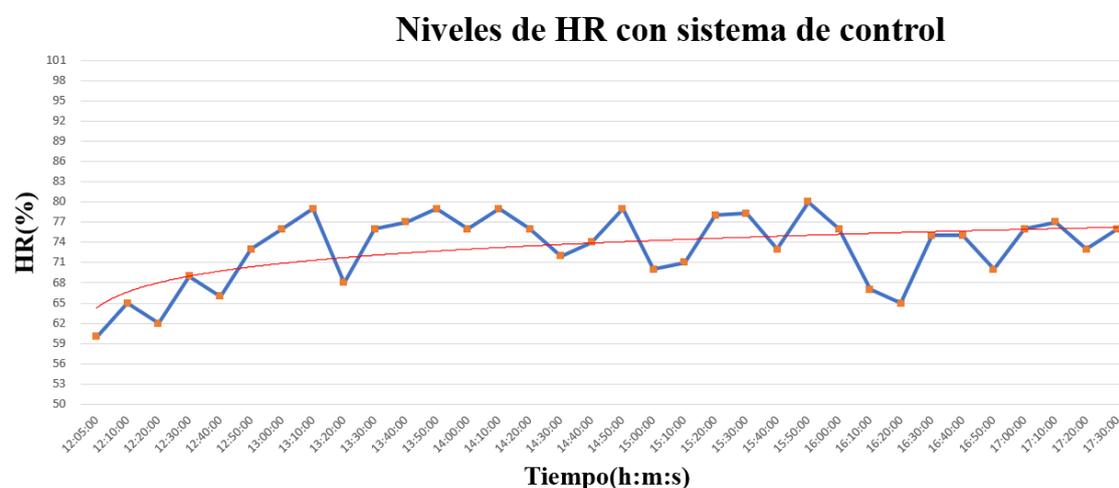
Comportamiento de HR sin el sistema automático



Para un análisis comparativo se realiza una gráfica de comportamiento de la humedad relativa en base a los datos obtenidos por el sistema en el modo automático, es importante mencionar que el proceso de almacenamiento de lecturas se realiza en días seguidos lo cual garantiza similares condiciones ambientales y datos acercados a la realidad para su comparación, tabla de datos en Anexo10.

Figura 56

Comportamiento de la HR con el sistema automático.



Como se puede observar en las gráficas de la HR anexadas, el comportamiento varía al implementar el sistema automático, esto debido a que existe una manipulación constante de las cortinas en función de la humedad interna. Con este modo de funcionamiento la tendencia de la humedad es a permanecer dentro de los rangos permisibles.

Por el contrario, en el modo manual el encargado del invernadero debido a que tiene diferentes actividades a desarrollar como riego, corte, fumigación, control de plagas, embalaje, transporte de rosas y demás, deja de lado el control constante de humedad y manipulación cortinas, por esta razón se puede llegar a tener valores extremos que ponen riesgo la producción y la calidad de la plantación en el invernadero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- A partir de conocimientos del encargado del invernadero y fuentes bibliográficas relacionadas se implementan rangos de humedad en 3 niveles; baja, media y elevada, los cuales estructuran el sistema de control por bandas utilizado en el modo automático.
- Los motores enrolladores GMA100-S puestos en marcha son los apropiados para este tipo de trabajo puesto que brindan ventajas económicas y funcionales superiores en comparación a métodos de ensamble de motorreductores existentes en el mercado local como, finales de carrera integrados, circuito interno de protección a cortos, menor peso, bajo ruido, elevado par y protección IP55.
- Se integra un microprocesador nano encargado únicamente de la transmisión de datos desde el microprocesador central hacia el módulo de relés con el fin de robustecer las señales de salida de mando de los motores enrolladores.
- El comportamiento de la humedad relativa interna del invernadero con el funcionamiento del modo automático del sistema de control tiende a mantenerse en valores permisibles por periodos de tiempo prolongados, gracias a la lectura de la variable y posicionamiento de cortinas constantes.
- Con la implementación del sistema se disminuye la posibilidad de ocurrencia de accidentes que conllevaba la manipulación manual de las cortinas, puesto que por su longitud el peso puede ascender hasta 78kg y por esta razón se destinaba el trabajo únicamente al encargado con las condiciones físicas necesarias.

5.2 Recomendaciones

- Revisar el manual de usuario previo y durante el uso del sistema con el fin de evitar malas prácticas que pueden causar daños en los componentes electrónicos, y actuadores de potencia.
- El empotrado del tubo galvanizado guía debe ser fijado con la ayuda de elementos de construcción como cemento, ripio y arena, lo que permitirá evitar las sacudidas del motor a causa del viento.
- Inspeccionar constantemente el estado de los finales de carrera integrados en los motores, puesto que se encuentran al alcance para su configuración y estos puede variar su posición a causa de factores externos no considerados.
- Colocar separadores entre el tubo guía del motor y las columnas del invernadero con el fin de evitar el desgaste del plástico de recubrimiento a causa del roce con el escalador, proporcionando de esta manera mayor vida útil y evitar su frecuente reemplazo.
- Evitar el contacto directo de productos químicos sobre el sensor de humedad DHT22 puesto que puede interferir con la correcta lectura y transferencia de datos ambientales hacia el sistema de control.

REFERENCIAS.

- Aldea, E. L. (2015). *Arduino Guía práctica de fundamentos y simulación*. Madrid: RA-MA Editorial.
- Alvarez, A. (2016). *Sistema Automático de fertirrigación y riego por goteo para la empresa florícola Maporex & Ross*. Ibara: Universidad Técnica del Norte.
- Amparo, P. B. (2019). *Módulo de costos de producción*. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/126085>: Ediciones USTA.
- Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador EXPOFLORES. (2017). *Informe del primer trimestre del 2017*. Quito: CIM.
- BCE. (2020). *Evolución de la balanza comercial*. Quito.
- Calvache, A. (2017). Cultivo de Rosas para la Exportación. *Rumipamba Vol.XXIV-Nº 1*, 2.
- Castellanos, I. (2012). *Sistemas de automatización*. Cuba: Editorial Feijóo.
- Criollo, A. (2017). *ESTUDIO FENOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE DIEZ VARIETADES DE ROSA (ROSA SP.), EN DOS CICLOS DE PRODUCCIÓN, EN IMBABURA-SAN PABLO*. Tesis de Ingeniería: Universidad Central del Ecuador.
- Daneri, P. (2009). *PLC: automatización y control industrial*. Buenos Aires: Editorial Hispano Americana HASA.
- Domínguez, D. (2016). LA CENICILLA DEL ROSAL. *redalyc.org*, 904-908.
- Fundación Produce Chiapas, a.c. (2009). *Manual de producción de la rosa*. Mexico: soluciones estratégicas.
- Greenhouse Technology Co.,Ltda.* (2019). Beijing.
- ImportPegasus. (2018). *Catálogo Electrico*. Quito.
- Liu, T. (2016). *Sensor DHT22 Data Sheet*. Aosong Electronics Co., Ltd.
- Ramirez, C. D. (2013). Análisis de control biológico de Trips en el cultivo de Rosas spp del Ecuador. *SATHIRI*, 46-51.
- Ramirez, C., & Jiménez, A. (2019). *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino(2a. ed)*. Cd. de México: Grupo Editorial Patria.
- Rodríguez, N. R. (2018). *Mantenimiento y manejo de invernaderos*. Málaga: Ic.
- Serrano, Z. (2008). *Construcción de Invernaderos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Tendero, D. (2007). La ventilación natural y su mecanización en invernaderos. *Revista Horticultura*, 26-31.
- VIAKON. (2016). *Tablas de ampacidad*. Monterrey: VIAKON.

- XIAMEN AMOTEC DISPLAY CO.,LTD. (2008). *ESPECIFICATION OF LCD MODULES*. XIAMEN: CHEN.
- Yong, A. (2018). El cultivo de rosal y su propagación. *Cultivos Tropicales*, 53-67.
- Colcha, H. (2016). Implementación de un sistema de control difuso de la humedad relativa en un invernadero de tomate. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Coba, D. (2014). Automatización de un invernadero, e implementación de un sistema automático de riego. (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del motor

ACOM



AFT202-251113_Rev01

**MOTOR ENROLLABLE
ACOM 220V**

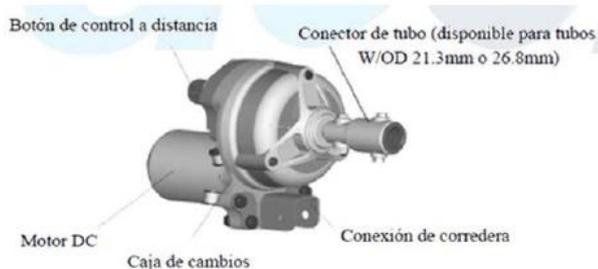
FICHA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS

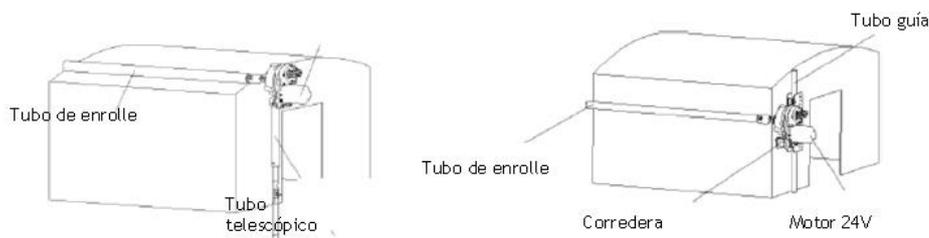
- Diseñado para sistemas de ventilación de plástico enrollables
- Apto para enrollamientos en la cubierta y en el lateral
- Control con mando a distancia
- En el caso de enrollamiento de cubierta se precisa una barra telescópica
- Resistente a las inclemencias meteorológicas



- Partes del motor y fotografía del montaje en el invernadero



-Colocación del motor según el tipo de ventilación (lateral o de cubierta)



