



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
AUTOMATIZADO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO NFT (NUTRIENT
FILM TECHNIQUE).**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA:

JESSICA PAOLA PORRAS PUMALEMA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
AUTOMATIZADO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO NFT (NUTRIENT
FILM TECHNIQUE).**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA: JESSICA PAOLA PORRAS PUMALEMA

DIRECTOR: Ing. José Luis Tinajero León.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Jessica Paola Porras Pumalema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, JESSICA PAOLA PORRAS PUMALEMA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mí autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de noviembre del 2022.



Jessica Paola Porras Pumalema

0604074831

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL AUTOMATIZADO DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)”**, de responsabilidad de la señorita: **JESSICA PAOLA PORRAS PUMALEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza **su presentación**.

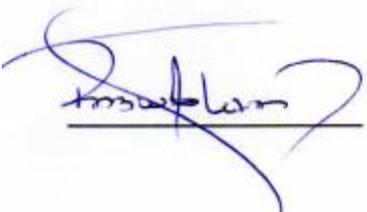
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

| FIRMA | FECHA |
|---|--------------|
|  | 2022-11-01 |

Ing. José Luis Tinajero León.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

| | |
|--|------------|
|  | 2022-11-01 |
|--|------------|

Ing. Pablo Eduardo Lozada Yáñez.
ASESOR DEL TRIBUNAL

| | |
|--|------------|
|  | 2022-11-01 |
|--|------------|

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos, quienes con su cariño y apoyo han sido partícipes de este logro.

Jessica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar con éxito mis estudios universitarios. A los docentes de la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, quienes, con su trabajo y dedicación, compartieron valiosos conocimientos que serán de gran aporte en mi vida profesional.

Jessica

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiv |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xvii |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | xviii |
| RESUMEN..... | xx |
| ABSTRACT..... | xxi |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|---|
| 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1. Antecedentes..... | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3. Justificación..... | 3 |
| 1.4. Objetivos..... | 4 |
| 1.4.1. <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |

CAPITULO II

| | |
|---|----|
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. Antecedentes de investigación..... | 5 |
| 2.1.1. <i>Trabajos previos realizados sobre automatización de cultivos en invernaderos y cultivos hidropónicos.</i> | 5 |
| 2.2. Productividad agrícola en el Ecuador..... | 8 |
| 2.3. Sistemas de hidroponía..... | 8 |
| 2.3.1. <i>Cultivos hidropónicos NFT</i> | 9 |
| 2.3.2. <i>Requerimientos ambientales para el crecimiento de la lechuga hidropónica</i> | 9 |
| 2.4. Variables climáticas en un cultivo..... | 10 |
| 2.4.1. <i>Temperatura</i> | 10 |
| 2.4.1.1. <i>Temperaturas bajas</i> | 10 |
| 2.4.1.2. <i>Temperaturas altas</i> | 10 |
| 2.4.2. <i>Radiación solar</i> | 10 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.4.2.1. | <i>Índice de radiación UV</i> | 10 |
| 2.4.3. | <i>pH del suelo</i> | 11 |
| 2.5. | Tarjetas de desarrollo | 12 |
| 2.5.1. | <i>Arduino</i> | 12 |
| 2.5.2. | <i>Raspberry PI</i> | 13 |
| 2.5.4. | <i>FPGAs</i> | 14 |
| 2.6. | Sensores | 15 |
| 2.6.1. | <i>Sensor humedad y temperatura</i> | 15 |
| 2.6.2. | <i>Sensor de pH</i> | 17 |
| 2.6.3. | <i>Sensor de radiación UV</i> | 18 |
| 2.7. | Actuadores | 19 |
| 2.7.1. | <i>Actuadores hidráulicos</i> | 19 |
| 2.7.2. | <i>Actuadores neumáticos</i> | 19 |
| 2.7.3. | <i>Actuadores eléctricos</i> | 19 |
| 2.9. | Tipo de pantallas táctiles para Raspberry pi | 20 |
| 2.10. | Sistema de control | 21 |
| 2.10.1. | <i>Sistema de control de lazo abierto</i> | 22 |
| 2.10.2. | <i>Sistema de control de lazo cerrado</i> | 22 |
| 2.11. | Comunicación inalámbrica | 24 |
| 2.12. | Realidad de la zona. | 25 |

CAPITULO III

| | | |
|----------|--|----|
| 3. | MARCO METODOLÓGICO | 27 |
| 3.1. | Requerimientos del sistema | 27 |
| 3.1.1. | <i>Requerimientos de usuario</i> | 27 |
| 3.1.1. | <i>Requerimientos de diseñador</i> | 27 |
| 3.2. | Concepción general del sistema | 28 |
| 3.3. | Diseño de bloques del sistema | 29 |
| 3.4. | Descripción de los elementos Hardware del dispositivo prototipo | 31 |
| 3.4.1. | <i>Tarjetas de desarrollo</i> | 31 |
| 3.4.1.2. | <i>Raspberry Pi 4b</i> | 32 |
| 3.4.2. | <i>Sensor de temperatura y humedad DHT11</i> | 33 |
| 3.4.3. | <i>Sensor luz ultravioleta UV ML8511</i> | 33 |
| 3.4.5. | <i>Válvula solenoide</i> | 34 |
| 3.4.6. | <i>Ventilador-Extractor de Aire</i> | 35 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.4.7. | <i>Calefactor Handy Heater</i> | 36 |
| 3.4.8. | <i>Bomba de agua sumergible SOBO WP-350S</i> | 36 |
| 3.4.9. | <i>Módulo Relay X8</i> | 37 |
| 3.4.10. | <i>Puente H-L298N</i> | 38 |
| 3.4.11. | <i>Nebulizador</i> | 39 |
| 3.4.12. | <i>Alimentación del dispositivo prototipo</i> | 39 |
| 3.4.13. | <i>Alimentación actuadores</i> | 40 |
| 3.5. | Diagrama de conexiones del sistema | 40 |
| 3.6. | Circuito PCB del procesador secundario (Arduino Uno) | 43 |
| 3.7. | Diseño de la Caja protectora | 46 |
| 3.8. | Dimensionamiento del sistema para el cultivo hidropónico automatizado NFT ... | 47 |
| 3.8.1. | <i>Soporte y sujeción</i> | 47 |
| 3.8.2. | <i>Tanque</i> | 48 |
| 3.8.3. | <i>Tuberías</i> | 50 |
| 3.8.3.1. | <i>Tuberías de distribución</i> | 50 |
| 3.8.3.2. | <i>Canales de cultivo</i> | 50 |
| 3.8.3.3. | <i>Tubería colectora</i> | 51 |
| 3.8.4. | Motor DC | 53 |
| 3.9. | Herramientas software de desarrollo | 55 |
| 3.9.1. | <i>Arduino IDE</i> | 55 |
| 3.9.1.1. | <i>Diagrama de flujo de la programación del Script en Arduino IDE</i> | 56 |
| 3.9.2. | <i>Python 3.2</i> | 57 |
| 3.9.2.1. | <i>Diagrama de flujo de la programación del Script en Python 3.2</i> | 57 |
| 3.10. | Diseño del sistema hidroponico NFT automatizado | 58 |
| 3.11. | Diseño de la interfaz del sistema | 58 |

CAPITULO IV

| | | |
|--------|---|----|
| 4. | MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 60 |
| 4.1. | Implementación del Sistema Hidropónico Automatizado NFT | 60 |
| 4.2. | Pruebas realizadas del funcionamiento de sensores en el dispositivo prototipo | 61 |
| 4.2.1. | <i>Pruebas de validación y estabilidad sensor DHT11</i> | 61 |
| 4.2.2. | <i>Pruebas de validación y estabilidad del sensor ML8511</i> | 65 |
| 4.2.3. | <i>Prueba de validación y estabilidad del sensor pH GAOHOU PHO-14</i> | 67 |
| 4.3. | Prueba funcionamiento control microclima (activación de actuadores-alertas) ... | 70 |
| 4.3.1. | <i>Prueba activación ventilador</i> | 70 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 4.3.2. | <i>Prueba activación Calefactor</i> | 72 |
| 4.3.3. | <i>Prueba activación techo</i> | 73 |
| 4.3.4. | <i>Pruebas activación Bomba sumergible.</i> | 74 |
| 4.3.5. | <i>Prueba activación de Dosificador de solución nutritiva.</i> | 75 |
| 4.3.6. | <i>Prueba activación lavado del sistema</i> | 76 |
| 4.3.7. | <i>Pruebas activación iluminación del sistema</i> | 77 |
| 4.3.8. | <i>Pruebas activación actuadores</i> | 78 |
| 4.3.9. | <i>Prueba activación nebulizador</i> | 79 |
| 4.4. | Funcionamiento servidor VNC envío-recepción de datos | 80 |
| 4.4.1. | <i>Prueba servidor VNC envió - recepción de datos</i> | 81 |
| 4.5. | Prueba consumo de corriente y voltaje (DC-AC) | 84 |
| 4.6. | Crecimiento lechugas hidropónicas NFT | 85 |
| 4.6.1. | <i>Lechugas sembradas en tierra</i> | 85 |
| 4.6.2. | <i>Lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado</i> | 87 |
| 4.6.3. | <i>Prueba de hipótesis</i> | 89 |
| 4.6.3.1. | <i>Planteamiento de la hipótesis - VOLUMEN.</i> | 89 |
| 4.6.3.2. | <i>Planteamiento de la hipótesis - MASA.</i> | 90 |
| 4.7. | Curva de crecimiento de las lechugas | 92 |
| 4.8. | Base de datos SQLite | 92 |
| 4.9. | Análisis de costos. | 93 |
| 4.10. | Prueba de hipótesis y normalidad de los datos obtenidos por los sensores. | 94 |
| 4.10.1. | <i>Medición del sensor de temperatura DTH11 y PCE-310</i> | 95 |
| 4.10.2. | <i>Medición de humedad sensor DTH11 y PCE-310</i> | 96 |
| 4.10.3. | <i>Medición del índice de radiación UV sensor ML8511 y ML8511</i> | 97 |
| 4.10.4. | <i>Medición del sensor GAOHOU PHO -14 y PHMTRI</i> | 98 |
| 4.11. | Prueba de hipótesis y normalidad de los datos obtenidos por los actuadores. | 99 |
| 4.11.1. | <i>Validación de la distribución normal</i> | 100 |
| 4.11.2. | <i>Activación del ventilador</i> | 100 |
| 4.11.3. | <i>Activación del calefactor</i> | 100 |
| 4.11.4. | <i>Activación del dosificador de solución nutritiva</i> | 101 |
| 4.11.5. | <i>Activación del nebulizador</i> | 101 |
| 4.12. | Prueba de normalidad de los datos obtenidos en los cultivos. | 102 |
| 4.12.1. | <i>Lechugas sembradas en tierra.</i> | 102 |
| 4.12.2. | <i>Lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado</i> | 103 |
| | CONCLUSIONES | 104 |