FICHA TÉCNICA

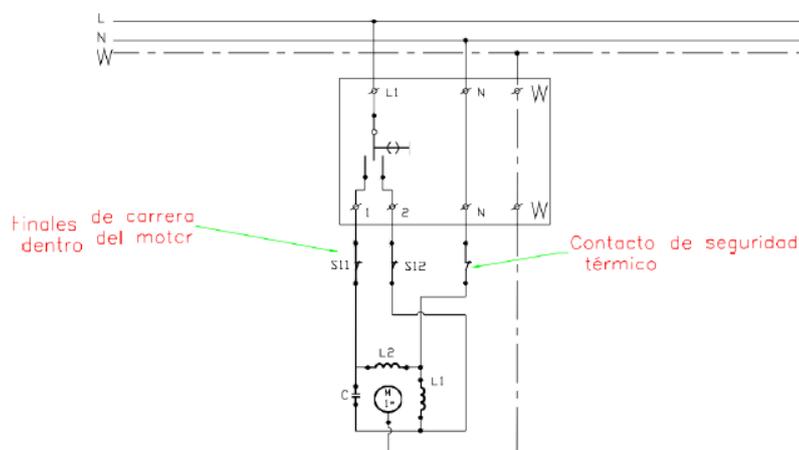
MOTOR ENROLLABLE ACOM 220V

ESPECIFICACIONES

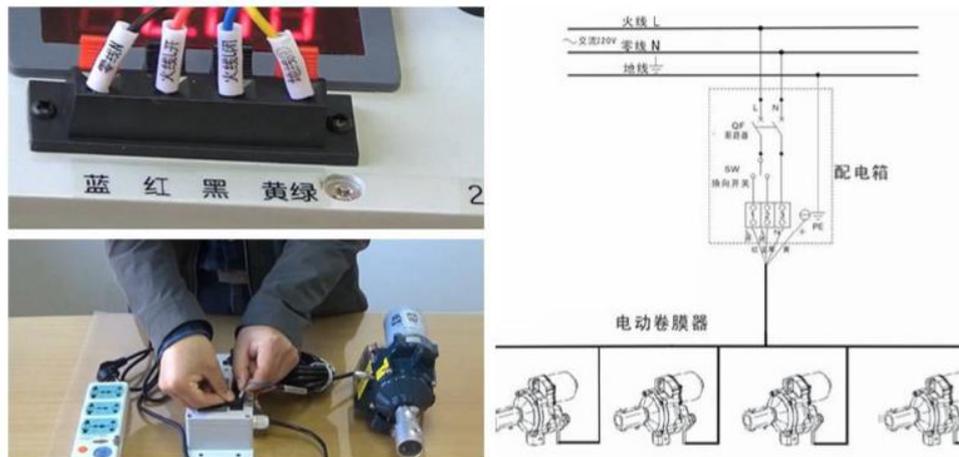
| Ref. | Descripción | Características técnicas | 60 Hz | Dimensiones mm | | |
|------|--------------------------------------|---------------------------|-------|----------------|-----|-----|
| | | | | L | A | H |
| 82 | MOTOR ENROLLABLE 24V ACOMEUR-B | Velocidad de rotación rpm | 3,3 | 265 | 140 | 160 |
| | | Energía de salida W | 100 | | | |
| | | Par máximo de salida Nm | 80 | | | |
| | | Voltaje V | 220 | | | |
| | | Peso Kg | 3,8 | | | |

- Esquema de conexión interna del motor

ESQUEMA UNIFILAR FINAL DE CARRERA MOTORES ENROLLABLES: MONOFASICO
35 - 50 Nm



-Esquema de conexión externa de motores.

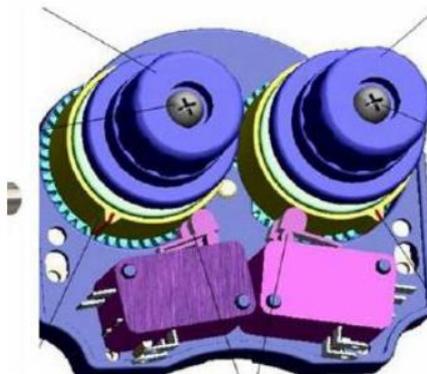


A prueba de sobrecarga

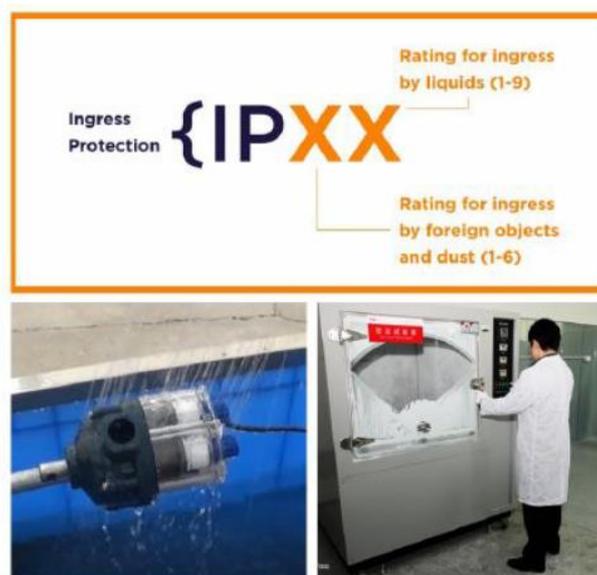
Cuando la carga es de 1,5 veces el par nominal, el dispositivo de protección contra sobrecargas se pondrá en marcha, el motor se detendrá, después de 5-6 minutos, el motor volverá a arrancar, esto evitará que el motor se queme abajo.



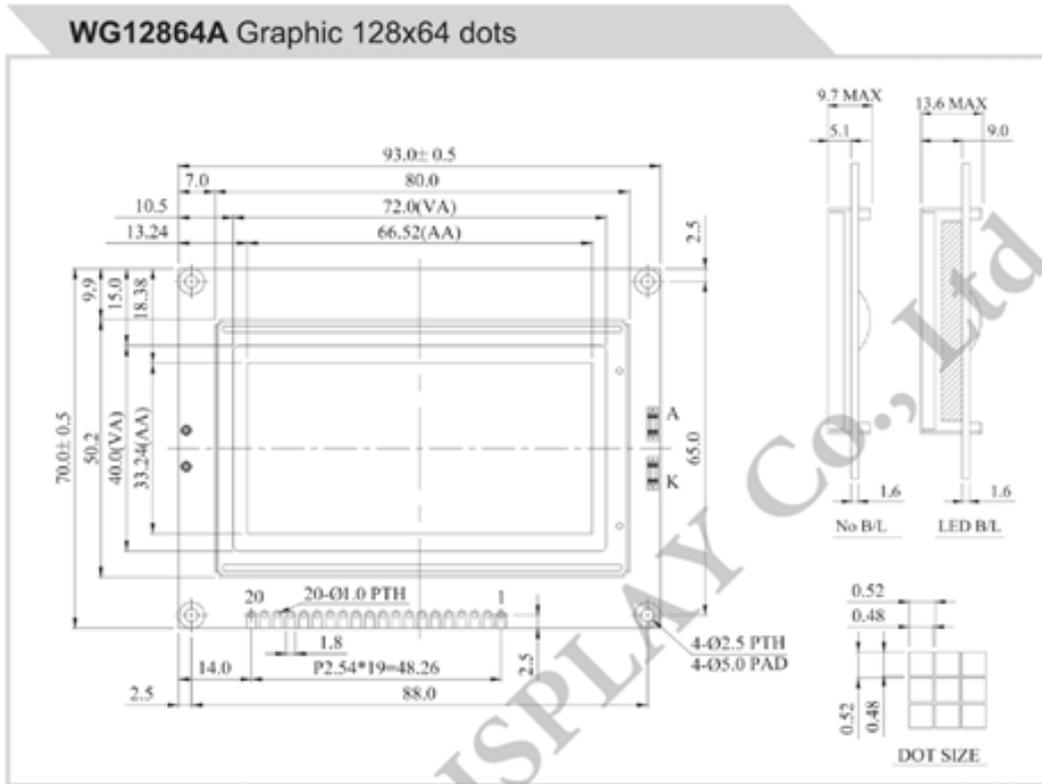
Protección Final de carrera doble, baja tasa de fracaso
 Dispositivo final de carrera doble, tasa de fracaso es inferior a 0,5% dentro de los 5 años.



Grado de protección de entrada: IP55, anti condensación agregada para proteger la seguridad del diagrama de circuito



Anexo 2. Interfaz GLCD 128x64



Feature

1. Built-in controller (NT 7108 or equivalent)
2. 5V power supply
3. 1/64 duty cycle
4. WG12864AB: N.V. option for 3.3V
5. WG12864A1: double-row interface

| Pin No. | Symbol | Description |
|---------|-----------------|-------------------------------------|
| 1 | V _{SS} | Ground |
| 2 | V _{DD} | Power supply for logic |
| 3 | V _O | Contrast Adjustment |
| 4 | D/I | Data/Instruction select signal |
| 5 | R/W | Read/Write select signal |
| 6 | E | Enable signal |
| 7 | DB0 | Data bus line |
| 8 | DB1 | Data bus line |
| 9 | DB2 | Data bus line |
| 10 | DB3 | Data bus line |
| 11 | DB4 | Data bus line |
| 12 | DB5 | Data bus line |
| 13 | DB6 | Data bus line |
| 14 | DB7 | Data bus line |
| 15 | CS1 | Select Column 1~ Column 64 |
| 16 | CS2 | Select Column 65~ Column 128 |
| 17 | /RES | Controller reset signal, Active Low |
| 18 | V _{BE} | Negative Voltage Output |
| 19 | A | Power supply for B/L + |
| 20 | K | Power supply for B/L - |

Mechanical Data

| Item | Standard Value | Unit |
|------------------|----------------|------|
| Module Dimension | 93.0 x 70.0 | mm |
| Viewing Area | 72.0 x 40.0 | mm |
| Mounting Hole | 88.0 x 65.0 | mm |
| Dot Pitch | 0.52 x 0.52 | mm |
| Dot Size | 0.48 x 0.48 | mm |

Electrical Characteristics

| Item | Symbol | Standard Value | Unit |
|---|--------|----------------|------|
| | | typ. | |
| Input Voltage | VDD | 5.0 | V |
| Recommended LCD Driving Voltage for Normal Temp. Version module @25°C | VDD-V0 | 8.90 | V |

Anexo 1. Ficha Técnica Sensor DHT22

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

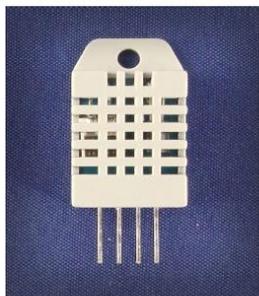
<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

AM2303



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated
- * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal
- * Outstanding long-term stability
- * Extra components not needed
- * Long transmission distance
- * Low power consumption
- * 4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements are connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

| | |
|-----------------|--|
| Model | AM2303 |
| Power supply | 3.3-6V DC |
| Output signal | digital signal via single-bus |
| Sensing element | Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature |
| Measuring range | humidity 0-100%RH; temperature -40~125Celsius |

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

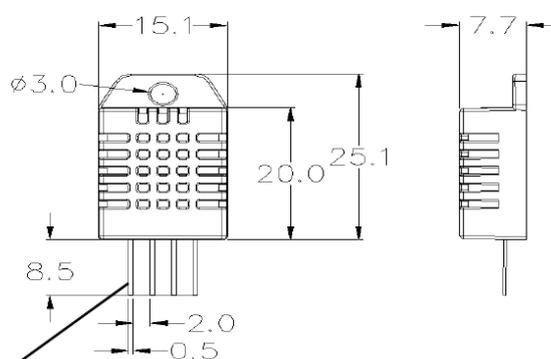
http://www.aosong.com

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

| | | |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Accuracy | humidity +2%RH(Max +5%RH); | temperature +0.2Celsius |
| Resolution or sensitivity | humidity 0.1%RH; | temperature 0.1Celsius |
| Repeatability | humidity +-1%RH; | temperature +-0.2Celsius |
| Humidity hysteresis | +-0.3%RH | |
| Long-term Stability | +-0.5%RH/year | |
| Sensing period | Average: 2s | |
| Interchangeability | fully interchangeable | |

4. Dimensions: (unit---mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

| Pin | Function |
|-----|------------------|
| 1 | VDD—power supply |
| 2 | DATA—signal |
| 3 | NULL |
| 4 | GND |

5. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

http://www.aosong.com

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

AM2303 send out higher data bit firstly!