| | |
|------------------------------|-----|
| RECOMENDACIONES | 106 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 1-2: | Comparativa de automatización de cultivos y sistemas hidropónicos..... | 7 |
| Tabla 2-2: | Requerimientos ambientales para el crecimiento de la lechuga hidropónica..... | 9 |
| Tabla 3-2: | Tipos de radiación UV..... | 11 |
| Tabla 4-2: | Comparativa tarjetas de desarrollo (Arduino) | 12 |
| Tabla 5-2: | Comparativa tarjetas de desarrollo (Raspberry Pi)..... | 13 |
| Tabla 6-2: | Comparativa tarjetas de desarrollo | 14 |
| Tabla 7-2: | Comparativa tipos de sensores de humedad y temperatura | 16 |
| Tabla 8-2: | Comparativa tipos de sensores pH..... | 17 |
| Tabla 9-2: | Comparativa sensores de índices de radiación UV..... | 18 |
| Tabla 10-2: | Comparativa de tipo de actuadores..... | 19 |
| Tabla 11-2: | Comparativa pantallas TFT del mercado..... | 21 |
| Tabla 12-2: | Comparativa de tipos de sistemas de control por su estructura | 22 |
| Tabla 13-2: | Comparativa sistemas actuales de control | 23 |
| Tabla 14-2: | Comparativa tipos de comunicación inalámbrica..... | 24 |
| Tabla 15-2: | Datos climáticos-históricos del tiempo Riobamba. | 25 |
| Tabla 1-3: | Principales características del Arduino UNO | 32 |
| Tabla 2-3: | Principales características de Raspberry Pi4b | 32 |
| Tabla 3-3: | Principales características del Sensor DHT11 | 33 |
| Tabla 4-3: | Principales características del Sensor luz ultravioleta UV ML8511 | 34 |
| Tabla 5-3: | Principales características del Sensor de PH GAOHOU PH0-14..... | 34 |
| Tabla 6-3: | Principales características de la Válvula solenoide | 35 |
| Tabla 7-3: | Principales características del Ventilado-Extractor de Aire | 36 |
| Tabla 8-3: | Principales características del calefactor eléctrico. | 36 |
| Tabla 9-3: | Principales características de la Bomba de agua sumergible..... | 37 |
| Tabla 10-3: | Principales características del módulo Relay X8..... | 38 |
| Tabla 11-3: | Principales características del módulo puente H-L298N..... | 38 |
| Tabla 12-3: | Principales características del módulo Nebulizador | 39 |
| Tabla 13-3: | Dispositivo de alimentación. | 40 |
| Tabla 14-3: | Conexión de terminales y módulos (Arduino Uno)..... | 42 |
| Tabla 15-3: | Conexión de terminales y módulos Raspeberry Pi 4b..... | 43 |
| Tabla 16-3: | Tanque de almacenamiento | 49 |
| Tabla 17-3: | Servo motor Tower pro MG996R | 55 |
| Tabla 1-4: | Análisis del error relativo en la medición de temperatura - DHT11 | 62 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 2-4: | Prueba de estabilidad temperatura – DHT11 | 63 |
| Tabla 3-4: | Análisis del error relativo en la medición de humedad - DHT11 | 64 |
| Tabla 4-4: | Prueba de estabilidad de humedad-DHT11 | 65 |
| Tabla 5-4: | Análisis del error relativo en la medición índice de radiación UV ML8511..... | 66 |
| Tabla 6-4: | Prueba de estabilidad en el sensor ML8511 (dispositivo prototipo). | 67 |
| Tabla 7-4: | Análisis del error relativo en la medición del pH GAOHOU PHO -14 | 68 |
| Tabla 8-4: | Prueba de estabilidad en el sensor GAOHOU PHO -14..... | 69 |
| Tabla 9-4: | Rangos ambientales y químicos lechuga hidropónica | 70 |
| Tabla 10-4. | Pruebas activación ventilador | 71 |
| Tabla 11-4. | Pruebas activación calefactor..... | 72 |
| Tabla 12-4. | Pruebas activación techo..... | 73 |
| Tabla 13-4. | Pruebas activación bomba sumergible..... | 74 |
| Tabla 14-4. | Pruebas activación dosificador solución nutritiva | 75 |
| Tabla 15-4. | Pruebas activación lavado sistema..... | 76 |
| Tabla 16-4. | Pruebas activación iluminación | 77 |
| Tabla 17-4. | Pruebas activación actuadores | 78 |
| Tabla 18-4. | Pruebas del nebulizador. | 79 |
| Tabla 19-4. | Prueba funcionamiento conexión vía servidor VNC | 82 |
| Tabla 20-4. | Prueba funcionamiento conexión directa dispositivo prototipo..... | 83 |
| Tabla 21-4. | Prueba consumo de corriente y voltaje dispositivo prototipo | 84 |
| Tabla 22-4. | Prueba consumo de corriente y voltaje dispositivo prototipo | 84 |
| Tabla 23-4. | Volumen y peso lechugas sembradas en tierra | 86 |
| Tabla 24-4. | Volumen y peso lechugas en el cultivo hidropónico NFT automatizado | 88 |
| Tabla 25-4. | Análisis de datos estadístico. | 89 |
| Tabla 26-4. | Datos estadísticos volumen prueba de hipótesis. | 90 |
| Tabla 27-4. | Datos estadísticos peso prueba de hipótesis..... | 91 |
| Tabla 28-4. | Análisis costo dispositivo prototipo..... | 93 |
| Tabla 29-4. | Análisis costo actuadores..... | 93 |
| Tabla 30-4. | Análisis costo infraestructura..... | 94 |
| Tabla 31-4. | Prueba de normalidad del sensor de temperatura..... | 95 |
| Tabla 32-4. | Prueba t del sensor de temperatura | 95 |
| Tabla 33-4. | Prueba normalidad del sensor de humedad..... | 96 |
| Tabla 34-4. | Prueba normalidad del sensor de humedad..... | 96 |
| Tabla 35-4. | Prueba normalidad del sensor de radiación UV | 97 |
| Tabla 36-4. | Prueba t del sensor de radiación UV | 98 |
| Tabla 37-4. | Prueba de normalidad del sensor de pH..... | 98 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 38-4. Prueba t del sensor de pH | 99 |
| Tabla 39-4. Prueba de normalidad de los actuadores | 100 |
| Tabla 40-4. Prueba t del ventilador | 100 |
| Tabla 41-4. Prueba t del calefactor..... | 101 |
| Tabla 42-4. Prueba t del dosificador | 101 |
| Tabla 43-4. Prueba t del nebulizador | 102 |
| Tabla 44-4. Prueba de normalidad del volumen y peso de las lechugas sembradas en tierra . | 102 |
| Tabla 45-4. Prueba de normalidad del volumen y peso de las lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado. | 103 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|--------------------------|---|----|
| Ilustración 1-2: | Proceso del modelo del sistema de monitoreo..... | 5 |
| Ilustración 2-2: | Estructura Backend capaz de controlar todos los sensores..... | 6 |
| Ilustración 3-2: | Estructura sistema hidropónico NFT con HMI..... | 7 |
| Ilustración 4-2: | Cultivo Hidropónico NFT..... | 9 |
| Ilustración 5-2: | Rangos de índice de radiación UV..... | 11 |
| Ilustración 6-2: | Sensor de humedad y temperatura: A) Capacitivos, B) Resistivos, C) Conductividad térmica..... | 15 |
| Ilustración 7-2: | Sensor de pH: A) Analítico. B) Electrodo C) EZOTM..... | 17 |
| Ilustración 8-2: | Sensor de radiación UV: (A) Adafruit Sensor SI1145 UV, (B) SPR200-07, (C) UV ML8511., (D) UVM30A..... | 18 |
| Ilustración 9-2: | Tipos de actuadores (A) Actuador Neumático,..... (B) Actuador Eléctrico, (C) Actuador Hidráulico..... | 19 |
| Ilustración 10-2: | Sistema de control automático..... | 21 |
| Ilustración 11-2: | Sistema de control automático..... | 22 |
| Ilustración 12-2: | Sistema de control lazo cerrado..... | 22 |
| Ilustración 13-2: | Índice de radiación UV anual Riobamba..... | 26 |
| Ilustración 1-3: | Concepción general del sistema hidropónico NFT automatizado..... | 29 |
| Ilustración 2-3: | Concepción del sistema por bloques..... | 30 |
| Ilustración 4-3: | Raspberry Pi4B..... | 32 |
| Ilustración 5-3: | Sensor DHT11..... | 33 |
| Ilustración 6-3: | Sensor ML8511..... | 33 |
| Ilustración 7-3: | Sensor GAOHOU PH0-14..... | 34 |
| Ilustración 8-3: | Válvula solenoide..... | 35 |
| Ilustración 9-3: | Ventilador extractor de aire..... | 35 |
| Ilustración 10-3: | Calefactor eléctrico..... | 36 |
| Ilustración 11-3: | Bomba de agua sumergible..... | 37 |
| Ilustración 12-3: | Módulo Relay X8..... | 37 |
| Ilustración 13-3: | Puente H-L298N..... | 38 |
| Ilustración 14-3: | Nebulizador..... | 39 |
| Ilustración 15-3: | Fuente alimentación dispositivo prototipo..... | 40 |
| Ilustración 16-3: | Enchufe 110 V AC..... | 40 |
| Ilustración 17-3: | Diagrama de conexiones del sistema..... | 41 |
| Ilustración 18-3: | Circuito esquemático Shield Arduino Uno..... | 44 |

| | | |
|--------------------------|---|----|
| Ilustración 19-3: | Circuito PCB Shield Arduino Uno | 44 |
| Ilustración 20-3: | Diseño Shield Arduino en PDF..... | 45 |
| Ilustración 22-3: | Diseño caja protectora en SolidWorks..... | 46 |
| Ilustración 23-3: | Caja protectora..... | 46 |
| Ilustración 24-3: | Diseño estructura en varilla metálica. | 47 |
| Ilustración 25-3: | Estructura de soporte y sujeción cultivo hidropónico NFT automatizado. ... | 48 |
| Ilustración 26-3: | Tanque colector 80 litros. | 49 |
| Ilustración 27-3: | Tuberías de distribución..... | 50 |
| Ilustración 28-3: | Canales de cultivo..... | 51 |
| Ilustración 29-3: | Tubería recolectora..... | 52 |
| Ilustración 30-3: | Infraestructura cultivo hidropónico NFT | 52 |
| Ilustración 31-3: | Servo motor Tower pro MG996R..... | 55 |
| Ilustración 32-3: | Diagrama de flujo algoritmo procesamiento Arduino. | 56 |
| Ilustración 33-3: | Diagrama de flujo algoritmo procesamiento Python 3.2 | 57 |
| Ilustración 34-3: | Diseño del sistema hidropónico NFT automatizado en SolidWorks 2020 ... | 58 |
| Ilustración 35-3: | Diseño interfaz sistema hidropónico NFT. | 59 |
| Ilustración 1-4: | Ubicación del Sistema Hidropónico Automatizado NFT terminado | 60 |
| Ilustración 2-4: | Humedad y Temperatura: A)Equipo patrón PCE 310, B)Sensor DHT11 | 61 |
| Ilustración 3-4: | Índice de radiación UV: A)Equipo patrón UVMS98-3, B)Sensor ML8511 | 65 |
| Ilustración 4-4: | Medidor pH: A) Equipo patrón PHMTR1, B) SensorGAOHOUPHO14 | 67 |
| Ilustración 5-4: | Porcentaje funcionamiento sensores DHT11, ML8511, GAOHOUPHO-14 | 69 |
| Ilustración 6-4: | A)Activación alerta ventilador B) Activación ventilador..... | 71 |
| Ilustración 7-4: | A)Activación alerta calefactor B) Activación calefactor | 72 |
| Ilustración 8-4: | A)Activación del techo B) Activación del techo. | 73 |
| Ilustración 9-4: | Activación bomba sumergible | 74 |
| Ilustración 10-4: | A)Activación alerta de dosificador. B) Dosificador solución nutritiva. | 75 |
| Ilustración 11-4: | A)Activación alerta lavado del sistema B)No activación lavada del sistema | 76 |
| Ilustración 12-4: | A) Activación iluminación sistema B) No activación iluminación sistema . | 77 |
| Ilustración 13-4: | A) Activación actuadores B) No activación calefactor C) Modulo relay x8 | 78 |
| Ilustración 14-4: | A) Activación alerta nebulizador B) Activación nebulizador. | 79 |
| Ilustración 15-4: | Dirección IP y nombre de la conexión VNC. | 80 |
| Ilustración 16-4: | Autenticación VNC..... | 80 |
| Ilustración 17-4: | Autenticación VNC..... | 81 |
| Ilustración 18-4: | A) Activación vía VNC, B) Activación dispositivo prototipo..... | 81 |
| Ilustración 19-4: | Lechugas sembradas en tierra | 85 |
| Ilustración 20-4: | Lechugas en el cultivo hidropónico NFT automatizado | 87 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 21-4: Gráficas peso lechugas terreno y lechugas hidropónicas NFT automatizado | 92 |
| Ilustración 22-4: Base de datos SQLite | 92 |
| Ilustración 23-4: Validación de la distribución normal de datos del sensor de temperatura. ... | 96 |
| Ilustración 24-4: Validación de la distribución normal de datos del sensor de humedad | 97 |
| Ilustración 25-4: Validación de la distribución normal de datos del sensor de índice UV | 98 |
| Ilustración 26-4: Validación de la distribución normal de datos del sensor de pH. | 99 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** HOJA DE DATOS DE LA RASPBERRY PI 4B.
- ANEXO B.** HOJA DE DATOS DE ARDUINO UNO.
- ANEXO C.** HOJA DE DATOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DTH11.
- ANEXO D.** SENSOR LUZ ULTRAVIOLETA UV ML8511.
- ANEXO E.** HOJA DE DATOS DE SENSOR DE PH GAOHOU PH0-14.
- ANEXO F.** HOJA DE DATOS DE LA VÁLVULA SOLENOIDE
- ANEXO G.** HOJA DE DATOS DE VENTILADOR-EXTRACTOR DE AIRE
- ANEXO H.** HOJA DE DATOS DE MÓDULO RELAY X8.
- ANEXO I.** HOJA DE DATOS DE CALEFACTOR HANDY HEATHER
- ANEXO J.** HOJA DE DATOS DEL PUENTE H-L298N
- ANEXO K.** HOJA DE DATOS SERVO MOTOR TOWER PRO MG996R.
- ANEXO L.** VOLUMEN LECHUGAS SEMBRADAS EN TIERRA
- ANEXO M.** PESO LECHUGAS SEMBRADAS EN TIERRA
- ANEXO N.** VOLUMEN LECHUGAS SEMBRADAS CULTIVO HIDROPÓNICO NFT AUTOMATIZADO
- ANEXO O.** PESO LECHUGAS SEMBRADAS CULTIVO HIDROPÓNICO NFT AUTOMATIZADO
- ANEXO P.** CÓDIGO PYTHON
- ANEXO Q.** CÓDIGO ARDUINO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------------------|---|
| °C | Grado Centígrado. |
| ATMEL | Tecnología Avanzada para la Memoria y la Lógica. |
| Cm | Centímetros. |
| DC | Direct Current. |
| Emmc | Embedded MultiMediaCard. |
| FAO | La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. |
| FPGAs | Field Programmable Gate Arrays. |
| GHz | Gigahercio. |
| GMU | Graphics Processing Unit. |
| GPIO | Entrada/Salida de Propósito General. |
| HDMI | Interfaz Multimedia de Alta Definición. |
| HMI | Interfaz Hombre-Máquina |
| IDE | Integrated Drive Electronics. |
| IEEE | Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. |
| LAN | Local Area Network. |
| LCD | Liquid Cristal Display. |
| Ma | Miliamperio. |
| Mbps | Megabits por Segundo. |
| Mhz | Megahercio. |
| mW/cm² | Mili watt por Centímetro cuadrado. |
| NFT | Nutrient Film Technique. |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas. |
| Ph | Potencial Hidrógeno. |
| PIB | Producto Interno Bruto. |
| PLC | Control Lógico Programable. |
| PVC | Polyvinyl Chloride. |
| TME | Tiempo Máximo Recomendado de Exposición (expresado en minutos). |
| UV | Ultravioleta. |
| V | Voltios. |
| VDC | Voltaje en Corriente Directa. |
| W | Vatios. |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity. |
| Win CC | Windows Control Center. |

| | |
|------------------------|------------------------------|
| WLAN | Wireless Local Area Network. |
| W/m² | watt por Metro cuadrado. |
| Er | Error relativo |
| CV | Coefficiente de variación |

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la implementación de un sistema de monitoreo y control automatizado de un cultivo hidropónico Técnica de Película Nutritiva (NFT), en la sede de la empresa Nova-Corp. Para el desarrollo del proyecto se empezó con la recolección de información, planificación de los requerimientos y objetivos a efectuarse, a través de la investigación experimental, aplicada y la metodología investigativa experimental. El sistema se conformó por un panel de control y monitoreo (dispositivo prototipo) el cual se construyó con dispositivos electrónicos, tarjetas de desarrollo Raspberry Pi 4b, Arduino Uno y una interfaz gráfica realizada en Python que muestra en una pantalla táctil. Este dispositivo se encarga de procesar la información que proviene de los sensores para la medición de las variables climáticas, activa y desactiva los actuadores de manera automática y manual, controlando así el microclima dentro del cultivo. También generó una base de datos en SQLite de las variables climáticas dentro del cultivo hidropónico automatizado NFT, durante el periodo de crecimiento de las plantas (lechugas), esto estuvo integrado a una infraestructura hidropónica NFT. Se realizaron varias pruebas de estabilidad y repetitividad para validar el funcionamiento de los sensores y actuadores que integran el sistema, obteniendo un rango de resultados aceptable en la mayoría de los casos. Adicionalmente, se efectuó un análisis estadístico de la población de plantas, en cuanto a su volumen y masa, mediante el planteamiento de una hipótesis donde se observó que el producto alcanzó un crecimiento superior en volumen y masa con respecto a un cultivo tradicional en tierra. Se concluye que el sistema hidropónico automatizado NFT, es innovador y beneficioso para una agricultura sustentable aplicada al uso doméstico. Se recomienda ampliar los tiempos de prueba e implementarlo en más lugares.

Palabras clave: <CONTROL AUTOMATIZADO>, <MONITOREO>, MICROCLIMA>, <TARJETAS DE DESARROLLO>, <SISTEMA NFT>, <TÉCNICA DE PELÍCULA NUTRITIVA (NFT)>.



[Handwritten signature]
2022/11/2022

2092-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The objective of this research project was the implementation of an automated monitoring and control system for a Nutrient Film Technique (NFT) hydroponic crop, at the headquarters of the Nova-Corpccompany. The development of the project began with the collection of information, the planning of the requirements and the objectives to be carried out, through experimental-application research andthe experimental research methodology. The system was made up of a control and monitoring panel (prototype device) which was built with electronic devices, Raspberry Pi 4b development cards, Arduino Uno, and a graphical interface made in Python which is displayed on a touch screen. This device is responsible for processing the information that comes from the measurement sensors of theclimatic variables, it activates and deactivates the actuators automatically and manually, thus controlling the microclimate within the crop. It also generated a database in SQLite of the climatic variables within the automated NFT hydroponic crop, during the growth period of the plants (lettuce), this was integrated into an NFT hydroponic infrastructure. Several stability and repeatability tests were carried out to validate the operation of the sensors and actuators that make up the system, obtaining an acceptable range of results in most cases. Additionally, a statistical analysis of the plant population was carried out, in terms of its volume and mass, by proposing a hypothesis where it wasobserved that the product reached a higher growth in volume and mass with respect to a traditional crop on land. It is concluded that the NFT automated hydroponic system is innovative and beneficial for sustainable agriculture applied to domestic use. It is recommended to extend the test times and implement it in more places.

Keywords: <AUTOMATED CONTROL>, <MONITORING>, <MICROCLIMATE>, <DEVELOPMENT CARDS>, <NFT SYSTEM>, <NUTRIENT FILM TECHNIQUE (NFT)>



Lic. Nelly Padilla P.
0603818717
DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente proyecto investigativo contiene cuatro capítulos. El primer capítulo plantea el problema con una visión general del proyecto, también señala los antecedentes y se establece los objetivos planteados del mismo; el segundo capítulo aborda los temas relacionados al marco teórico, el cual trata sobre las necesidad y requerimientos del sistema del cultivo hidropónico automatizado a través del establecimiento de variables (diseño, testeo); el tercer capítulo detalla los requerimientos del sistema y del usuario, el diseño del hardware, software y la infraestructura precisa del sistema hidropónico automatizado, a continuación enumera las etapas que lo conforman especificando sus componentes, características y esquemas; finalmente el cuarto capítulo explica los resultados obtenidos, experiencias, conocimiento, efectúa las pruebas necesarias para la validación del funcionamiento del proyecto propuesto, posteriormente se indican las conclusiones y recomendaciones.

Para cumplir los objetivos planteados, se usará una metodología basada en revisiones bibliográficas, explorando archivos escritos de la comunidad científica en Google IEEE, Xplore, Scholar, Scielo y tesis de grado relacionadas al tema investigativo sobre prototipos y sistemas desarrollados, con el propósito de tener referencias de los medios usados que puedan ser aplicados en el proyecto.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las innovaciones de la agricultura se llevaron a cabo durante el periodo Neolítico, entonces se inició un periodo de gran trascendencia histórica, donde las nuevas civilizaciones ocupadas en la agricultura se dedicaron a mejorar los procesos y técnicas ya conocidas, tanto en las herramientas, como en el esfuerzo de socializar con otras personas sobre sus conocimientos. Dentro de este periodo destaca Roma que fue a la par con la agricultura de Mesopotamia, Egipto, China y la India. Además, se dieron innovaciones en el desarrollo de técnicas de agricultura, se referenciaron con la agricultura sumeria introduciendo métodos como: el regadío (molinos para el bombeo de agua), arado por bueyes, las prensas de aceite, el drenaje de tierras, abono, la rotación de cultivos (etifa, 2020). Todas estas técnicas se usan en la actualidad, adaptándose a las diferentes innovaciones tecnológicas. De la misma manera, que se combinan para mejorar la producción agrícola y facilitar los procesos, simplificando la calidad de vida de las personas.

El cultivo es a un aspecto importante en El PIB (Producto Interno Bruto), que se ha visto afectado en las últimas décadas, debido al uso de productos químicos y por la rápida urbanización e industrialización. Para superar el problema imperante, se propone los cultivos realizados en casa, tales como, los cultivos hidropónicos; donde el consumo de espacio y el agua son mínimos. Este es un método para cultivar plantas, utilizando exclusivamente agua y nutrientes, sin tierra. La automatización del sistema hidropónico mejora la eficiencia y reduce trabajo manual. (Umamaheswari, Preethi, Pravin, & Dhanusha, 2016), El sistema hidropónico propuesto se basa en los conceptos del sistema integrado, facilita el crecimiento de múltiples cultivos bajo un solo controlador, tiene los suplementos necesarios para los cultivos que se proporcionan en base a los insumos obtenidos del pH y el sensor de nivel de agua utilizados. El agua y los nutrientes están controlados y monitoreados a intervalos de tiempo regulares, con un algoritmo eficiente para controlar todas las funcionalidades.

1.2. Planteamiento del problema

El mundo atraviesa una problemática ambiental y ecológica de gran importancia como es la urbanización y una industrialización descontrolada en todos los países desarrollados y en vías de desarrollo. Esto genera una gran contaminación de los recursos naturales, perjudicando así a la población (Díaz Coutiño, 2019). Mediante un reporte generado por las Naciones Unidas actualmente la explotación descontrolada de los recursos naturales como causa del incremento desmedido de la población y el calentamiento global, han puesto como prioridad mundial estas problemáticas. Las cuales han causado el estado crítico del planeta, referente al acceso y disponibilidad del agua y alimentos para las personas (Naciones Unidas, 2019). La actividad agrícola se la considera como una de las actividades fundamentales de la economía del Ecuador, para la seguridad alimentaria y la economía; la Productividad Agrícola del Ecuador indica que esta gestión aporta con el 8.5% del PIB del país, convirtiéndose en un rubro muy importante. Se estima que la población de países en vías de desarrollo para el 2050, llegará a duplicarse por lo que se necesitará un incremento del 50% en la producción alimentaria del Ecuador. (FAO, 2017). En su afán de cubrir las necesidades alimentarias de las personas se ha optado por la agricultura a gran escala. Esta genera grandes cantidades de producción, pero paralelamente ha provocado grandes problemas como la insostenibilidad, en el transcurso de largos periodos de tiempo. Por motivo que esta clase de cultivos utiliza grandes cantidades de pesticidas, maquinaria, agua, insumos inorgánicos y principalmente situarse en inmensas áreas de tierras, ocasionando deforestación, uso desmedido del recurso agua y agotamiento del suelo.

Con lo anteriormente mencionado, surge la necesidad de aplicar estas nuevas tecnologías de cultivos en el Ecuador, mediante un pedido planteado por la empresa Nova Corp. de diseñar e implementar un cultivo hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) automatizado, que se pueda implementar en lugares poco habituales como interiores de casas, espacios reducidos sin el uso de tierra, con un sistema de monitoreo móvil en tiempo real de las variables climáticas y químicas almacenados en una base de datos. Para posteriormente realizar un análisis de las mismas y así obtener un método de cultivo eficiente y adecuado para las distintas especies de plantas a cultivarse. Este proyecto tiene un gran impacto económico y social ya que, mejorará la calidad de vida de muchas comunidades con la comercialización de la producción y generando fuentes alternas de ingresos.

1.3. Justificación

En el proyecto investigativo se abordarán distintos temas que se analizaron en los semestres de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización, estos conocimientos servirán como base fundamental teórica y práctica para su desarrollo. El proyecto involucra principalmente asignaturas como Sistemas de Microcontroladores, Instrumentación y Sensores.

El desarrollo de este proyecto investigativo tiene como finalidad realizar un sistema de monitoreo y control automatizado en un cultivo hidropónico NFT, este sistema indicará y permitirá controlar las variables climáticas y químicas como: pH de la solución nutritiva, temperatura, humedad, índice de radiación UV dentro del cultivo hidropónico NFT; obteniendo datos que serán almacenados en una base de datos, para posteriormente analizar el crecimiento de masa y volumen. En cuanto a las dimensiones del cultivo, serán de tamaño pequeño teniendo en cuenta que estará diseñado para espacios limitados (patios, terrazas, balcones, cuartos), finalmente estará implementado en la sede la empresa Nova Corp., ubicada en Riobamba.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

-Implementar un sistema de monitoreo y control automatizado de un cultivo hidropónico NFT.

1.4.2. Objetivos específicos

-Investigar acerca de los elementos tecnológicos utilizados en los cultivos hidropónicos NFT.

-Identificar las diferentes técnicas y métodos empleados para los cultivos hidropónicos.

-Seleccionar el hardware y software para el diseño del sistema de monitoreo y control del prototipo.

-Evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control automatizado de un cultivo hidropónico NFT.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestran aspectos teóricos e información recolectada de investigaciones y trabajos realizados previamente relacionados a automatizaciones de cultivos tradicionales. También se describe información importante sobre cultivos hidropónicos NFT con la finalidad de resolver la problemática abordada en la introducción.

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Trabajos previos realizados sobre automatización de cultivos en invernaderos y cultivos hidropónicos.

Red de sensores Inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos: se diseñó e implementó una red para el monitoreo de variables agroecológicas dentro de ambientes controlados **Ilustración 1-2**, encontrado y probando nuevas tecnologías que permitieron mejorar la competitividad del sector primario de la economía, mediante el monitoreo de variables a través de dispositivos electrónicos de medición y transmisión de datos en tiempo real a dispositivos remotos y a ordenadores (Barbosa Pira, 2019).

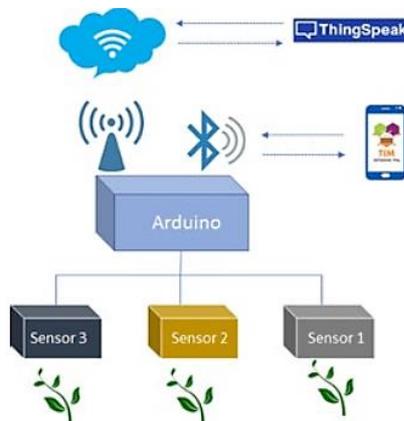


Ilustración 1-2: Proceso del modelo del sistema de monitoreo

Fuente: (Barbosa Pira, 2019).

Hardware y Software artificial para el cuidado de cultivos: se desarrolló en la Universidad Politécnica de Valencia un hardware y software de un sistema de iluminación artificial para cultivos protegidos. El sistema consta de un conjunto de lámparas, circuitos de control de potencia y sensor de intensidad de luz, que junto con un software desarrollado en LabVIEW® permiten realizar el control sobre la cantidad de energía irradiada a lo largo del proceso de cultivo teniendo en cuenta cómo se distribuye esta energía en cada fotoperiodo. Todo este proceso de monitoreo

tiene lugar en una computadora que está conectada a un dispositivo Arduino MEGA, que sirve como tarjeta de adquisición de datos (Al-Hadithi, 2016).

Prototipo de invernadero inteligente con uso de Raspberry para cultivos diversos: se realizó una propuesta por parte de los estudiantes de la Universidad de Guayaquil, de un invernadero para multicultivos haciendo uso de la tecnología de sensores y Raspberry pi, en la **Ilustración 2-2** se muestra el sistema prototipo hidropónico, con valores en tiempo real a través de una interfaz dinámica y amigable con su usuario. Dando a conocer las bondades de producción que un invernadero inteligente podría brindar a las personas que se interesen en hacer una plantación o cultivo en casa o a mayor escala, debido a que este sistema de control y riego haría el trabajo de monitoreo de los parámetros ambientales (temperatura y humedad) en el momento adecuado y así evitar la pérdida del cultivo. Uno de los principales objetivos de este trabajo es dar una solución práctica a los problemas que presentan los invernaderos. Específicamente se centró en los problemas que tienen los agricultores para usar la tecnología y llevar a la automatización los invernaderos, así como el excesivo consumo de energía eléctrica, la mala lectura de las principales variables y el desperdicio de agua.

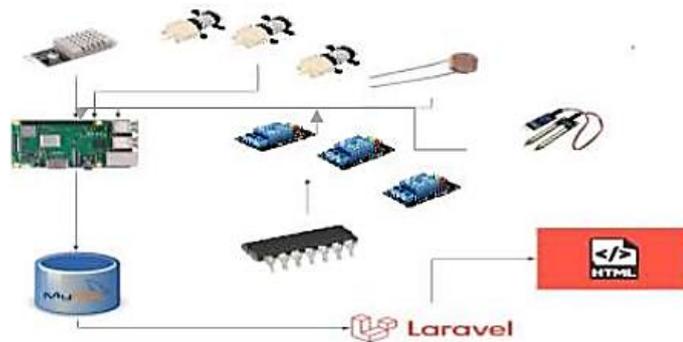


Ilustración 2-2: Estructura Backend capaz de controlar todos los sensores

Fuente: (Guaricela Castro, 2021)

Diseño e implementación de un prototipo con HMI: se diseñó e implementó un prototipo con HMI para automatizar un cultivo hidropónico de lechugas en la Escuela Politécnica de Chimborazo, como se indica en la **Ilustración 3-2**, usaron una interfaz HMI (hombre máquina) diseñada en la plataforma LOGO, mediante el uso de PLC, el cual fue implementado en la facultad de Recursos Naturales.