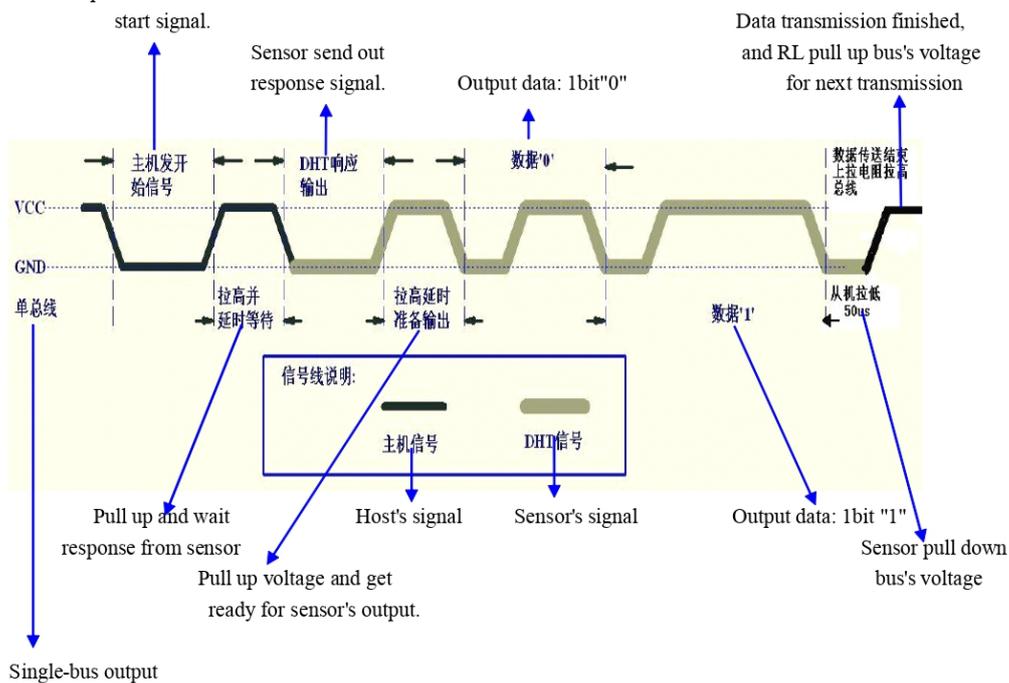
DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, AM2303 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, AM2303 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, AM2303 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from AM2303. AM2303 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:

Host computer send out



Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

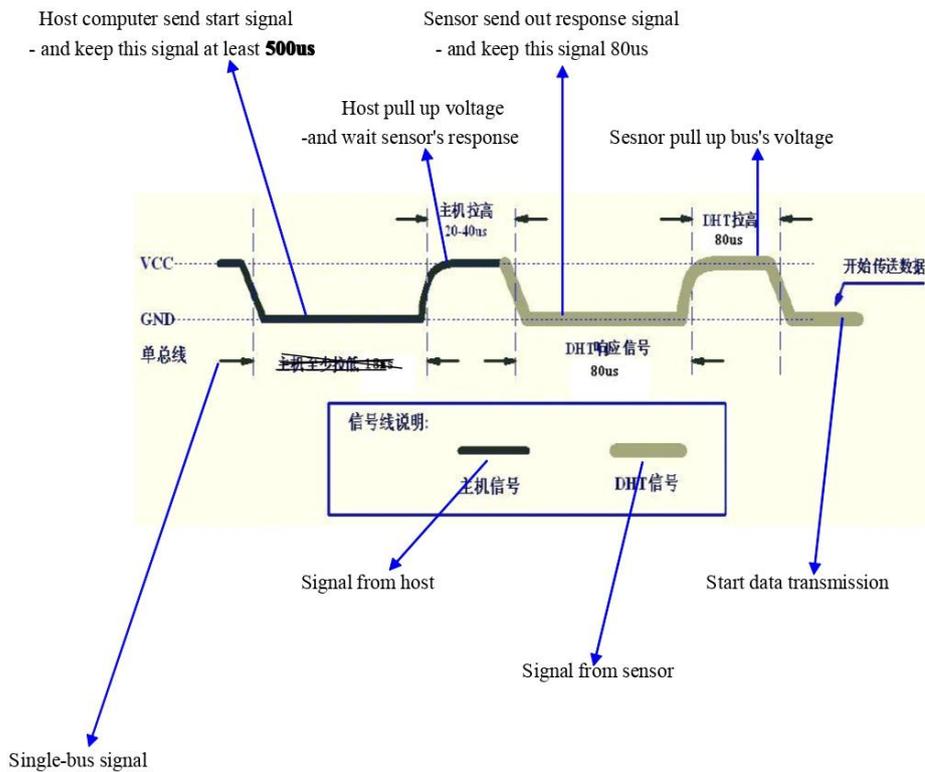
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

2) Step 1: MCU send out start signal to AM2303

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and AM2303 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 18ms to ensure AM2303 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for AM2303's response.

Check bellow picture for step 1:



Step 2: AM2303 send response signal to MCU

When AM2303 detect the start signal, AM2303 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of AM2303 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for AM2303's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

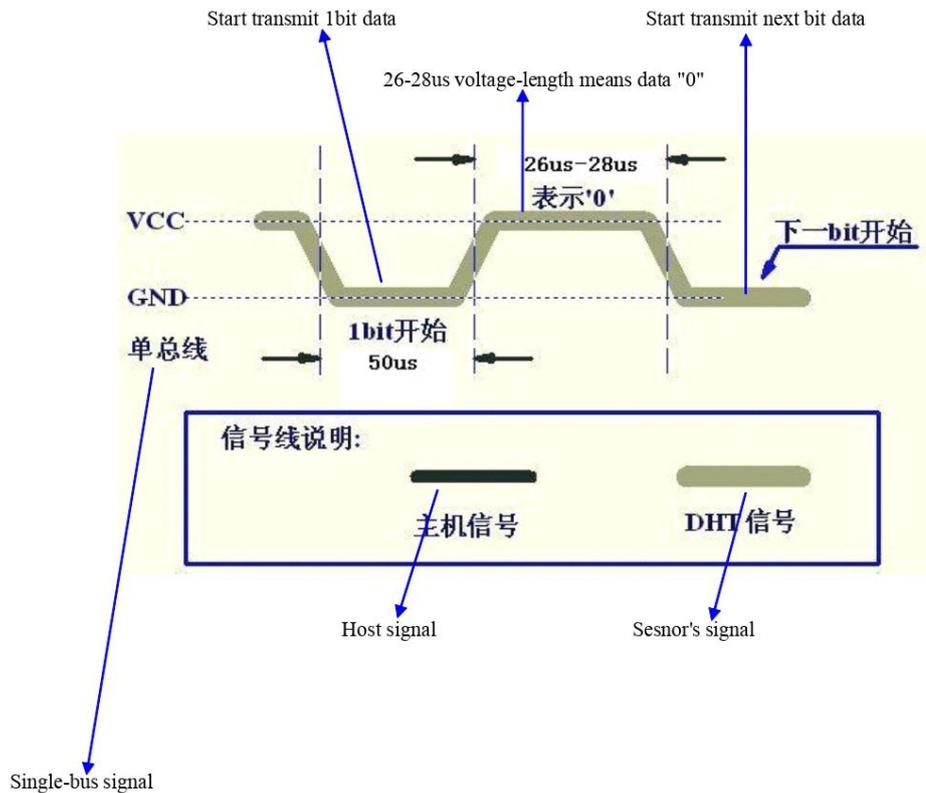
Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China



Step 3: AM2303 send data to MCU

When AM2303 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn sales@aosong.com

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere AM2303's sensitive-elements and debase AM2303's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

AM2303 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase AM2303's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

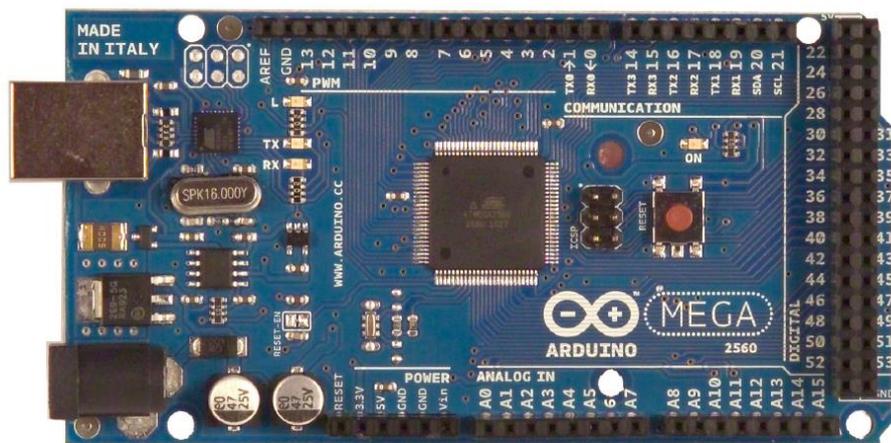
* Avoid using the sensor under dew condition.

* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of AM2303 may cause personal injury.

Anexo 2. Ficha técnica de la placa Arduino Mega 2560



Arduino Mega 2560 Datasheet





Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

| | |
|-----------------------------|---|
| Microcontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 14 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.



The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH



value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I²C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

Anexo 3. Ficha Técnica Contactor 9AMP-220V-C3

Ficha técnica del producto Características

LC1D09M7

Contactor 3 polos - 9A - 220V AC - NANC



Principal

| | |
|---|---|
| Gama | TeSys |
| Nombre del producto | TeSys D |
| Tipo de producto o componente | Conector |
| Nombre corto del dispositivo | LC1D |
| Aplicación del contactor | Control del motor Carga resistiva |
| Categoría de empleo | AC-4 AC-3 AC-1 |
| Descripción de los polos | 3P |
| Power pole contact composition | 3 NA |
| [Ue] tensión de funcionamiento nominal | Circuito de alimentación <= 690 V AC 25...400 Hz Circuito de alimentación <= 300 V CC |
| [Ie] intensidad de funcionamiento nominal | 9 A 60 °C) a <= 440 V AC AC-3 para circuito de alimentación 25 A 60 °C) a <= 440 V AC AC-1 para circuito de alimentación |
| Potencia del motor en kW | 2,2 kW a 220...230 V AC 50/60 Hz AC-3) 4 kW a 380...400 V AC 50/60 Hz AC-3) 4 kW a 415...440 V AC 50/60 Hz AC-3) 5,5 kW a 500 V AC 50/60 Hz AC-3) 5,5 kW a 660...690 V AC 50/60 Hz AC-3) 2,2 kW a 400 V AC 50/60 Hz AC-4) |
| Motor power HP (UL / CSA) | 1 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 1 fase 2 hp a 200/208 V AC 50/60 Hz para 3 fases 2 hp a 230/240 V AC 50/60 Hz para 3 fases 5 hp a 460/480 V AC 50/60 Hz para 3 fases 7,5 hp a 575/600 V AC 50/60 Hz para 3 fases 0,33 hp a 115 V AC 50/60 Hz para 1 fase |
| Tipo de circuito de control | AC at 50/60 Hz |
| [Uc] tensión del circuito de control | 220 V AC 50/60 Hz |
| Composición de los contactos auxiliares | 1 NA + 1 NC |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV conforme a IEC 60947 |
| Categoría de sobretensión | III |