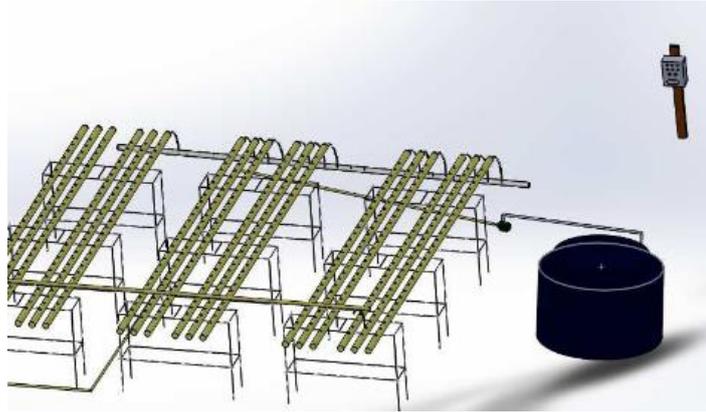


Ilustración 3-2: Estructura sistema hidropónico NFT con HMI

Fuente: (LUISA C, 2013)

Tabla 1-2: Comparativa de automatización de cultivos y sistemas hidropónicos

| SISTEMA PROTOTIPO | CARACTERÍSTICAS |
|--|---|
| a) Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos | <ul style="list-style-type: none"> -Variables que mide: Temperatura, humedad, luminosidad. -Elementos electrónicos usados: Arduino, módulo Bluetooth, pantalla LCD, sensor lm35, foto celda. -Interfaz: SI. -Software Usado: ThingSpeak. -Conectividad inalámbrica: Bluetooth. -Uso: Doméstico -Base de datos: NO |
| b) Diseño e implementación de un prototipo con HMI para automatizar procesos de cultivo hidropónico de lechuga | <ul style="list-style-type: none"> -Variables que mide y controla: Temperatura, humedad. -Elementos electrónicos usados: PLC Logo, módulo AM2 R, Fuente de Voltaje de 24, sensor nivel, sensor temperatura pt100 -Interfaz: SI. -Software Usado: Win CC. -Conectividad inalámbrica: NO. -Uso: Industrial - Base de datos: NO |
| c) Prototipo de invernadero inteligente con uso de Raspberry para cultivos diversos | <ul style="list-style-type: none"> -Variables que mide y controla: Temperatura, humedad, luminosidad -Elementos electrónicos usados: Raspberry Pi3b, Fuente 5v, Sensor de humedad-YL-69, foto celdas -Interfaz: SI. -Software Usado: Java Script. -Conectividad inalámbrica: NO. -Uso: Doméstico -Base de datos: SI |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **tabla 1-2**, se presentan algunos sistemas prototipos realizados, similares a este proyecto de investigación, con sus principales características y funcionamiento. Los sistema prototipo hidropónico a), permite visualizar solo las variables: temperatura, humedad y luminosidad pero no llevan a cabo una etapa de control de automatización, sobre las variables expuestas, además de no poseer base de datos ni buena conectividad ya que se ve limitada por su conexión, vía Bluetooth y mediante el uso de un Arduino; el sistema prototipo hidropónico b), es de tipo industrial, requiere gran espacio para ser implementado, usa PLC por lo genera gran costo y no posee conectividad inalámbrica; finalmente el sistema prototipo hidropónico c), posee mejores características que los anteriores mencionados, pero se ve limitado porque no controla la variable pH, posee poca portabilidad y es de uso industrial. Con lo anteriormente mencionado y dados los requerimientos del presente proyecto de investigación, se hace necesario el desarrollo e implementación del sistema de monitoreo y control automatizado de un cultivo hidropónico NFT, que controle más variables climáticas y químicas, posea una buena conectividad remota (Wi-Fi), una interfaz gráfica amigable con el usuario, tenga gran portabilidad, fácil implementación y finalmente que genere una base de datos la cual puede ser usada por expertos para mejorar los procesos de cultivos hidropónicos NFT.

2.2. Productividad agrícola en el Ecuador

La agricultura ha seguido con una tendencia decreciente pasando del 8.5% del PIB en el año 2000 al 7.2% en 2014, con los datos obtenidos se considera que la actividad agrícola en el Ecuador sigue siendo una actividad importante que principalmente está orientada al mercado interno y a la exportación (Castillo, 2014). El país tiene tres regiones climáticas Costa, Sierra y Oriente, el dispositivo está ubicado en la región sierra central, con un clima particularmente-templado que oscila entre los 3 a 20 grados Celsius, y con una producción principalmente de trigo, cebada, papas, verduras, legumbres, hortalizas.

2.3. Sistemas de hidroponía

La Hidroponía es la técnica de producción de cultivo sin el uso del suelo, mediante la cual se abastece de nutrientes y agua a través de una solución nutritiva según el requerimiento de la planta. También, se reemplaza el suelo con el uso de sustratos; este método brinda las condiciones necesarias para un mejor desarrollo y crecimiento de la planta (generacionverde, 2021). Se destacan 5 tipos de métodos para la agricultura hidropónica:

- Sistema Hidropónico NFT.
- Sistema Hidropónico Raíz Flotante.
- Sistema Hidropónico Aeropónica.
- Sistema Hidropónico de flujo y reflujo.
- Sistema Hidropónico por goteo.

2.3.1. Cultivos hidropónicos NFT

Consiste en crear una película de solución nutritiva que se encuentra recirculando, debido a que el flujo de la solución es constante, se debe tener un sistema de recirculación eficiente, además de que el uso de sustratos es opcional. La solución nutritiva es bombeada desde un tanque hacia los tubos de PVC, con la especie de planta a cultivarse, donde sus raíces están en contacto con la película recirculante de solución nutritiva, como se indica en la **Ilustración 4-2**. (generacionverde, 2021).



Ilustración 4-2: Cultivo Hidropónico NFT

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

2.3.2. Requerimientos ambientales para el crecimiento de la lechuga hidropónica

Se acordó con la empresa Nova Corp. mediante requerimiento de esta, sembrar lechugas en el sistema prototipo hidropónico como prueba de funcionamiento; la planta de lechuga es de ciclo corto esto quiere decir que su ciclo vegetativo transcurre en un tiempo máximo de 1 año, pudiendo llegar incluso a algunos meses, posteriormente se puede volverá sembrar después de cada cosecha, a continuación, se muestran **tabla 2-2** los valores ambientales para su óptimo crecimiento:

Tabla 2-2: Requerimientos ambientales para el crecimiento de la lechuga hidropónica

| REQUERIMIENTOS AMBIENTALES | MÁXIMO | MÍNIMO | RANGO ÓPTIMO |
|---|--------|--------|--------------|
| HUMEDAD % | 90 | 60 | 50-80 |
| TEMPERATURA °C | 30 | -6 | 14-20 |
| PH | 6 | 5,5 | 5,5-6 |
| ÍNDICE DE RADIACIÓN UV(MW/cm ²) | 4 | > 0 | 0-4 |

Fuente: (Manzano, 2018)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

2.4. Variables climáticas en un cultivo

Las principales variables climáticas que afectan al desarrollo de los cultivos son (fao, 2021):

2.4.1. Temperatura

2.4.1.1. Temperaturas bajas

Cuando desciende la temperatura, se observa un retardo en el desarrollo; cuando las temperaturas sean lo suficientemente bajas como para llegar a helar, producirá un daño severo en los tejidos jóvenes de las plantas.

2.4.1.2. Temperaturas altas

Cuando se tiene este tipo de temperaturas en los cultivos se necesitarán más insumos como son agua, nutrientes, radiación solar, para así poder mantener su metabolismo nivelado. Si se quiere evitar pérdidas importantes en cuanto al rendimiento, cuando aumente la temperatura se deberá ser precisos en el manejo del cultivo diario.

2.4.2. Radiación solar

La cantidad de radiación solar que podrá receptor un cultivo incidirá directamente en el crecimiento. Cuando existe un exceso de radiación no existirá un problema, siempre y cuando estén disponibles los nutrientes y agua necesarios. Si tenemos una radiación baja y aparte acompañada por temperaturas altas, se reducirá el número de frutos esto se ve directamente relacionado con el rendimiento (fao, 2021).

2.4.2.1. Índice de radiación UV

Es una medida que permite identificar el nivel de radiación solar ultravioleta que existe en la superficie de nuestro planeta en distintos momentos. La Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, el Programa ONU para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional contra la Radiación avalan esta medida, como se indica en la **Ilustración 5-2**.

| ÍNDICE UV | RIESGO | TME* |
|-----------|----------|------|
| 0 a 2 | BAJO | 60+ |
| 3 a 5 | MODERADO | 45 |
| 6 a 7 | ALTO | 30 |
| 8 a 10 | MUY ALTO | 25 |
| 11 o + | EXTREMO | 10 |

Ilustración 5-2: Rangos de índice de radiación UV

Fuente: (Computer hoy, 2020)

Se dividen en 3 tipos principales: radiación ultravioleta A (UVA), radiación ultravioleta B (UVB) y radiación ultravioleta C (UVC). Esta división está basada en las distintas medidas de longitud de onda, la cual viene dada en nanómetros ($1\text{nm}= 1\times 10^{-9}\text{ m}$), a continuación, se detalla en la **tabla 3-2** los diferentes tipos de longitud de onda y su nivel de absorción.

Tabla 3-2: Tipos de radiación UV

| TIPO DE ONDA | UVA | UVB | UVC |
|---------------------------|--|--|---|
| LONGITUD DE ONDA | 315- 399 nm. | 280-314 nm. | 100-279 nm. |
| NIVEL DE ABSORCIÓN | No son absorbidas por la capa de ozono | En su mayoría las ondas son absorbidas por la capa de ozono, pero alguna cantidad imperceptible llega a la superficie de la Tierra | Completamente absorbida por la capa de ozono y la atmósfera |

Fuente: (Computer hoy, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

2.4.3. pH del suelo

La alcalinidad o acidez de un suelo se miden en unidades de pH, esta variante tiene unidades que van de 1 a 14, los valores extremos no ocurren en los suelos agrícolas o en soluciones nutritivas para los cultivos hidropónicos. El $\text{pH}=7$, se considera neutro, si los valores varían 7 a 4 se considera que la acidez aumenta en el suelo o en soluciones nutritivas y si los valores cambian de 7 a 10 se considera que aumenta la alcalinidad. Como principal efecto del pH se tiene: si es muy alto o muy bajo los nutrientes pueden estar disponibles en cantidades excesivas (fao, 2021).

2.5. Tarjetas de desarrollo

2.5.1. Arduino

Es una placa basada en un microcontrolador ATMEL, es un circuito integrado en el que se pueden grabar instrucciones, las mismas que son grabadas en un lenguaje de programación que utiliza el entorno Arduino IDE, mediante las cuales se podrán crear programas (xataka, 2021), sus principales modelos son:

Tabla 4-2: Comparativa tarjetas de desarrollo (Arduino)

| Modelo | Alimentación | Procesador | RAM KB | Puertos E/S | Frecuencia Mhz | Ilustración |
|------------------|--------------|--------------|--------|-------------|----------------|---|
| ARDUINO UNO | 5 VDC | ATmega 328p | 32/2 | 14 | 16 |  |
| ARDUINO MEGA | 5 VDC | ATmega 32560 | 256/8 | 54 | 16 |  |
| ARDUINO NANO | 5 VDC | ATmega 328p | 32/2 | 14 | 16 |  |
| ARDUINO LEONARDO | 5 VDC | ATmega 32u4 | 28/2.5 | 14 | 16 |  |

Fuente: (Xataka, 2019)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Se muestra en la **tabla 4-2**, después de una comparativa con los modelos disponible de Arduino se optó por elegir al Arduino Uno, para la concepción del trabajo de investigación ya que presenta mejores prestaciones tanto en su memoria RAM, así como en la cantidad de puertos, robustez,

voltaje de funcionamiento, puerto USB (indispensable para la comunicación con la Raspberry Pi 4b), bajo cote económico y disponibilidad en el mercado.

2.5.2. Raspberry PI

Es un ordenador de placa reducida de bajo costo, desarrollado en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, compatible con el sistema operativo Raspbian y con lenguajes de programación como Python, Java, Scratch, sus principales modelos son:

Tabla 5-2: Comparativa tarjetas de desarrollo (Raspberry Pi)

| MODELO | CPU | RAM | Puertos E/S | Conectividad inalámbrica | Ilustración |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|---|
| RASPBERRY PI 4B | 1.5-GHz, 4-core Broadcom BCM2711 | 2 GB 4 GB 8GB | 2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x micro-HDMI | 802.11ac / Bluetooth 5.0 |  |
| RASPBERRY PI 3 B+ | 1.4-GHz, 4-core Broadcom BCM2837B0 | 1 GB | 4 x USB 2.0, HDMI | 802.11ac, Bluetooth 4.2, Ethernet |  |
| RASPBERRY PI ZERO W | 1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 | 512 MB | 1x micro USB, 1x mini HDMI | 802.11n / Bluetooth 4.1 |  |
| RASPBERRY PI ZERO WH | 1-GHz, 1-core Broadcom BCM2835 | 512 MB | 1x micro USB, 1x mini HDMI | 802.11n / Bluetooth 4.1 |  |

Fuente: (raspberrypi, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Después de una comparativa, con los modelos disponible de Raspberry pi, como se muestra en la **tabla 5-2**, se eligió a la Raspberry Pi 4b para la concepción del trabajo de investigación, presenta mejores prestaciones en su memoria RAM y en la cantidad de puertos, frecuencia de trabajo 1.5 GHz, conectividad inalámbrica Wi-Fi, puertos USB, su disponibilidad en el mercado y su costo.

Además, al ser el último modelo de Raspberry, existen muchos proyectos de investigación y por ende más información referente a proyectos similares.

2.5.4. FPGAs

Field Programmable Gate Arrays es un “hardware programable” que contiene circuitos integrados formados por interconexiones programables, que combinan bloques lógicos de memoria embebida y señales digitales de procesos, entre otros. Resuelven un problema al ser programados para establecer instrucciones específicas, existen tres tipos de familias divididas por su Flash y RAM, sus principales modelos son:

- FPGA-SRAM: Xilinx Spartan/Virtex, Altera Cyclon/Stratix, Lattice EP/SC
- FPGA-Flash: Actel Fusion/Igloo (ultra-low power)
- FPGA-FLASH-SRAM: Lattice XP family, Xilinx Spartan 3AN.

Tabla 6-2: Comparativa tarjetas de desarrollo

| | Raspberry PI | Arduino | Banana PI | FPGAs |
|--------------------|---|---|--|--|
| Ventajas | Tiene una gran fila de terminales GPIO de entrada y salida con múltiples usos, dispone de una ranura para una tarjeta microSD. Posee varios puertos: Ethernet, HDMI, Wi-Fi, LAN y para integrar en las placas de Arduino con shields. Soporta muchos lenguajes de programación. | Es funcional, económico y sencillo de programar. Es una plataforma de código abierto con varias aplicaciones y distintas posibilidades de desarrollo de proyectos. Su hardware es robusto | Tiene compatibilidad con el sistema Android. Presenta un puerto Ethernet, micrófono, receptor de infrarrojos y socket SATA. | El rendimiento es bueno por la posibilidad de adecuar su hardware para cada aplicación específica. Son eficientes en energía ya que no se pierde los recursos del silicio. |
| Desventajas | Su consumo de energía es mayor. Se debe descargar software porque no está incluido en el paquete. | Menor velocidad en el procesamiento de datos. No dispone un módulo Wi-Fi incorporado. | La información y soporte de software es reducida. Tiene un costo elevado porque no se encuentra disponible en todas las tiendas. | Sus picos de rendimiento son inferiores a pesar de que funciona con las frecuencias bajas del reloj. No posee módulo Wi-Fi. |

Fuente: (Xataka, 2019)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Es preciso tener las tarjetas de desarrollo adecuadas que posiblemente se utilicen para el proceso, se exponen las ventajas y desventajas. Al analizar la información que se presenta en la **tabla 6-2**,

la Raspberry Pi es superior tanto en procesamiento, lenguajes de programación, implementación de servidores, tipo de puertos y módulos de comunicación que ya vienen integradas en la misma, al contrario de lo que sucede en las tarjetas Arduino, Banana Pi y FPGAs en las cuales pueden ser integrados dichos sistemas, pero, mediante la compra de módulos extras en algunos casos y en otros no. Como se ha planteado en los objetivos del presente proyecto de investigación se prevé la implementación de un sistema de control mediante una interfaz gráfica amigable con el usuario, la cual requerirá de la instalación de una pantalla táctil y utilizará la mayoría de los terminales GPIO, dejando insuficientes terminales GPIO para la conexión de los sensores. Por lo que, se ha optado por el uso de un sistema embebido, añadiendo una tarjeta Arduino donde irán conectados los sensores y algunos actuadores, esto traerá muchas ventajas ya que soluciona el problema de la falta de terminales GPIO. También proporciona un sistema extra de seguridad requerido por la empresa Nova Corp. ante eventos de sobrecargas o malas manipulaciones de los sensores y actuadores, asegurando así que si llegase a suceder uno de estos eventos no deseados se perdería el Arduino y no la Raspberry Pi, la cual es mucho más costosa que el Arduino. Finalmente, otra razón para el uso de una tarjeta adicional es el empleo de un sensor de pH que en el mercado actual solo es compatible con la tarjeta Arduino.

2.6. Sensores

Son dispositivos que detectan cambios en el entorno y responden a alguna salida en el otro sistema, convierten un fenómeno físico en un voltaje analógico o digital medible para ser procesada según los requerimientos.

2.6.1. Sensor humedad y temperatura

Son dispositivos muy importantes que ayudan a medir la humedad ambiental. Técnicamente, el dispositivo utilizado para medir la humedad y temperatura de la atmósfera se llama higrómetro, tal y como se muestra en la **Ilustración 6-2**.

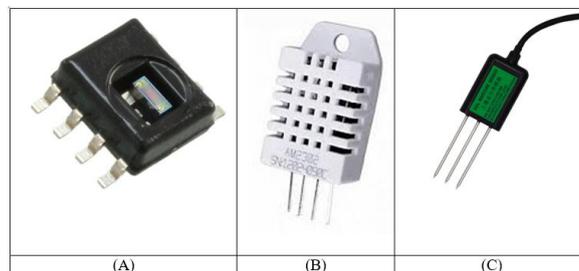


Ilustración 6-2: Sensor de humedad y temperatura: A) Capacitivos, B) Resistivos, C) Conductividad térmica.

Fuente: (directindustry, 2020)

A continuación, se muestra la comparativa entre los distintos tipos de sensores de humedad y temperatura:

Tabla 7-2: Comparativa tipos de sensores de humedad y temperatura

| Tipos | Funcionamiento | Ventajas | Desventajas | Aplicaciones | Existentes |
|---|---|---|--|--|---------------------------------------|
| Sensor de humedad y temperatura capacitiva | Entre las placas del condensador generalmente se llena con un material dieléctrico apropiado (aislador) cuya constante dieléctrica varía cuando está sujeto a cambios en humedad. | -El voltaje de salida es casi lineal. -Proporcionan resultados estables durante un uso prolongado. -Puede detectar un amplio rango de humedad relativa. | -La distancia desde el sensor y el circuito de señalización es muy limitada. | -Impresoras y máquinas de fax -Automóviles -Estaciones meteorológicas -refrigeradores, hornos y secadores | -HIH6000 -HIH9000 -HIH-4602-A/C |
| Sensor de humedad y temperatura resistivos (de conductividad eléctrica) | Miden la resistencia (impedancia) o la conductividad eléctrica a través de conductores no metálicos dependiendo del contenido de agua | -Bajo costo -Tamaño pequeño -La distancia entre el sensor y el circuito de señal puede ser grande. -No tiene estándares de calibración. | -Son sensibles a los vapores químicos y otros contaminantes -Las lecturas de salida pueden variar si se usan con productos solubles en agua | -Industriales -Domésticas residenciales -Comerciales | -DHT22 -DHT11 -31K -AOSONG |
| Sensor de humedad y temperatura de conductividad térmica | Está basado en la conductividad térmica a través de un termistor | -Adecuado para ambientes de alta temperatura y situaciones de alta corrosión. -Muy duradero -Mayor resolución | -Si se expone a cualquier gas con propiedades térmicas diferentes de lo que el nitrógeno se puede descalibrar -Alto costo | -deshidratación de alimentos -Hornos de secado -Secadoras de ropa y secadoras | -RS485 4-20mA -FC-28 |

Fuente: (electronicalugo, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **tabla 7-2** se presentan tres tipos probables de sensores de humedad y temperatura a usarse en el sistema prototipo hidropónico con sus principales características, de acuerdo a los objetivos establecidos previamente, los sensores de humedad y temperatura resistivos son los más adecuados, ya que por su bajo costo, larga distancia de lectura entre el sensor y el circuito de señal, disponibilidad en el mercado, tamaño pequeño y precisión se acoplan perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.6.2. Sensor de pH

Este tipo de sensor es una herramienta que permite medir la alcalinidad o la acidez de una solución, su escala de medida va 0 a 14, tal y como se muestra en la **Ilustración 7-2**.

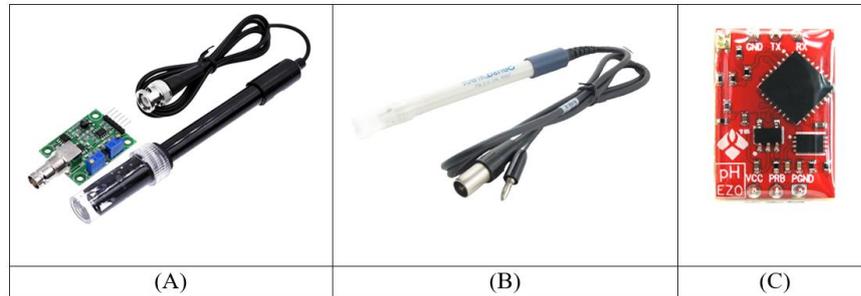


Ilustración 7-2. Sensor de pH: A) Analítico. B) Electrodo C) EZOTM

Fuente: (directindustry, 2020)

A continuación, se muestra una comparativa entre los distintos tipos de sensores de pH.

Tabla 8-2: Comparativa tipos de sensores pH

| TIPO | CARACTERÍSTICAS | | | | | | |
|--------------|-----------------|-------------------|-------------|---------------|----------------|---------------------------|-------|
| | Voltaje | Rango de medición | Error | Temperatura | Tiempo de vida | Disponibilidad en el país | Costo |
| Ph Analítico | 5 V | (0-14) Ph | +/- 0,1Ph | (0-60) °C | >1 año | NO | bajo |
| pH Electrodo | 5 V | (0-14) pH | +/- 0,2 pH | (-10 – 80) °C | >1 año | SI | bajo |
| pH EZOTM | 3,3 V o 5 V | (0-14) pH | +/-0,002 pH | (1-99) °C | ~ 2,5 años | NO | Alto |

Fuente: (Montero, 2017)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 8-2** se presentan tres tipos probables de pH a usarse en el sistema prototipo hidropónico, con sus principales características de acuerdo con los objetivos establecidos previamente, los sensores de pH tipo electrodo cumplen con la mayoría de los requerimientos tanto como en: voltaje de alimentación, bajo costo, rango de medición, disponibilidad en el mercado, precisión y se acoplan perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.6.3. Sensor de radiación UV

Es un instrumento de precisión usado para la medición del índice de radiación UV presente en la atmósfera, como se muestra en la **Ilustración 8-2**.



Ilustración 8-2. Sensor de radiación UV: (A) Adafruit Sensor SI1145 UV, (B) SPR200-07, (C) UV ML8511., (D) UVM30A

Fuente: (directindustry, 2020)

A continuación, se muestra una comparativa entre los distintos tipos de sensores de radiación UV:

Tabla 9-2: Comparativa sensores de índices de radiación UV.

| TIPO | CARACTERÍSTICAS | | | | | | |
|--|-----------------|-----------|--------------------------|---------------------|----------------|----------------|-------|
| | Voltaje | Corriente | Rango de medición | Tiempo de respuesta | Temperatura | Disponibilidad | Costo |
| Adafruit Sensor SI1145 UV (DIGITAL) | 3.3V-5V DC | 0.08mA | (0-100) W/m ² | ≤1 s | (-40 a +85) °C | NO | Alto |
| Sensor de radiación UV SPR200-07 (ANALÓGICO) | 5 V, 12-24 VDC | 0.08mA | (0-200) W/m ² | ≤1 s | (-40 a +85) °C | NO | Alto |
| Sensor de radiación UV ML8511 (ANALÓGICO) | 3.3V-5V DC | 0.01mA | (0-100) W/m ² | ≤1 s | (-20~70) °C | SI | Bajo |
| Sensor de radiación UVM30A (ANALÓGICO) | 3.3V-5V DC | 0.06mA | (0-100) W/m ² | ≤1 s | (-20 a 85) °C | NO | Alto |

Fuente: (naylampmechatronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **tabla 9-2** se presentan cuatro tipos probables de radiación UV a usarse en el sistema prototipo hidropónico, con sus principales características de acuerdo con los objetivos establecidos previamente, los sensores el sensor analógico ML8511 cumple con la mayoría de los requerimientos tanto como en su: voltaje de alimentación, bajo costo, rango de medición, disponibilidad en el mercado, y precisión, es decir se acoplan perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.7. Actuadores

Son dispositivos inherentes mecánicos su función es proporcionar fuerza para actuar o mover otro dispositivo mecánico. Generan tres fuentes posibles de fuerzas: presión hidráulica, fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide) y presión neumática, se los clasifica dependiendo el tipo de fuerza en hidráulico, neumático y eléctrico, tal y como se muestra en la **Ilustración 9-2**.

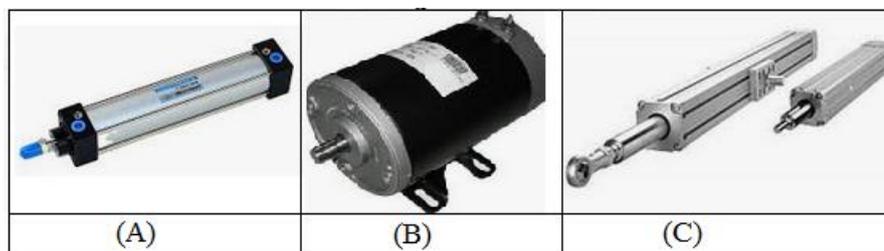


Ilustración 9-2. Tipos de actuadores (A) Actuador Neumático, (B) Actuador Eléctrico, (C) Actuador Hidráulico

Fuente: (directindustry, 2020)

2.7.1. Actuadores hidráulicos

Necesitan de una fuerza que proviene de un líquido, este ejerce una presión sobre el mismo con el propósito de movilizarlo, el líquido más usado en este tipo de actuadores es el aceite.

2.7.2. Actuadores neumáticos

Estos transforman la energía que proviene del aire en movimiento, de manera que convierten la energía eólica en energía mecánica, pueden ser también implementados con aire a presión para generar una mayor velocidad un ejemplo son los cilindros neumáticos.

2.7.3. Actuadores eléctricos

Estos dispositivos son los que llevan incorporados un motor eléctrico y un motor reductor, el cual permite accionar todo tipo de dispositivo con la finalidad de llevar a cabo una determinada acción, la fuente que inicia este proceso es la corriente eléctrica.