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

| | |
|--------------------------------------|--|
| [Ith] Corriente térmica convencional | 25 A a <60 °C para circuito de alimentación 10 A a <60 °C para circuito de señalización |
| Irms poder de conexión nominal | 250 A a 440 V para circuito de alimentación conforme a IEC 60947 140 A AC para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 250 A CC para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 |
| Poder de corte asignado | 250 A a 440 V para circuito de alimentación conforme a IEC 60947 |
| [Icw] Corriente temporal admisible | 105 A a <40 °C - 10 s para circuito de alimentación 210 A a <40 °C - 1 s para circuito de alimentación 30 A a <40 °C - 10 min para circuito de alimentación 61 A a <40 °C - 1 mn para circuito de alimentación 100 A - 1 s para circuito de señalización 120 A - 500 ms para circuito de señalización 140 A - 100 ms para circuito de señalización |
| Fusible asociado | 10 A gG para circuito de señalización conforme a IEC 60947-5-1 25 A gG a <= 690 V tipo 1 para circuito de alimentación 20 A gG a <= 690 V tipo 2 para circuito de alimentación |
| Impedancia media | 2,5 mOhm - Ith 25 A 50 Hz para circuito de alimentación |
| [Uj] Tensión nominal de aislamiento | Circuito de alimentación 690 V conforme a IEC 60947-4-1 Circuito de alimentación 600 V CSA Circuito de alimentación 600 V UL Circuito de señalización 690 V conforme a IEC 60947-1 Circuito de señalización 600 V CSA Circuito de señalización 600 V UL |
| Durabilidad eléctrica | 0,6 Mciclos 25 A AC-1 <= 440 V 2 Mciclos 9 A AC-3 <= 440 V |
| Potencia disipada por polo | 1,56 W AC-1 0,2 W AC-3 |
| Front cover | Con |
| Soporte de montaje | Placa Rail |
| Normas | CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508 |
| Certificaciones de producto | BV LROS (Lloyds Register of Shipping) UL GOST GL DNV CSA RINA CCC |
| Conexiones - terminales | Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1...4 mm²Flexible sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1...4 mm²sólido sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 2 1...4 mm²sólido sem Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible sem Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...4 mm²Flexible sem Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm²Flexible con extremidad de cable Circuito de control Screw clamp terminals 1 1...4 mm²sólido sem Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...4 mm²sólido sem |
| Par de apriete | Circuito de alimentación 1,7 N.m Screw clamp terminals plano Ø 6 Circuito de alimentación 1,7 N.m Screw clamp terminals Philips nº 2 Circuito de control 1,7 N.m Screw clamp terminals plano Ø 6 Circuito de control 1,7 N.m Screw clamp terminals Philips nº 2 |
| Duración de maniobra | 12...22 ms cierre 4...19 ms opening |
| Nivel de fiabilidad de seguridad | B10d = 1369863 Ciclos contactor con carga nominal conforme a EN/ISO 13849-1 B10d = 20000000 Ciclos contactor con carga mecánica conforme a EN/ISO 13849-1 |
| Durabilidad mecánica | 15 Mciclos |
| Rango de operación | 3600 cyc/h a <60 °C |

Complementos

| | |
|--|---|
| Característica de la bobina | Sin filtro antiparasitario de serie |
| Límites de tensión del circuito de control | 0.3...0.6 Uc (-40...70 °C):drop-out AC 50/60 Hz 0.8...1.1 Uc (-40...60 °C):operational AC 50 Hz 0.85...1.1 Uc (-40...60 °C):operational AC 60 Hz 1...1.1 Uc (60...70 °C):operational AC 50/60 Hz |
| Consumo a la llamada en VA | 70 VA 60 Hz cos phi 0.75 (at 20 °C) 70 VA 50 Hz cos phi 0.75 (at 20 °C) |
| Consumo de mantenimiento en VA | 7.5 VA 60 Hz cos phi 0.3 (at 20 °C) 7 VA 50 Hz cos phi 0.3 (at 20 °C) |
| Disipación de calor | 2...3 W at 50/60 Hz |
| Tipo de contactos auxiliares | Unido mecánicamente 1 NA + 1 NC conforme a IEC 60947-5-1 Contacto espejo 1 NF conforme a IEC 60947-4-1 |
| Frecuencia del circuito de señalización | 25...400 Hz |
| Corriente mínima de conmutación | 5 mA para circuito de señalización |
| Tensión mínima de conmutación | 17 V para circuito de señalización |
| Tiempo de no superposición | 1,5 ms en desexcitación entre contacto NA y NC 1,5 ms en excitación entre contacto NA y NC |
| Resistencia de aislamiento | > 10 MOhm para circuito de señalización |

Ambiente

| | |
|--|--|
| Grado de protección IP | IP20 frontal conforme a IEC 60529 |
| Tratamiento de protección | TH conforme a IEC 60068-2-30 |
| Grado de contaminación | 3 |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -40...60 °C 60...70 °C con restricciones |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -60...80 °C |
| Altitud máxima de funcionamiento | 0...3000 m |
| Resistencia al fuego | 850 °C conforme a IEC 60695-2-1 |
| Resistencia a las llamas | V1 conforme a UL 94 |
| Resistencia mecánica | Vibraciones contactor abierto2 Gn, 5...300 Hz Vibraciones conector cerrado4 Gn, 5...300 Hz Impactos contactor abierto10 Gn para 11 ms Impactos conector cerrado15 Gn para 11 ms |
| Alto | 77 mm |
| Ancho | 45 mm |
| Profundidad | 86 mm |
| Peso del producto | 0,32 kg |

Packing Units

| | |
|------------------------------------|---------|
| Tipo de Unidad de Paquete 1 | PCE |
| Número de Unidades en el Paquete 1 | 1 |
| Paquete 1 Peso | 351 g |
| Paquete 1 Altura | 5 cm |
| Paquete 1 ancho | 9,5 cm |
| Paquete 1 Largo | 11 cm |
| Tipo de Unidad de Paquete 2 | S02 |
| Número de Unidades en el Paquete 2 | 20 |
| Paquete 2 Peso | 7,27 kg |
| Paquete 2 Altura | 15 cm |
| Paquete 2 Ancho | 30 cm |
| Paquete 2 Largo | 40 cm |
| Tipo de Unidad de Paquete 3 | P06 |

| | |
|------------------------------------|----------|
| Número de Unidades en el Paquete 3 | 320 |
| Paquete 3 Peso | 128,1 kg |
| Paquete 3 Altura | 80 cm |
| Paquete 3 Ancho | 80 cm |
| Paquete 3 Largo | 60 cm |

Offer Sustainability

| | |
|--------------------------------------|---|
| Estado de oferta sostenible | Producto Green Premium |
| Reglamento REACH | Declaración de REACH |
| Conforme con REACH sin SVHC | Sí |
| Directiva RoHS UE | Conforme Declaración RoHS UE |
| Sin metales pesados tóxicos | Sí |
| Sin mercurio | Sí |
| Información sobre exenciones de RoHS | Sí |
| Normativa de RoHS China | Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China) |
| Comunicación ambiental | Perfil ambiental del producto |
| Perfil de circularidad | Información de fin de vida útil |
| RAEE | En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura. |
| Sin PVC | Sí |

Garantía contractual

| | |
|---------------------|-----------|
| Periodo de garantía | 18 months |
|---------------------|-----------|

Anexo 4. Ficha técnica relé térmico 2,5-4 A

Ficha técnica del producto

Características

LRD08

Relé térmico para contactor LC1D09/D38 por borne clase 10A - 2.5...4A



Principal

| | |
|--|---|
| Gama | TeSys |
| Nombre del producto | TeSys LRD |
| Tipo de producto o componente | Reles de sobrecarga térmica diferencial |
| Nombre corto del dispositivo | LRD |
| Aplicación del relé | Protección del motor |
| Compatibilidad del producto | LC1D12 LC1D09 LC1D25 LC1D38 LC1D32 LC1D18 |
| Tipo de red | AC CC |
| Clase de disparo por sobrecarga | Class 10A conforming to IEC 60947-4-1 |
| Rango de ajustes de protección térmica | 2.5...4 A |
| [U _i] Tensión nominal de aislamiento | Circuito de alimentación 600 V conforme a CSA Circuito de alimentación 600 V conforme a UL Power circuit: 690 V conforming to IEC 60947-4-1 |

Complementos

| | |
|---|--|
| Frecuencia de red | 0...400 Hz |
| Soporte de montaje | Placa, con accesorios específicos Rail, con accesorios específicos Under contactor |
| Umbral de disparo | 1.14 +/- 0.06 I _r conforming to IEC 60947-4-1 |
| Composición de los contactos auxiliares | 1 NA + 1 NC |
| [I _{th}] Corriente térmica convencional | 5 A for signalling circuit |
| Corriente permitida | 3 A a 120 V AC-15 para circuito de señalización |

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

| | |
|--|--|
| | 0,22 A a 125 V DC-13 para circuito de señalización |
| [Ue] tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 0...400 Hz for power circuit conforming to IEC 60947-4-1 |
| Fusible asociado | 4 A gG para circuito de señalización 4 A BS para circuito de señalización |
| [Uimp] Resistencia a picos de tensión | 6 kV |
| Sensibilidad de fallo de fase | Corriente disparo 130% de I _r en de fases, la última a 0 |
| Tipo de control | Rojo pulsador Pausa Azul pulsador rearme |
| Compensación de temperatura | -20...60 °C |
| Conexiones - terminales | Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm ² Flexible sem Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm ² Flexible con extremidad de cable Circuito de control Screw clamp terminals 2 1...2,5 mm ² sólido sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1,5...10 mm ² Flexible sem Circuito de alimentación Screw clamp terminals 1 1...4 mm ² Flexible con extremidad de cable Power circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...6 mm ² solid without cable end |
| Par de apriete | Circuito de control 1,7 N.m Screw clamp terminals Circuito de alimentación 1,7 N.m Screw clamp terminals |
| Alto | 66 mm |
| Ancho | 45 mm |
| Profundidad | 70 mm |
| Peso del producto | 0,124 kg |

Ambiente

| | |
|--|--|
| Tratamiento de protección | TH conforme a IEC 60068 |
| Grado de protección IP | IP20 conforme a IEC 60529 |
| Temperatura ambiente de funcionamiento | -20...60 °C without derating conforming to IEC 60947-4-1 |
| Temperatura ambiente de almacenamiento | -60...70 °C |
| Resistencia a las llamas | V1 conforme a UL 94 |
| Resistencia mecánica | Vibraciones 6 Gn conforme a IEC 60068-2-6 Shocks: 15 Gn for 11 ms conforming to IEC 60068-2-7 |
| Fuerza dieléctrica | 1.89 kV at 50 Hz conforming to IEC 60947-1 |
| Normas | EN/IEC 60947-4-1 EN/IEC 60947-5-1 UL 60947-4-1 UL 60947-5-1 CSA C22.2 No 60947-4-1 CSA C22.2 No 60947-5-1 GB/T 14048.4 GB/T 14048.5 EN 50495 |
| Certificaciones de producto | IEC UL CSA CCC EAC BV RINA DNV-GL LROS (Lloyds Register of Shipping) ATEX INERIS |