Tabla 10-2: Comparativa de tipo de actuadores

| Tipos | Funcionamiento | Ventajas | Desventajas | Existentes |
|---------------------|---|---|--|--|
| Actuador hidráulico | Ejercen presiones aplicando el principio de la prensa hidráulica de Pascal, el fluido más usado para generar el movimiento es el aceite. | -Alta potencia -Alta exactitud en los movimientos. -Brindan respuestas inmediatas (Mayor nivel de velocidad). | -Requieren instalaciones especiales. -Son de difícil mantenimiento -Alto costo económico | -Cilindro hidráulico de simple efecto. -Cilindro hidráulico de doble efecto. -Actuadores hidráulicos rotativos. -Motores hidráulicos. |
| Actuador Eléctrico | Estos dispositivos son los que llevan incorporados un motor eléctrico y un motor reductor, estos funcionan a través de corriente eléctrica. | -Bajo costo -Precisos fiables, silenciosos -Son de fácil instalación -Su control es sencillo. | -Potencia limitada. | -Inductivos. -Motores de corriente alterna -Motores paso a paso. -Motores de corriente continua. |
| Actuador Neumático | Tienen un funcionamiento parecido al de los actuadores neumáticos solo en vez de fluidos usan aire. | -Sencillos. -Robustos. -Rápido accionamiento. | -Requieren instalaciones especiales. -Ruidosos. -Dificultad de control continuo. | -Rotativos -Cilindros de tirantes. -Terminales neumáticas -Actuadores sin vástago -Generadores de vacío |

Fuente: (instrumentaciondigital, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 10-2** se presentan los tipos probables de actuadores a usarse en el sistema prototipo hidropónico con sus principales características, de acuerdo con los objetivos establecidos previamente, los actuadores de tipo eléctrico cumplen con la mayoría de los requerimientos tanto como en su: variables a analizarse, bajo costo, precisión, disponibilidad en el mercado y potencia requerida se acoplan perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.9. Tipo de pantallas táctiles para Raspberry pi

Son unidades de visualización para las placas Raspberry Pi, que tienen diferentes tamaños, resoluciones y conectividad, a continuación, se muestra una comparativa entre los distintos tipos de pantallas táctiles para la Raspberry Pi:

Tabla 11-2: Comparativa pantallas TFT del mercado

| | Resolución | Tamaño | Capacidad | Compatible | Ilustración |
|--|------------|--------------|------------------|---|--|
| Pantalla Táctil Raspberry Pi de 7'' | 800*480 | 194*110*20mm | Tacto capacitivo | Raspberry A+ Raspberry B+ Raspberry Pi2 |  |
| Pantalla TFT 3.5'' | 480*320 | 3386*2205 in | Tacto capacitivo | Raspberry 4b+ Raspberry 4b Raspberry 3b |  |
| Uman pantalla HD Monitor de computadora con pantalla LCD | 1024*600 | 7 in | Tacto capacitivo | Raspberry Pi Raspberry Pi 3B Raspberry Pi 3.2 Raspberry Pi 1B+ |  |

Fuente: (instrumentaciondigital, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Después de realizada la comparación en la **Tabla 11-2** entre las pantallas TFT existentes en el mercado, se optó por la pantalla TFT 3.5'', porque cumple con los requerimientos presentados por el usuario como es portabilidad, bajo costo económico, poco consumo corriente.

2.10. Sistema de control

Los sistemas de control automático, tiene por características el poseer varios elementos conectados entre sí, de esta manera llegar a formar el denominado sistema. El conjunto de interconexiones resultante será capaz de auto ajustarse a los requerimientos, este tipo de sistema puede ser capaz de ser controlado por medio de la aplicación de una señal $r(t)$ entrada y así obtener una respuesta de la salida $y(t)$ como se muestra en la **Ilustración 10-2** (LLANGANATE, 2017):

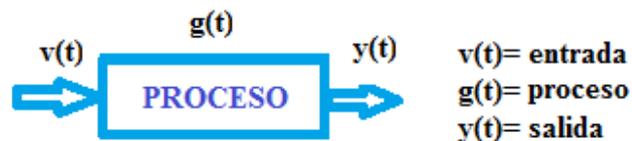


Ilustración 10-2: Sistema de control automático

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

2.10.1. Sistema de control de lazo abierto

Son aquellos sistemas de control en los que la salida no tiene ningún efecto sobre el sistema en sí mismo, en otras palabras, no requiere realimentación de la salida para que el control funcione tal y como se muestra en la **Ilustración 11-2**.

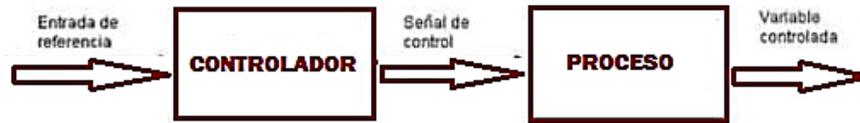


Ilustración 11-2: Sistema de control automático

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

2.10.2. Sistema de control de lazo cerrado

Estos sistemas tienen como principio básico el comparar un valor deseado con el obtenido, mediante la medición de los datos obtenidos en la salida. Dichos sistemas poseen un control con realimentación, permitiendo reaccionar de diferentes maneras, dependiendo de los resultados, como se muestra en la **Ilustración 12-2**.

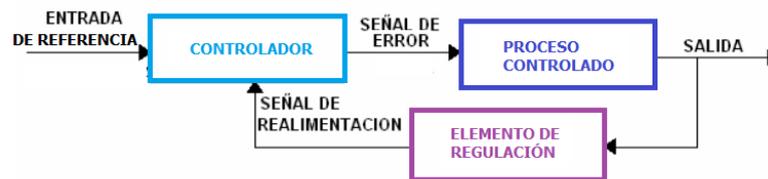


Ilustración 12-2: Sistema de control lazo cerrado

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 12-2: Comparativa de tipos de sistemas de control por su estructura

| Tipos | Funcionamiento | Ventajas | Desventajas |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Sistema de control de lazo abierto. | Aquel en que ni la salida ni otras variables del sistema tienen efecto sobre el control. | -Fácil de implementar. -Sencillo. -Bajo costo. | -Si existe un error en la salida el control no las compensa. -Si hay perturbaciones el control no las compensa. -La efectividad depende de la calibración. |
| Sistema de control de lazo cerrado. | Aquel que las salidas del sistema y otras variables afectan el control del sistema. | -Si existe un error en la salida el control la compensa. -Si hay perturbaciones el control la compensa. | -A veces es complicado implementar. -Tiene más componentes de que un control de lazo abierto -Utiliza más potencia. |

Fuente: (UNAM, 2016)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Los sistemas de control automático son una parte importante de los sistemas complejos y procesos industriales actuales. A continuación, se muestran en la **Tabla 12-2** los distintos sistemas de control actuales.

Tabla 13-2: Comparativa sistemas actuales de control

| Tipos | Subtipos | Ventajas | Desventajas |
|----------------------------|---|--|---|
| Control clásico | -Control ON-OFF. -Proporcional de tiempo variable -PWM. -Proporcional integral derivativo -PID. | -Usa métodos de regulación (hidráulicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos). -Mecanismo de construcción sencillo. -Sistemas continuos invariante en el tiempo -Bajo costo económico | -Solo puede tener una entrada y una salida. -La variable manipulada o la señal de control del controlador cambia entre “totalmente ON” o “totalmente OFF”, sin estados intermedios proporcionando así menor precisión. |
| Control moderno | -Control inteligente. -Control Adaptativo. -Control digital. | -Para sistemas digítales, lineales o no lineales. -Generalmente usan técnicas de espacio de estado. -Formado por tres tipos de controles: adaptativo, robusto e inteligente. | -Alto costo. -Mayor dificultad de mecanismos de construcción. |
| Control por lógica difusa | | -Reducción de tiempo de procesamiento -Trabaja con estados intermedios -Reducido mantenimiento -Útil para procesos industriales | -Alto costo económico. -Mayor dificultad de mecanismos de construcción. |
| Control supervisor (SCADA) | | -Se pueden controlar sus procesos industriales tanto local como remotamente. -Combinan software y hardware. -Procesos a partir de datos en tiempo real y archivar esos datos para su posterior procesamiento y evaluación. | -Uso limitado solo a nivel industrial. -Alto costo económico. |

Fuente: (UNAM, 2016)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 13-2** se presentan los tipos probables de sistemas de control a usarse en el sistema prototipo hidropónico y sus principales características, de acuerdo con los objetivos establecidos previamente. Los sistemas de control moderno están orientados hacia el seguimiento de referencia como los controles de lógica difusa, algoritmos genéticos los cuales tienen el objetivo de modificar la dinámica del sistema, trabajar con estados intermedios y orientados mayormente para uso industrial. En el sistema prototipo hidropónico se necesita activar o desactivar distintos actuadores en función a la retroalimentación, que se recibe por parte de los sensores (no requiere de estados intermedios) porque, las variables que requieren las plantas para su correcto desarrollo

trabajan en rangos. De esta forma no se requiere, exactitud ni tampoco respuestas inmediatas en las variables a ser controladas. Por lo cual, se utilizará el sistema de control clásico retroalimentado ON-OFF el cual, cumple con la mayoría de los requerimientos, tanto en: el bajo costo económico, la precisión requerida como en el uso doméstico, acoplándose perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.11. Comunicación inalámbrica

Este tipo de comunicación es aquella que no está unida a través de una propagación física, sino que usa la modulación de ondas electromagnéticas en el espacio, posee dispositivos físicos, pero estos se encuentran presentes solo en el emisor y receptor de la señal.

Tabla 14-2: Comparativa tipos de comunicación inalámbrica

| Tecnología | Características | Ventajas | Desventaja | Velocidad de Datos | Alcance |
|-----------------------------------|---|--|--|--------------------|---|
| Wi-Fi Wireless Fidelity | Basado en los estándares IEEE. Con el protocolo de internet (IP) envía información entre los dispositivos y la red LAN. | Mayor velocidad de datos. | Es propenso a la interferencia en la transmisión de datos según el lugar en el que funciona. | 1-7 Gbps. | 100m. |
| Li-Fi Light Fidelity | Usa la luz visible y las luces ultravioleta infrarroja para transmisión de datos. | Tiene una gran velocidad de transmisión. Ideal para entornos pesados porque tiene menos interferencia. | El rango de alcance es limitado. No puede pasar en materiales sólidos. | 1-3.5 Gbps. | 6 m. |
| Bluetooth | Comunicación e interconexión de dispositivos contiguos. | Tiene un bajo consumo de energía. Es más segura que las redes que tienen más alcance de transmisión. | El rango de alcance es limitado. | 48 Mbps. | 10 m. 100 m (con alta transmisión de potencia) |
| ZigBee | Es inalámbrica. Especificación de radio física: IEEE 802.15.4 | Es más sencillo y económico. La batería tiene una vida larga por el ciclo de trabajo pequeño | Necesita un concentrador, es menos segura que otros sistemas. | 250 Mbps. | 70-300m. |

Fuente: (anixter, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 14-2** se presentan los tipos probables de comunicaciones inalámbricas a usarse en el sistema prototipo hidropónico, con sus principales características técnicas y de acuerdo con los objetivos y necesidades establecidos previamente. La comunicación inalámbrica Wi-Fi cumple con la mayoría de los requerimientos en: el alcance de señal que debe ser ideal para casas, su velocidad datos que debe ser buena, ya que se incorporará un servidor VNC y una base de datos, la disponibilidad en el mercado y su costo económico, características que se acoplan perfectamente a las necesidades del presente proyecto de investigación.

2.12. Realidad de la zona.

El presente proyecto investigativo fue implementado en la provincia de Chimborazo, específicamente en la Ciudad de Riobamba, en la empresa Nova Corp.; en la **Tabla 15-2** se muestra el clima de esta ciudad. Es clasificado como cálido y templado, siendo una ciudad con precipitaciones significativas, inclusive en los meses más secos hay lluvia, se obtuvo una temperatura promedio anual de 16.8 grados Celsius, una humedad promedio anual de 80.8 % y finalmente 5.4 horas de sol directo anual.

Tabla 15-2: Datos climáticos-históricos del tiempo Riobamba.

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 12.1 | 12.3 | 12.2 | 12.2 | 12 | 11.2 | 10.9 | 11.3 | 12.1 | 12.4 | 12.6 | 12.3 |
| Temperatura mín. (°C) | 8.7 | 8.9 | 9 | 8.9 | 8.7 | 7.9 | 7.4 | 7.5 | 8.2 | 8.7 | 8.9 | 8.9 |
| Temperatura máx. (°C) | 16.9 | 17 | 17.1 | 16.9 | 16.6 | 15.7 | 15.6 | 16.4 | 17.3 | 17.4 | 17.5 | 17.1 |
| Precipitación (mm) | 143 | 167 | 212 | 185 | 124 | 81 | 55 | 34 | 54 | 122 | 146 | 139 |
| Humedad(%) | 80% | 87% | 80% | 88% | 80% | 80% | 84% | 79% | 79% | 77% | 70 % | 88% |
| Días lluviosos (días) | 17 | 17 | 20 | 20 | 17 | 13 | 10 | 7 | 9 | 16 | 17 | 17 |
| Horas de sol (horas) | 5.3 | 4.9 | 4.6 | 4.7 | 5.2 | 5.3 | 5.6 | 6.5 | 7.1 | 5.7 | 5.5 | 5.2 |

Fuente: (climate-data.org, 2022)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Como se muestra en la **Ilustración 13-2**, en el estudio realizado por Weather-Atlas, el índice de radiación UV observado del último año, en los meses de enero, marzo, mayo, junio, agosto, septiembre y octubre tuvieron un índice UV promedio 3 mW/cm². Para los meses de febrero, abril, julio, noviembre y diciembre se obtuvo un índice UV 2 más bajo; lo que indica que el rango de índice de radiación UV promedio oscila entre 2-3, para la ciudad de Riobamba.

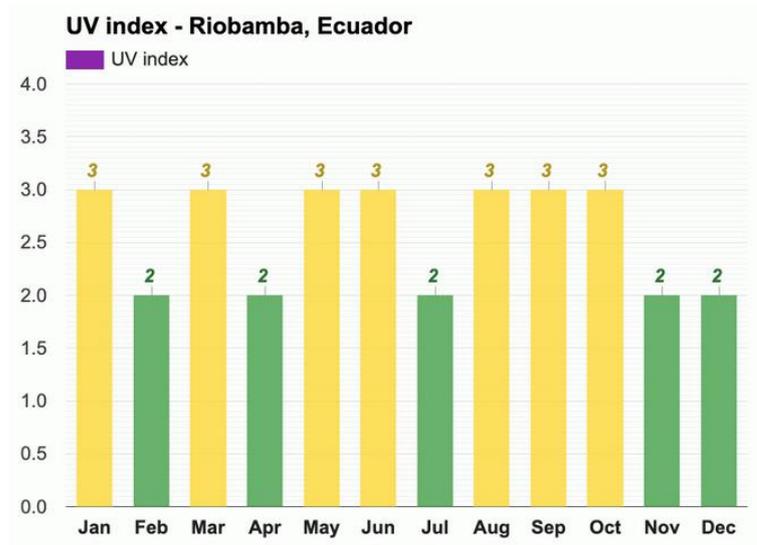


Ilustración 13-2: Índice de radiación UV anual Riobamba

Fuente: (Weather-Atlas, 2021)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se indica el diseño del hardware, software y la infraestructura necesaria del sistema hidropónico automatizado; se detallan cada una de las etapas que lo conforman, sus componentes, características y esquemas.

3.1. Requerimientos del sistema

Mediante el estudio realizado en el capítulo anterior y tomando en cuenta todos los requerimientos presentados por la empresa Nova Corp., se determinaron los lineamientos necesarios para análisis e implementación del sistema de monitoreo y control automatizado de un cultivo hidropónico NFT, los cuales se muestran a continuación:

3.1.1. *Requerimientos de usuario*

- Diseñar y construir un sistema hidropónico automatizado NFT con las siguientes características: tipo doméstico, superficie máxima 2x2 metros, fácil instalación (balcones, patios, terrazas), bajo costo económico, controlar variables climáticas de temperatura, humedad, pH, índice UV (techo corredizo), interfaz gráfica amigable con el usuario que monitoree las variables climáticas y controle el encendido y apagado de los actuadores, sistema de limpieza del cultivo NFT, iluminación, conexión remota con dispositivos Android, sembrío de lechugas principalmente, capacidad de cultivo de hasta 24 plantas, base de datos de las variables ya mencionadas que recoja datos cada 30 minutos para su posterior análisis.

3.1.1. *Requerimientos de diseñador*

- Monitorear y controlar las variables climáticas como: temperatura, humedad, pH e índice de radiación UV dentro del sistema automatizado del cultivo hidropónico NFT.
- Acceso remoto al sistema prototipo, a través de un servidor VNC (compatible con Android) vía comunicación Wi-Fi; entre el prototipo y un dispositivo móvil (celular, Tablet, laptop).
- Interfaz gráfica amigable con el usuario en tiempo real, mediante el módulo Tkinter en Python, el sistema tendrá la capacidad de visualizar y controlar automáticamente los datos obtenidos de las variables climáticas, mostrando al usuario: datos en tiempo real de las variables climáticas, botones, alertas de encendido, alerta de apagado, alerta de encendido de actuadores, alerta de inicio y fin del tiempo de cultivo, hora y fecha; todo esto mostrado en una pantalla TFT (pantalla táctil), la cual permite que el usuario interactúe con el sistema, pudiendo ajustar algunos parámetros importantes del sistema (encendido y apagado de los actuadores, lavado del sistema, iluminación, salida de la interfaz).

- Activación automática de actuadores, bomba sumergible encargada de la recirculación solución nutritiva, electroválvula 1 encargada de dosificar la solución nutritiva en el tanque de almacenamiento, electroválvula 2 encargada del activar o desactivar el sistema de limpieza de las tuberías del sistema, motor DC encargado de abrir y cerrar el techo corredizo para controlar el índice de radiación UV requerido, ventilador-extractor de aire encargado de controlar las altas temperaturas, nebulizador encargado de controlar la humedad del ambiente, calefactor de aire encargado de controlar las bajas temperaturas, focos encargados de iluminar el sistema automatizado hidropónico NFT.
- Techo corredizo automático para el cultivo hidropónico NFT, que posea las siguientes dimensiones 1m x 1.50 m, controla rangos de índice de radiación UV, menorando en hasta 3 unidades el índice de radiación UV en exteriores.
- Sistema de dosificación automático de solución nutritiva, constituido por un tanque de 4 litros de solución nutritiva, el cual será dosificado en el tanque reservorio de acuerdo con el valor de pH requerido por la planta a cultivarse (Lechuga).
- Base de datos de las variables ambientales en tiempo real, mediante Sqlite3 la cual almacenará datos cada 30 minutos.

3.2. Concepción general del sistema

El sistema prototipo está integrado por componentes de tipo eléctricos y electrónicos, los cuales forman parte del sistema de control y monitoreo automatizado del microclima del sistema hidropónico NFT. Esto se logra a través de, dispositivos (unidad de control y monitoreo, sensores, actuadores, tarjetas de desarrollo, infraestructura hidropónica NFT. Por medio de la plataforma de acceso gratuito VNC que gestiona y establece la conexión entre el dispositivo prototipo (unidad de control) y un usuario remoto vía WI-FI; todo esto mediante una interfaz gráfica para el fácil entendimiento del usuario. La unidad de control está integrada por: Raspberry Pi 4b, Arduino, módulo Relay, resistencias y transistores; estos componentes están conectados mediante conexión USB (comunicación serial), terminales GPIO y Arduino. Finalmente, la base de datos almacena datos en tiempo real de Humedad, Temperatura, Índice UV y pH, tal y como se muestra en la **Ilustración 1-3**.

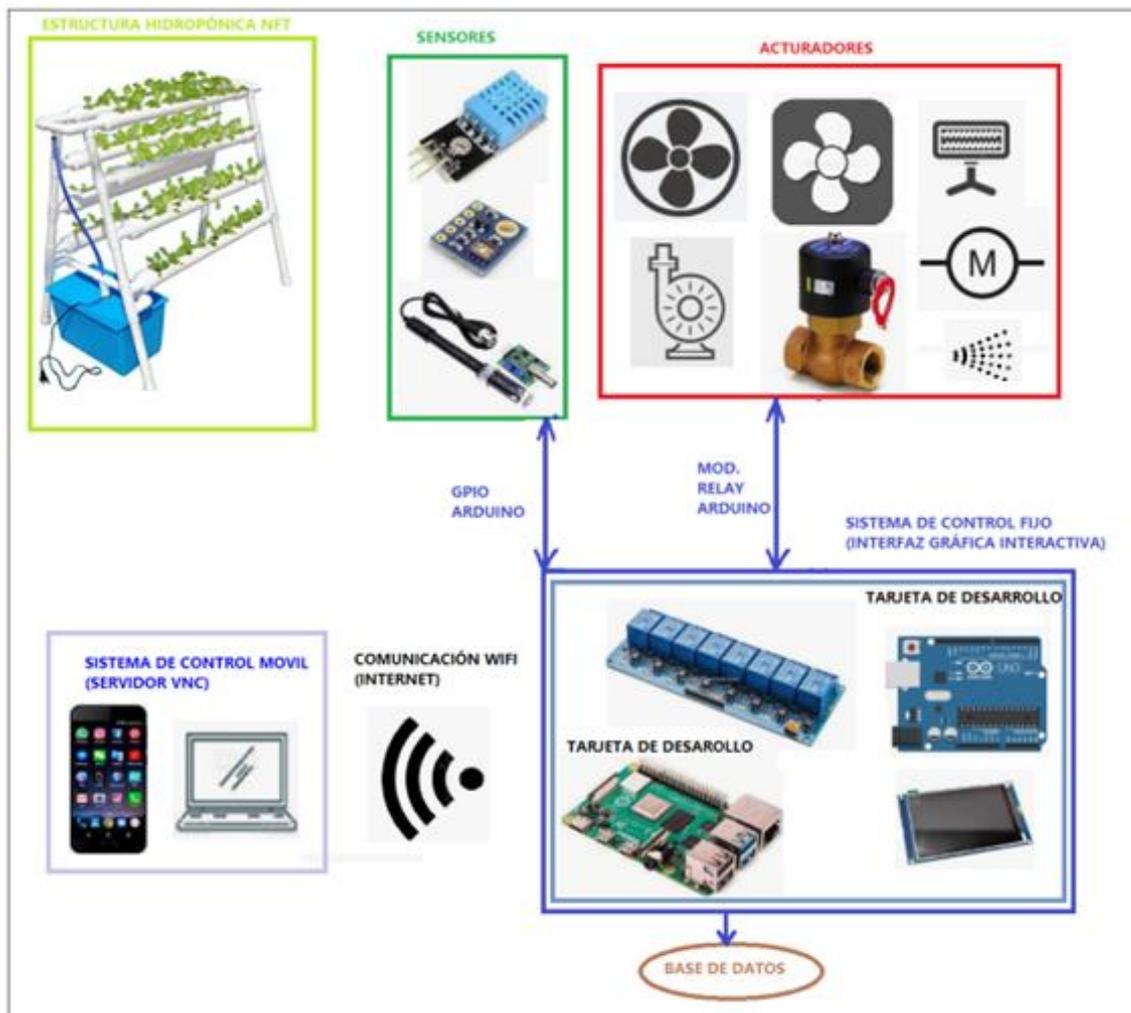


Ilustración 1-3: Concepción general del sistema hidropónico NFT automatizado.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.3. Diseño de bloques del sistema

Realizada la concepción total del sistema como se muestra en la **Ilustración 2-3**, se observa que el sistema está constituido de 4 bloques: recepción de datos (sensores), procesamiento de datos, bloque de recepción y transmisión de datos al dispositivo remoto y finalmente bloque de recepción de datos actuadores. En el siguiente apartado se indica la descripción de cada uno.

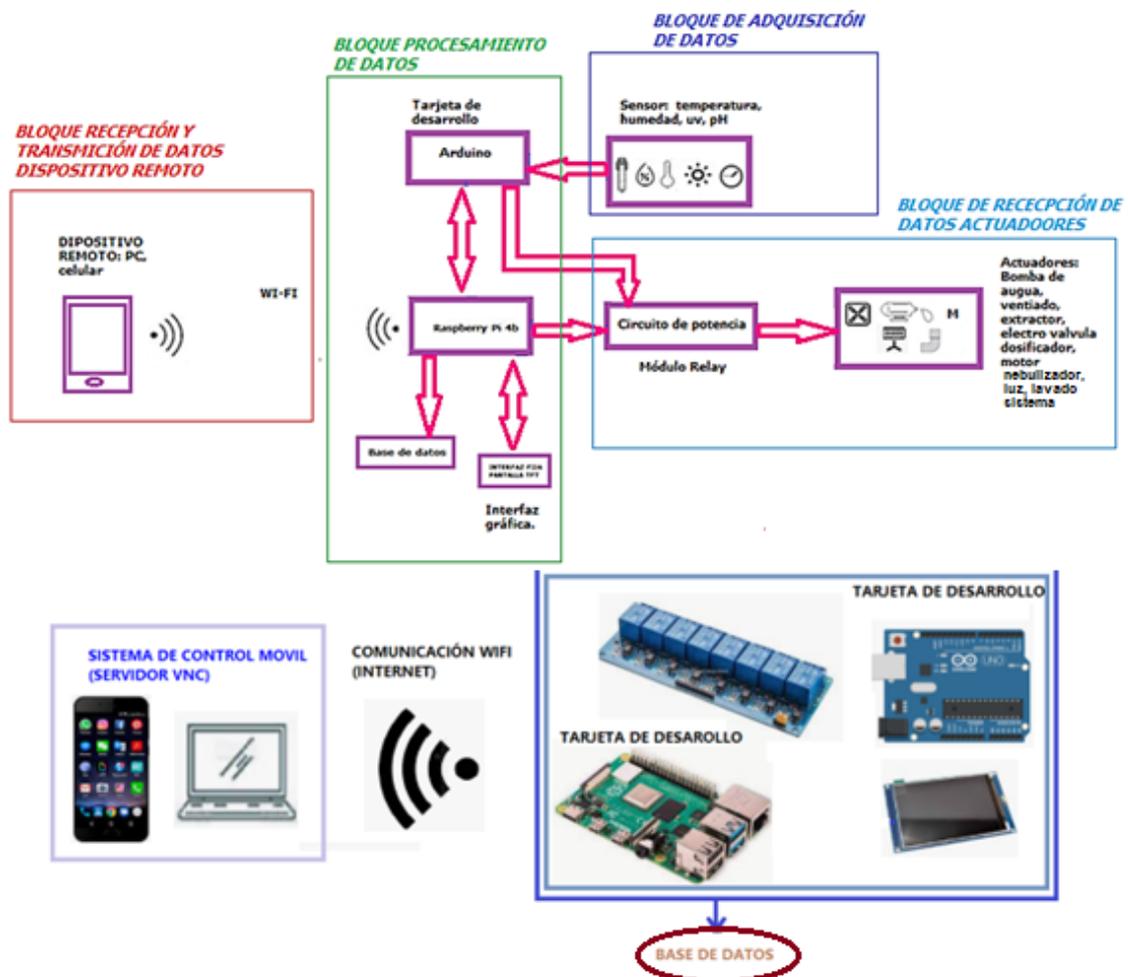


Ilustración 2-3: Concepción del sistema por bloques.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

- **Bloque de adquisición de datos:** en esta etapa se adquiere los datos obtenidos por los sensores de humedad, temperatura, pH, índice UV provenientes del medio ambiente y de la solución nutritiva que usan las plantas dentro del cultivo hidropónico NFT.
- **Bloque de procesamiento de datos:** en esta etapa, el mini ordenador compilará el sketch realizado en Python y Arduino IDE los cuales se encargan de recibir y procesar los datos obtenidos por los sensores, almacenándolos en una base de datos en SQLite3, mediante estructuras de programación controlar las variables climáticas y químicas. Finalmente, visualizándolos y controlándolos con una interfaz gráfica que muestra la activación de alertas y el envío de señales para la activación de los actuadores.

- **Bloque de recepción de datos actuadores:** en esta etapa mediante comunicación serial y terminales GPIO se enviaría señales de activación a cada uno de los actuadores indistintamente, para así controlar el microclima, dosificar la solución nutritiva, encender la iluminación y finalmente el encendido de un sistema de lavado del cultivo hidropónico NFT.
- **Bloque de recepción y transmisión de datos dispositivo remoto:** en esta etapa se establecerá una conexión remota con un dispositivo móvil (Wi-Fi), mediante la creación de un servidor VNC.

3.4. Descripción de los elementos Hardware del dispositivo prototipo

Los dispositivos que se usaron para el desarrollo del sistema prototipo para el cultivo hidropónico NFT para los diferentes bloques que lo componen (procesamiento, recepción, adquisición) fueron Raspberry pi 4 +, Arduino Uno, sensor DHT11, sensor ML8511, Sensor pH; actuadores: válvula solenoide, bomba de agua sumergible, ventilador extractor de aire, calefactor eléctrico, motor DC.

3.4.1. Tarjetas de desarrollo

A continuación, se muestran los tipos de tarjetas de desarrollo a usarse en la presente investigación.

3.4.1.1 Arduino Uno

Es una placa de microcontrolador para la codificación este compuesto por ATmega328P y el procesador ATmega 16U2. Contiene 14 terminales digitales, 6 entradas analógicas, conector para la alimentación, conexión USB, se lo activa al conectarlo con un computador y una batería.

tal y como se muestra en la **Ilustración 3-3** (bolanosdj, 2020). Las características técnicas del Arduino uno se presenta en la **Tabla 1-3**.