Packing Units

| | |
|------------------------------------|---------|
| Tipo de Unidad de Paquete 1 | PCE |
| Número de Unidades en el Paquete 1 | 1 |
| Paquete 1 Peso | 140,9 g |
| Paquete 1 Altura | 4,8 cm |
| Paquete 1 ancho | 7,8 cm |
| Paquete 1 Largo | 8,9 cm |

Offer Sustainability

| | |
|--------------------------------------|---|
| Estado de oferta sostenible | Producto Green Premium |
| Reglamento REACH | Declaración de REACH |
| Conforme con REACH sin SVHC | Sí |
| Directiva RoHS UE | Conforme Declaración RoHS UE |
| Sin mercurio | Sí |
| Información sobre exenciones de RoHS | Sí |
| Normativa de RoHS China | Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias |
| Comunicación ambiental | Perfil ambiental del producto |
| Perfil de circularidad | Información de fin de vida útil |
| RAEE | En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura. |

Garantía contractual

| | |
|---------------------|-----------|
| Periodo de garantía | 18 months |
|---------------------|-----------|

Anexo 5. Tabla de ampacidad de conductores



ILUMEYCO SRL
 SOLUCIONES ELECTRICAS Y DE ENERGIA
 SABANA LARGA NO. 160
 REPARTO OQUET, SANTIAGO REP. DOM.
 Tel: 809-583-4255
 Email: info@ilumeyco.com

| TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM) | | | | | | |
|--|-------|----------|---|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C. | | | NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA | | CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F | |
| | | | DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA | | | |
| CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM) | COBRE | ALUMINIO | THW (PULGADAS) | THN- THWN,XHHW (PULGADAS) | CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP) | CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP) |
| 14 AWG | 20 A | - | 1/2 | 1/2 | 0.4762 | 0.4167 |
| 12 AWG | 25 A | 20 A | 1/2 | 1/2 | 0.3125 | 0.2632 |
| 10 AWG | 35 A | 30 A | 1/2 | 1/2 | 0.1961 | 0.1677 |
| 8 AWG | 50 A | 40 A | 3/4 | 1/2 | 0.1250 | 0.1087 |
| 6 AWG | 65 A | 50 A | 1 | 3/4 | 0.0833 | 0.0714 |
| 4 AWG | 85 A | 65 A | 1 | 1 | 0.0538 | 0.0463 |
| 2 AWG | 115 A | 90 A | 1 1/4 | 1 | 0.0370 | 0.0323 |
| 1/0 AWG | 150 A | 120 A | 1 1/2 | 1 1/4 | 0.0269 | 0.0231 |
| 2/0 AWG | 175 A | 135 A | 1 1/2 | 1 1/2 | 0.0222 | 0.0196 |
| 3/0 AWG | 200 A | 155 A | 2 | 1 1/2 | 0.0190 | 0.0163 |
| 4/0 AWG | 230 A | 180 A | 2 | 2 | 0.0161 | 0.0139 |
| 250 MCM | 255 A | 205 A | 2 1/2 | 2 | 0.0147 | 0.0128 |
| 300 MCM | 285 A | 230 A | 2 1/2 | 2 | 0.0131 | 0.0114 |
| 350 MCM | 310 A | 250 A | 2 1/2 | 2 1/2 | 0.0121 | 0.0106 |
| 400 MCM | 335 A | 270 A | 3 | 2 1/2 | 0.0115 | 0.0091 |
| 500 MCM | 380 A | 310 A | 3 | 3 | 0.0101 | 0.0088 |
| 600 MCM | 420 A | 340 A | 3 | 3 | 0.0094 | 0.0082 |
| 700 MCM | 460 A | 375 A | 3 1/2 | 3 | 0.0089 | 0.0077 |
| 750 MCM | 475 A | 385 A | 3 1/2 | 3 1/2 | 0.0086 | 0.0075 |
| 1000 MCM | 545 A | 445 A | 4 | 3 1/2 | 0.0079 | 0.0069 |



Anexo 6. Propiedades tubo guía EMT

CONDU-IT



TUBERIAS EMT STANDARD (ELECTRICAL METALLIC TUBING)

LAS TUBERÍAS CONDU-IT EMT, SON SISTEMAS DE CANALIZACIÓN UTILIZADAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (OCULTAS Ó VISIBLES) EMPLEADA PARA CUALQUIER TIPO DE EDIFICACIÓN, PRINCIPALMENTE EN INSTALACIONES INDUSTRIALES, HOSPITALARIAS Y COMERCIALES.

CARACTERÍSTICAS

MATERIAL: ACERO GALVANIZADO. TAMBIEN SE PERMITE SU FABRICACIÓN CON ACEROS DERIVADOS COMPUESTOS POR

- CARBONO: 0.15% MÁXIMO.
- MANGANESO: 0.60% MÁXIMO.
- FÓSFORO: 0.045% MÁXIMO.
- AZUFRE: 0.045% MÁXIMO.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

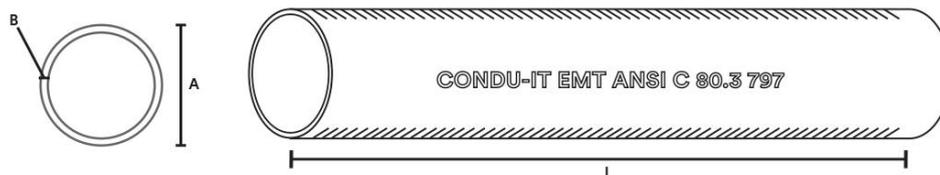
- ESFUERZO DE FLUENCIA: 25.000 PSI MÍNIMO.
- ESFUERZO DE TENSIÓN: 30.000 PSI MÍNIMO.
- PORCENTAJE DE ELONGACIÓN: 20% APROX.

PRESENTACIÓN: LOS TUBOS SE ENTREGAN CON UNA LONGITUD DE 3 METROS.

IDENTIFICACIÓN: LOS TUBOS SON IDENTIFICADOS CON LA PALABRA EMT EN BAJO RELIEVE Y UNA ETIQUETA QUE DESCRIBE EL NOMBRE DEL FABRICANTE Y TIPO DE PRODUCTO.

NORMAS:

- ASTM A 653.
- PRUEBA DE ABOCARDADO: SEGÚN NORMA NTC - 103.
- PRUEBA DE DOBLEZ: SEGÚN NORMAS UL 797, ANSI C 80.3 (NTC 105).
- PRUEBA DE ESPESOR DE CAPA: SEGÚN NORMAS UL 797.



| CODIGO | MEDIDAS | DIÁMETRO NOMINAL EXTERNO (B) | | ESPESOR NOMINAL DE LA PARED | | LONGITUD (L) |
|---------|---------|------------------------------|--------|-----------------------------|------|--------------|
| | | PULG. | MM | PULG. | MM | |
| EMT-050 | 1/2" | 0.706 | 17.93 | 0.042 | 1.07 | 3M |
| EMT-075 | 3/4" | 0.922 | 23.42 | 0.049 | 1.24 | 3M |
| EMT-100 | 1" | 1.163 | 29.54 | 0.057 | 1.45 | 3M |
| EMT-125 | 1-1/4" | 1.510 | 38.35 | 0.065 | 1.65 | 3M |
| EMT-150 | 1-1/2" | 1.740 | 44.20 | 0.065 | 1.65 | 3M |
| EMT-200 | 2" | 2.197 | 55.80 | 0.065 | 1.65 | 3M |
| EMT-250 | 2-1/2" | 2.875 | 73.03 | 0.072 | 1.83 | 3M |
| EMT-300 | 3" | 3.500 | 88.90 | 0.072 | 1.83 | 3M |
| EMT-400 | 4" | 4.500 | 114.30 | 0.083 | 2.11 | 3M |

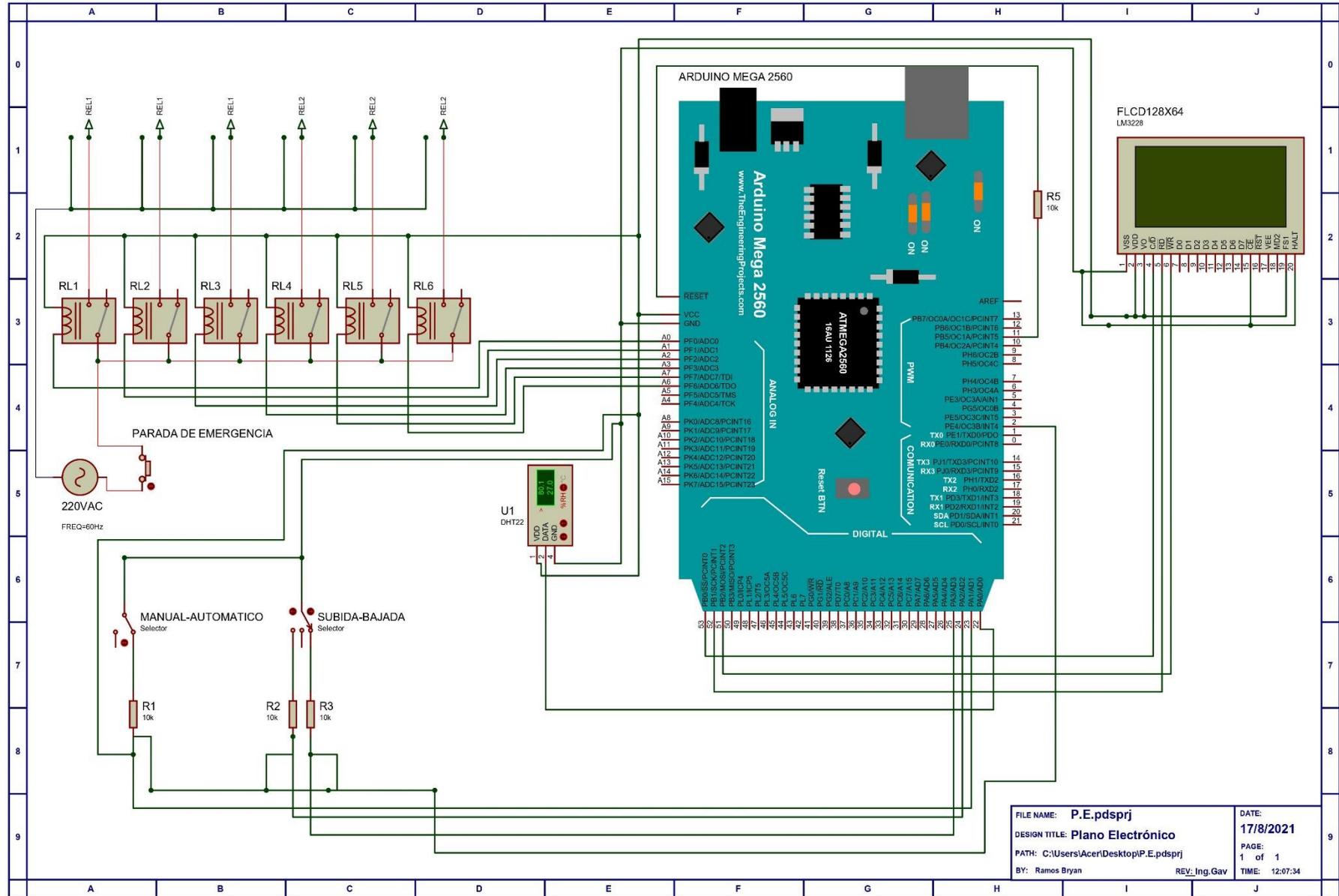
Anexo 7. Tabla de datos de HR en modo manual.

| HR (%) | Tiempo(h:m:s) |
|------------|---------------|
| 76% | 12:05:00 |
| 73% | 12:10:00 |
| 71% | 12:20:00 |
| 73% | 12:30:00 |
| 71% | 12:40:00 |
| 73% | 12:50:00 |
| 73% | 13:00:00 |
| 71% | 13:10:00 |
| 73% | 13:20:00 |
| 72% | 13:30:00 |
| 72% | 13:40:00 |
| 77% | 13:50:00 |
| 83% | 14:00:00 |
| 73% | 14:10:00 |
| 71% | 14:20:00 |
| 76% | 14:30:00 |
| 73% | 14:40:00 |
| 70% | 14:50:00 |
| 80% | 15:00:00 |
| 82% | 15:10:00 |
| 77% | 15:20:00 |
| 78% | 15:30:00 |
| 78% | 15:40:00 |
| 84% | 15:50:00 |
| 82% | 16:00:00 |
| 80% | 16:10:00 |
| 86% | 16:20:00 |
| 88% | 16:30:00 |
| 90% | 16:40:00 |
| 91% | 16:50:00 |
| 93% | 17:00:00 |
| 90% | 17:10:00 |
| 93% | 17:20:00 |
| 95% | 17:30:00 |

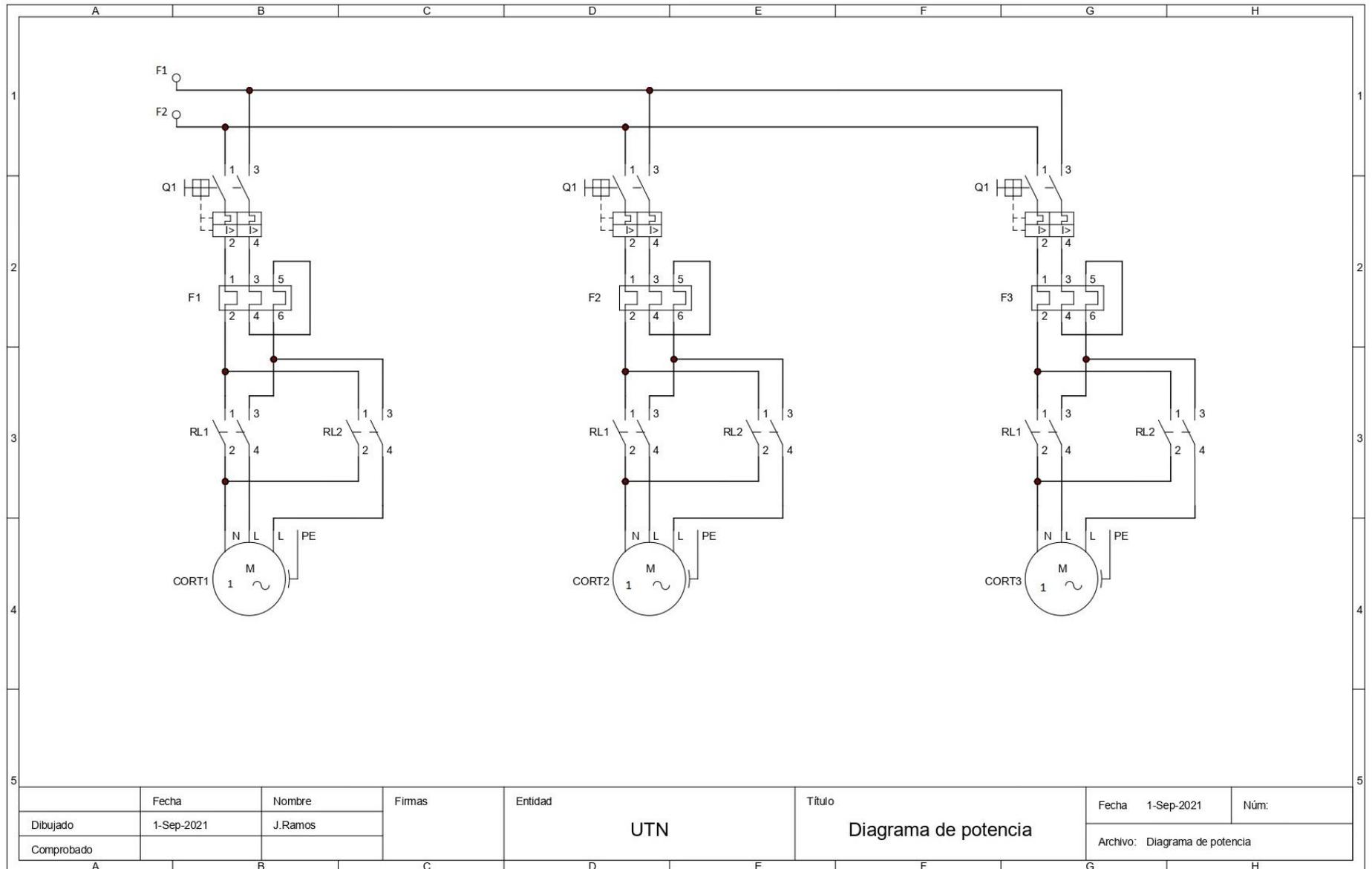
Anexo 8. Tabla de datos de HR en modo automático.

| HR(%) | Tiempo(h:m:s) |
|------------|---------------|
| 60% | 12:05:00 |
| 65% | 12:10:00 |
| 62% | 12:20:00 |
| 69% | 12:30:00 |
| 66% | 12:40:00 |
| 73% | 12:50:00 |
| 76% | 13:00:00 |
| 79% | 13:10:00 |
| 68% | 13:20:00 |
| 76% | 13:30:00 |
| 77% | 13:40:00 |
| 79% | 13:50:00 |
| 76% | 14:00:00 |
| 79% | 14:10:00 |
| 76% | 14:20:00 |
| 72% | 14:30:00 |
| 74% | 14:40:00 |
| 79% | 14:50:00 |
| 70% | 15:00:00 |
| 71% | 15:10:00 |
| 78% | 15:20:00 |
| 78% | 15:30:00 |
| 73% | 15:40:00 |
| 80% | 15:50:00 |
| 76% | 16:00:00 |
| 67% | 16:10:00 |
| 65% | 16:20:00 |
| 75% | 16:30:00 |
| 75% | 16:40:00 |
| 70% | 16:50:00 |
| 76% | 17:00:00 |
| 77% | 17:10:00 |
| 73% | 17:20:00 |
| 76% | 17:30:00 |

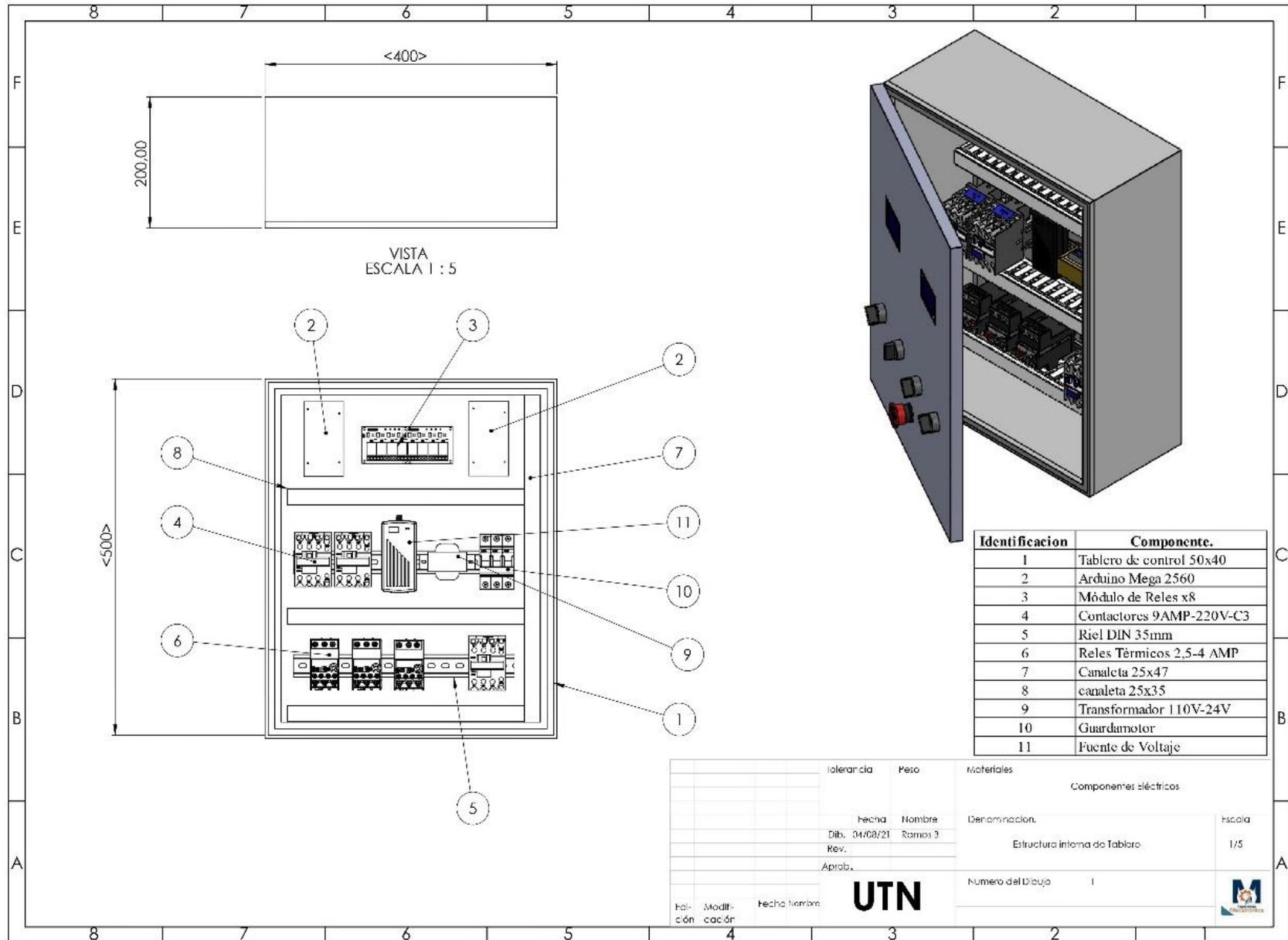
Anexo 9. Esquema electrónico completo



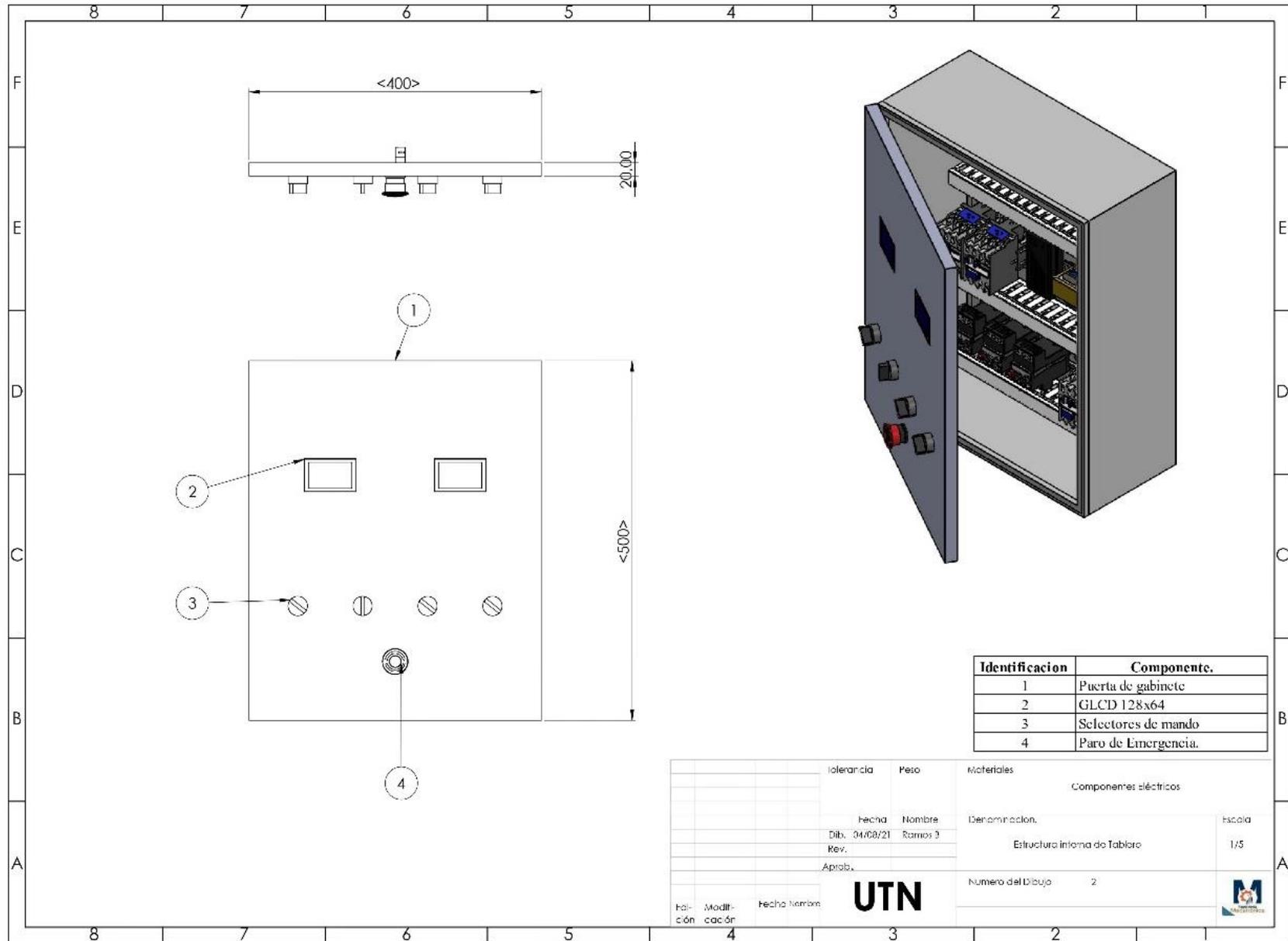
Anexo 10. Diagrama de potencia



Anexo 11. Estructura interna del tablero



Anexo 12. Estructura externa del tablero



Anexo 13. Manual de funcionamiento

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS.
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA.**

MANUAL DE USUARIO.

**SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE HUMEDAD
RELATIVA PARA UN INVERNADERO DE ROSAS MEDIANTE
VENTILACIÓN NATURAL.**

AUTOR: José Bryan Ramos Morales.

Ibarra 2021

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE..... | 123 |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 124 |
| 1. Objetivo | 124 |
| 2. Advertencias | 124 |
| II. OPCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL | 125 |
| 1. Componentes | 125 |
| 1.1 Componentes internos | 125 |
| 1.2 Componentes externos | 126 |
| 2. Funcionamiento | 116 |
| 2.1 Encendido del sistema..... | 128 |
| 2.2 Ingreso al Sistema Automático | 128 |
| 2.3 Sistema de Control Automático | 129 |
| 2.4 Ingreso al Modo Manual | 130 |
| 2.5 Sistema Manual | 131 |
| 3. Paro de emergencia..... | 132 |
| III. PRACTICAS DE MANTENIMIENTO..... | 133 |
| 1. Tablero de control..... | 133 |
| 2. Componentes externos..... | 133 |
| 3. Posibles problemas y soluciones | 134 |

I. INTRODUCCIÓN

Objetivo

El presente manual ha sido realizado con el fin de brindar soporte al usuario del sistema de control de humedad para su correcto uso, dar a conocer los componentes accesibles implementados, y las prácticas de mantenimiento que se debe seguir para prolongar la vida útil del sistema implementado.

Advertencias

Muchos de los accidentes relacionados con la operación, mantenimiento o reparación de este tipo de sistemas se debe principalmente a ignorar las advertencias visuales y no seguir las reglas básicas de seguridad.

En el presente documento se proporcionan mensajes de advertencia para ciertos dispositivos de potencia que pueden resultar peligrosos si se manipula sin precauciones ni conocimiento previo de funcionamiento, si el usuario no presta atención a este tipo de advertencias puede ocasionar accidentes, lesiones temporales o mortales a su persona o a terceros.

El símbolo que representa “Peligro”, “Advertencia” o “Precaución” es el siguiente:



Este símbolo viene acompañado de un mensaje en el cual se detalla el peligro al que puede estar expuesto el usuario, se puede presentar en forma escrita o mediante gráficos.

II. OPCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

1. Componentes

Existen diversos componentes al alcance del usuario los cuales permiten el comando del sistema de control, al interior y exterior del tablero se encuentran dispositivos de potencia y electrónicos los cuales son la parte esencial para el correcto funcionamiento del sistema, en esta sección se detallan los mismos.

1.1 Componentes internos

Los componentes internos son el conjunto de elementos electrónicos y de potencia, los cuales se interconectan mediante un módulo de relés que es el encargado de convertir las señales digitales de 5V a señales de alta potencia es decir de 220V.

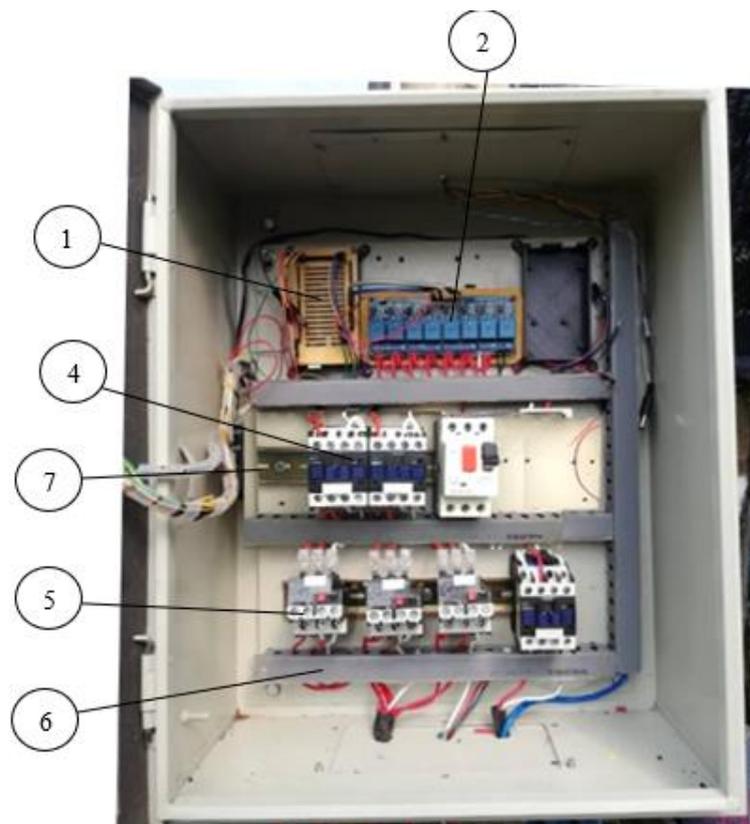


Tabla 1.

Descripción de componentes internos.

| Identificación | Componente | Descripción. |
|----------------|------------------------------|---|
| 1 | Arduino Mega 2560 | Microcontrolador encargado de recibir y enviar señales de mando a componentes eléctricos. |
| 2 | Módulo de relés X8 Relays | Dispositivo de entrada de señales digitales y apertura y cierre de circuito eléctrico de potencia. |
| 3 | Fuente de voltaje variable. | Dispositivo que permite regular el voltaje de suministro según la necesidad del usuario. |
| 4 | Contactores 9AMP-C3-220V-CSC | Componentes eléctricos de control de apertura y cierre de circuitos de potencia a partir de señales registradas. |
| 5 | Relés Térmicos 2.5 - 4 AMP | Dispositivos electromecánicos que brindan durabilidad a los motores protegiéndolos de sobrecargas o calentamientos. |
| 6 | Canaleta 20x15cm | Conductos en cuyo interior se encuentran los cables eléctricos cuando estos no están empotrados por otro medio. |
| 7 | Riel DIN 35mm | Barra de metal normalizado destinado a el montaje de elementos eléctricos de protección y de mando. |

1.2 Componentes externos

Los componentes externos son los dispositivos de comando al alcance del usuario, interfaz y sensórica, estos son los encargados de convertir señales físicas a digitales para su tratamiento en el microcontrolador, además se encuentran los actuadores de potencia que cumplen la función de posicionar las cortinas.

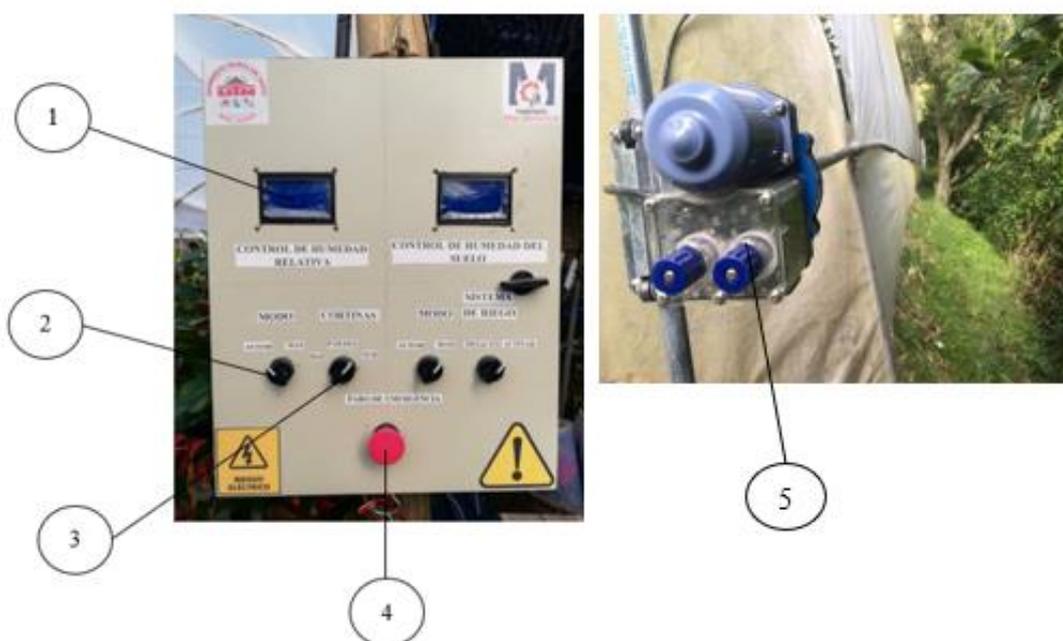


Tabla 2.*Descripción de componentes externos.*

| Identificación | Componente | Descripción. |
|-----------------------|---|---|
| 1 | GLCD 128x64 | Pantalla gráfica que permite al usuario interactuar con el sistema y determinar acciones en función a los datos indicados. |
| 2 | Selector de modo de funcionamiento: *Manual *Automático | Dispositivo de control que permite enviar dos tipos de señales de acuerdo a la ubicación de la perilla, destinado a la elección del modo de funcionamiento. |
| 3 | Selector de accionamiento: *Subida *Bajada *Espera | Dispositivo de control que permite enviar tres tipos de señales de acuerdo a la ubicación de la perilla destinado al control de los actuadores. |
| 4 | Parada de Emergencia. | Dispositivo que brinda al usuario una forma rápida de detener el sistema durante una situación de emergencia. |
| 5 | Motor enrollador ACM-100N.m | Enrolladores eléctricos de doble eje, reductor implementado, ampliamente utilizado para ventilación de invernaderos. |
| 6 | Sensor de Humedad Relativa DHT22 | Dispositivo de lectura utilizados para el control de la humedad del aire en espacios controlados |

1. Funcionamiento

Esta sección está organizada en función a la secuencia programada de ingreso al sistema, de la siguiente manera:

1. Encendido del Sistema
2. Ingreso al Sistema Automático
3. Sistema de Control Automático.
4. Ingreso al Sistema Manual
5. Sistema de control Manual
6. Paro de Emergencia.

1.1 Encendido del sistema

Para iniciar el sistema de control es necesario dar paso a la conexión eléctrica que alimenta los componentes electrónicos y de potencia, para esto se utiliza el disyuntor instalado en el invernadero.

Es importante utilizar los EPP (Equipos de Protección Personal), debido a que este dispositivo controla un voltaje de hasta más de 220V lo cual representa un riesgo para el usuario en caso de que existan conexiones inestables.



⚠ ADVERTENCIA

Peligro de descargas eléctricas,
quemaduras, explosión.

1.2 Ingreso al Sistema Automático

Encendido el sistema, si la perilla de modo de funcionamiento se encuentra en Automático aparece la primera pantalla que indica la bienvenida al modo y

el seteo de los motores, es importante mencionar que en esta fase se inhabilitan las perillas de comando hasta completar el seteo por seguridad de los actuadores de potencia.



Tabla 3.

Detalle de seteo en Automático

| N° Identificación | Descripción. |
|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | Bienvenida al modo de funcionamiento |
| 2 | Mensaje de acción |
| 3 | Porcentaje de avance del seteo |

1.3 Sistema de Control Automático

Culminado el proceso de seteo de motores el sistema habilita las perillas de comando, y la lectura del sensor con el fin de determinar el porcentaje actual y posicionar las cortinas a niveles adecuados.

En esta etapa se muestran diversos elementos gráficos en la interfaz los cuales se detallan a continuación:

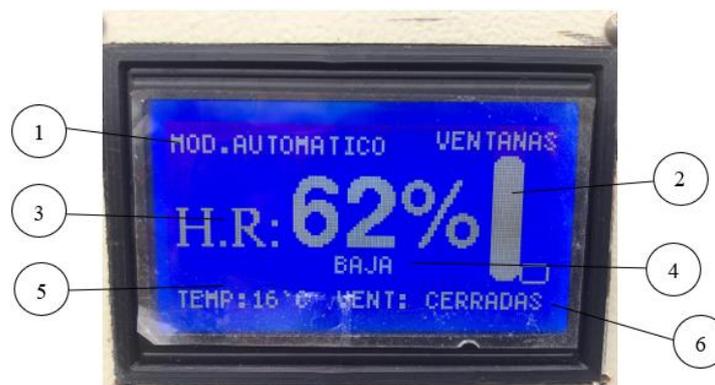


Tabla 4.*Detalle Sistema Automático*

| N° Identificación | Descripción. |
|--------------------------|--|
| 1 | Modo de funcionamiento actual |
| 2 | Descripción gráfica de posición de las cortinas. |
| 3 | Nivel actual de Humedad Relativa |
| 4 | Estado de la Humedad |
| 5 | Temperatura actual |
| 6 | Estado actual de ventanas |

1.4 Ingreso al Modo Manual

Después del seteo de motores en el modo automático las perillas de mando se activan y se posibilita la opción de cambiar el modo de funcionamiento para esto se utiliza la perilla de modo de funcionamiento ubicada a la izquierda del tablero de control.

La perilla se gira hacia la derecha y se activa el modo de funcionamiento manual. posicionada la perilla de modo en la ubicación mencionada se tiene una nueva pantalla con diferentes elementos gráficos que indican al usuario cumplir el requisito que desbloquea el modo de funcionamiento manual, este requisito es colocar la perilla de acción en la posición neutral es decir de forma Vertical evitando de esta manera la activación de los motores sin consentimiento con el fin de salvaguardar la seguridad de terceros.

Los elementos de esta nueva pantalla se detallan a continuación:



Tabla 5.*Ingreso al Modo Manual*

| Nº Identificación | Descripción. |
|-------------------|--|
| 1 | Bienvenida/ Modo de funcionamiento actual |
| 2 | Mensaje de requerimiento |
| 3 | Descripción gráfica de posición de perilla requerida |

1.5 Sistema Manual

Al cumplir el requisito inicial, el sistema desbloquea el funcionamiento manual, en esta sección el usuario tiene el control de posicionamiento de las cortinas en función a sus necesidades.

Para la activación de los motores se gira la perilla de acción hacia la derecha lo que provoca que las cortinas se abran y para la bajada de las cortinas únicamente se gira la perilla de acción hacia la izquierda, es importante mencionar que los finales de carrera integrados en los motores detienen su marcha en los límites establecidos.

En este modo de funcionamiento se muestra una nueva pantalla para el usuario con diferentes elementos gráficos los cuales se detallan a continuación.



Tabla 6.*Sistema Manual*

| N° Identificación | Descripción. |
|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | Modo de funcionamiento actual |
| 2 | Porcentaje de Humedad Relativa |
| 3 | Indicación de funcionamiento |
| 4 | Gráfico de dirección de cortinas |
| 5 | Mensaje de dirección de cortinas |
| 6 | Temperatura actual |

1.6 Paro de emergencia

Al presionar el botón de paro de emergencia todo el sistema se detiene, lectura de variables ambientales, actuadores y comandos.

Si el botón se desenchava la placa Arduino produce un resteo interno lo que permite al programa iniciar con la lectura de posición de selectores, modo de funcionamiento, variables ambientales y si se encuentra en modo automático con el seteo de los motores.

Al ingresar al modo de emergencia la interfaz muestra una nueva pantalla al usuario lo que indica su activación, elementos gráficos de advertencia y su desactivación al momento de enviar la señal.



III. PRACTICAS DE MANTENIMIENTO

Las prácticas de mantenimiento del sistema pueden dividirse en dos, mantenimiento del tablero y mantenimiento de actuadores.

1. Tablero de control

Es importante que el mantenimiento general del tablero sea periódico puesto que está expuesto a agente ambientales que pueden penetrar hacia los componentes y causar problemas, las actividades a desarrollar son las siguientes:

Análisis visual de conexiones estables.

Verificación de funcionamiento de interfaz acorde a comandos.

Limpieza de componentes de potencia (Contactores, Relés térmicos, Módulo de relés)

 **ADVERTENCIA**

Peligro de descargas eléctricas, quemaduras, explosión. Uso de EPP.

Frecuencia: Mensual

2. Componentes externos

Los componentes externos que requieren mantenimiento son los actuadores de potencia y los conductores eléctricos, el sensor de humedad instalado es calibrado de fábrica por ende los mantenimientos de este son mínimos.

Los actuadores de potencia tienen engranajes internos lo que permite la reducción de las revoluciones, las actividades de mantenimiento a desarrollar para este tipo de dispositivos son los siguientes:

Análisis de nivel de lubricación interna.

Verificación de la configuración de finales de carrera.

Verificación de empotramiento de tubo guía.

Revisión de estado de conductores eléctricos.

Limpieza de cavidad de finales de carrera.

Frecuencia: Semestral.

3. Posibles problemas y soluciones

Es importante mencionar que el usuario puede tener problemas con el sistema debido a causas de fácil solución, para esto se mencionan algunos fallos y sus posibles causas.

| Problema | Causa probable | Solución |
|--|--|--|
| El sistema no enciende | <ul style="list-style-type: none"> -No existe corriente eléctrica. -Corto circuito. -Disyuntor principal abierto. -Desconexión de terminales. | <ul style="list-style-type: none"> -Verificar continuidad de energía. -Verificar funcionamiento de disyuntor. -Verificación de conexión de borneras. |
| Pantalla con interferencias | <ul style="list-style-type: none"> -Cables de conexión en mal estado. -Desconexión de salidas GND del GLCD. -Pines de alimentación desconectados. | <ul style="list-style-type: none"> -Estabilizar conexión de GND del GLCD a la placa. -Determinar niveles de voltaje mayor o igual a 5V. |
| Señales de selectores no detectadas. | <ul style="list-style-type: none"> -Conexión de dispositivos inestable. -Desgaste de conductores de señal. -Conexión de pines a la placa Arduino desgastados. | <ul style="list-style-type: none"> -Cambio de selectores. -Reemplazo de conductores de señal. -Verificación de conexión a GND y alimentación. |
| Actuadores de potencia no se activan.  ADVERTENCIA Peligro de atrapamiento, descargas eléctricas, fracturas. | <ul style="list-style-type: none"> -Corto circuito en señales de cambio de giro. -Desconexión de bornera de alimentación. -Problema en contactores y/o relés. | <ul style="list-style-type: none"> -Verificación de conexión de potencia. -Verificación de continuidad de energía. -Verificar configuración de finales de carrera. -Prueba de funcionamiento de contactores y relés. |