Ilustración 3-3: Arduino Uno

Fuente: (bolanosdj, 2020)

Tabla 1-3: Principales características del Arduino UNO

| | |
|--------------|-------------|
| Alimentación | 5 VDC |
| Procesador | ATMega 328p |
| RAM | 32/2 KB |
| Puertos E/S | 14 |
| Frecuencia | 116 MHz |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.1.2. Raspberry Pi 4b

Es una tarjeta de desarrollo que tiene gran velocidad en su procesador, aumento revolucionario en la memoria, conectividad en comparación a versiones de la generación anterior e incremento en el rendimiento multimedia está siendo detectada, tal y como se muestra en la **Ilustración 4-3** (raspberrypi, 2020). Las características técnicas de la Raspberry Pi4B se presentan en la **Tabla 2-3**.



Ilustración 4-3: Raspberry Pi4B

Fuente: (raspberrypi, 2020)

Tabla 2-3: Principales características de Raspberry Pi4b

| | |
|--------------------------|---|
| CPU | 4-core Broadcom BCM2711 |
| Alimentación | 5 V / 3 A CC o 5.1 V / 3 A CC |
| RAM | 2GB |
| Puertos E/S | 2x USB 3.0, 2x USB 2.0, 1x Gigabit Ethernet, 2x micro-HDMI |
| Frecuencia de trabajo | 1.5 GHZ |
| Conectividad inalámbrica | 802.11ac / Bluetooth 5.0 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.2. Sensor de temperatura y humedad DHT11

El sensor DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa, posee un termistor para medir el aire circundante y un sensor capacitivo de humedad, los datos que envía de la medición son una señal tal y como se muestra en la **Ilustración 5-3**. Las características técnicas del sensor de temperatura y humedad se presentan en la **Tabla 3-3**.

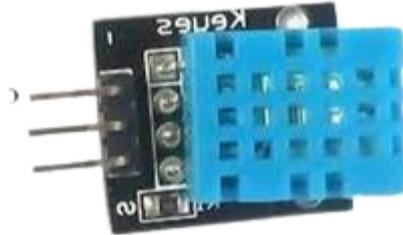


Ilustración 5-3: Sensor DHT11

Fuente: (electronicalugo, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 3-3: Principales características del Sensor DHT11

| Descripción | Característica |
|----------------------------------|----------------|
| Voltaje de Alimentación | 3-5V |
| Rango de medición de temperatura | 0 a 50 °C |
| Resolución | 0.1°C |
| Rango de medición de humedad | 20% a 90% RH |
| Tiempo de censado | 2 s |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.3. Sensor luz ultravioleta UV ML8511

El sensor de luz ultravioleta (UV) ML8511 es de tipo analógico, depende de la cantidad de luz UV que está siendo detectada tal y como se muestra en la **Ilustración 6-3**. Las características técnicas del sensor de luz ultravioleta (UV) ML8511 se presentan en la **Tabla 4-3**.



Ilustración 6-3: Sensor ML8511

Fuente: (naylampmechatronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 4-3: Principales características del Sensor luz ultravioleta UV ML8511

| Descripción | Característica |
|---------------------------|----------------|
| Voltaje de Alimentación | 5V DC |
| Rango de detección de luz | 280-390nm |
| Tiempo de censado | 1 s |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.4. Sensor pH GAOHOU PH0-14

Sensor analógico está diseñado para la placa Arduino Uno y Raspberry Pi 4b, posee un conector BNC para la conexión con una sonda tal y como se muestra en la **Ilustración 7-3**. Las características técnicas del Sensor pH GAOHOU PH0-14 se presentan en la **Tabla 5-3**.



Ilustración 7-3: Sensor GAOHOU
PH0-14

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 5-3: Principales características del Sensor de PH GAOHOU PH0-14

| Descripción | Característica |
|-------------------------|----------------|
| Voltaje de Alimentación | 3V a 5V DC |
| Rango de detección | 0-14 pH |
| Tiempo de censado | 1 segundo |
| Tipo de conector | VNC |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.5. Válvula solenoide

La válvula solenoide es una válvula que permite controlar el paso de líquidos por una tubería, como se muestra en la **Ilustración 8-3**. Las características técnicas del sensor de Sensor pH se presentan en la **Tabla 6-3**.



Ilustración 8-3: Válvula solenoide.

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 6-3: Principales características de la Válvula solenoide

| Descripción | Característica |
|-------------------------|------------------|
| Voltaje de Alimentación | 110V AC |
| Diámetro | 1/2" |
| Temperatura de trabajo | 1 a 75 °C |
| Presión | 0.02Mpa - 0.8Mpa |
| Tipo | Electromecánico |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.6. Ventilador-Extractor de Aire

Un ventilador es una máquina de fluido que transmite energía para generar la presión necesaria por medio del giro de aspas con la que se mantiene un flujo continuo de aire, de acuerdo con el sentido del aire se lo puede usar como ventilador o extractor de aire, como se muestra en la **Ilustración 9-3**. Las características técnicas del ventilador extractor de aire se presentan en la **Tabla 7-3**.



Ilustración 9-3: Ventilador extractor de aire.

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 7-3: Principales características del Ventilado-Extractor de Aire

| Descripción | Característica |
|-----------------------------|--------------------|
| Voltaje de Alimentación | 110 V AC |
| Potencia | 40 watts |
| Diámetro de aspas | 40 cm |
| Superficie de accionamiento | 3 metros cuadrados |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.7. Calefactor Handy Heater.

Calentador eléctrico de bajo costo y tamaño compacto, su superficie de accionamiento máxima es de 7 metros cuadrados al interior y 4 metros cuadrados al exterior tal y como se muestra en la **Ilustración 10-3**. Las características técnicas del calefactor eléctrico de aire se presentan en la **Tabla 8-3**.



Ilustración 10-3: Calefactor eléctrico

Fuente: (ON Eléctrica, 2019)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 8-3: Principales características del calefactor eléctrico.

| Descripción | Característica |
|---|--------------------|
| Voltaje de Alimentación | 110 V AC |
| Temperatura máxima | 32 °C |
| Potencia | 350 watts |
| Superficie de accionamiento al exterior | 4 metros cuadrados |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.8. Bomba de agua sumergible SOBO WP-350S

Posee un mecanismo de trabajo el cual envía el fluido hacia la superficie; el mecanismo del motor DC de las bombas de agua sumergibles transforma la energía cinética en energía centrífuga, para su última fase del proceso en energía de presión, como se muestra en la **Ilustración 11-3**. Las características técnicas la bomba de agua sumergible, se presentan en la **Tabla 9-3**.



Ilustración 11-3: Bomba de agua sumergible

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 9-3: Principales características de la Bomba de agua sumergible.

| Descripción | Característica |
|-------------------------|-------------------|
| Voltaje de alimentación | 110V AC |
| Altura máxima de riego | 2 m |
| Potencia | 40 watts |
| Caudal | 2000 L/h |
| Temperatura de trabajo | 35° C |
| Dimensiones | 150 x 80 x 115 mm |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.9. Módulo Relay X8

Este módulo tiene 8 Relays, que manejan cargas de hasta 250V/10A. Cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de activación es compatible con: Arduino, Raspberry Pi 4b, ESP8266 (NodeMCU y Wemos), Teensy y Pic, tal y como se muestra en la **Ilustración 12-3**. Las características técnicas del ventilador extractor de aire se presentan en la **Tabla 10-3**.



Ilustración 12-3. Módulo Relay X8

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 10-3: Principales características del módulo Relay X8.

| Descripción | Característica |
|-------------------------|----------------------|
| Voltaje de alimentación | 5 VDC |
| Capacidad máxima | 250 VAC, 10 A |
| Tiempo de acción | 10 ms |
| Señal de control | TTL 3.3V DC o 5 V DC |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.10. Puente H-L298N

Este módulo se usa para manejar motores DC de hasta 2 A, posee un chip L298N integrado, además tiene dos puentes H completos que pueden controlar 2 motores DC, tal y como se muestra en la **Ilustración 13-3**. Las características técnicas del puente H se presentan en la **Tabla 11-3**.

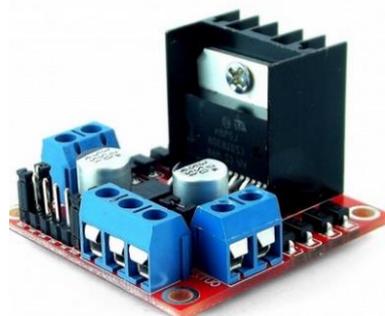


Ilustración 13-3. Puente H-L298N

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 11-3: Principales características del módulo puente H-L298N.

| Descripción | Característica |
|-------------------------------|----------------|
| Voltaje de potencia (V motor) | 5-35 VDC |
| Voltaje lógico | 5 V |
| Potencia máxima | 25 W |
| Peso | 30gr |
| Capacidad corriente | 2A |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.11. Nebulizador

Se trata de una máquina agrícola, el cual tiene un mecanismo de energía neumática, impulsando aire o presión de agua, permitiendo lanzar gotas de sustancia, pulverizando el líquido generando una neblina, en la **Ilustración 14-3**. Las características técnicas del puente H se presentan en la **Tabla 12-3**.



Ilustración 14-3. Nebulizador

Fuente: (avelectronics, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 12-3: Principales características del módulo Nebulizador

| Descripción | Característica |
|------------------------|----------------|
| Fuente de alimentación | Grifo de agua |
| Tubo | 1/2" |
| Tamaño | 6 m |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.12. Alimentación del dispositivo prototipo

Para el dispositivo prototipo se usó una fuente de 3.5 A con alimentación USB tipo C, Tensión de 5.25 V DC, siendo este tipo de dispositivo de alimentación el recomendado por el fabricante de Raspberry Pi como el más idóneo y adecuado, pudiendo cumplir con todos los requerimientos de voltaje y corriente, se optó por elegir este, como se muestra en la **Ilustración 15-3**. Las características técnicas se la fuente se presenta en la **Tabla 13-3**.



Ilustración 15-3. Fuente alimentación dispositivo prototipo

Fuente: (raspberrypi, 2020)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 13-3: Dispositivo de alimentación.

| Descripción | Característica |
|-------------------------|----------------|
| Voltaje de alimentación | 110V AC |
| Fuente | 3.5 A |
| Tipo | USB Tipo C |
| Tensión | 5 V DC |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.4.13. Alimentación actuadores

Ya que todos los actuadores funcionan con 110V AC, se usó para su alimentación la red de acometida doméstica a 110 V corriente alterna, proporcionada por la Empresa Eléctrica Riobamba SA, tal y como se muestra en la **Ilustración 16-3**.

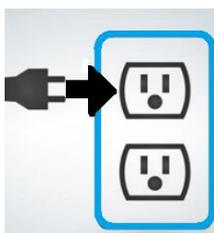


Ilustración 16-3: Enchufe 110 V AC.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.5. Diagrama de conexiones del sistema

En la **Ilustración 17-3** se muestra el diagrama de conexiones del dispositivo prototipo, se detallan aspectos importantes a continuación.

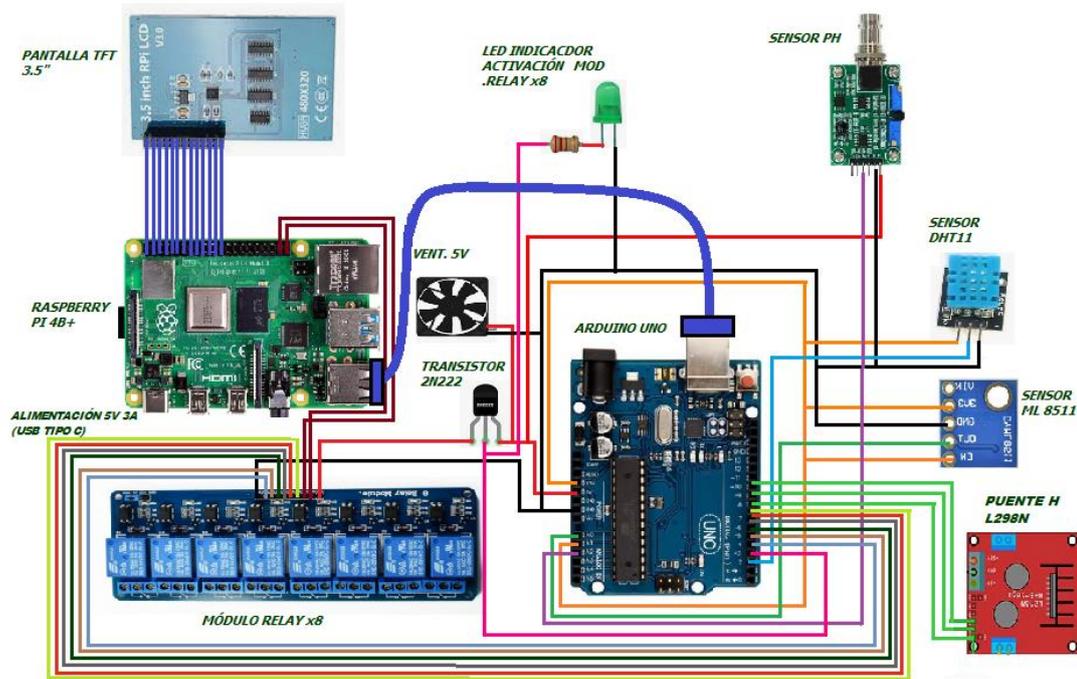


Ilustración 17-3: Diagrama de conexiones del sistema

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

- La fuente de alimentación de 5V y 3.5 A proporciona a la Raspberry Pi B 4b+ través del puerto USB tipo C y mediante los puertos USB se alimenta al Arduino Uno y al resto del dispositivo prototipo del cultivo hidropónico NFT.
- El sensor DHT11 posee tres terminales de conexión: + que va conectado a 3.3 V, - va conectado a GND y señal que el cual va conectado al terminal digital 2 del Arduino Uno.
- El sensor de pH posee 6 terminales de conexión de los cuales se conectarán 3: VCC va conectado a 5V, GND va conectado a GND y PO que irá conectado al terminal A2 del Arduino Uno.
- El sensor ML8511 posee 5 terminales de conexión de los cuales están conectados 4: el terminal 3.3 va conectado al 3.3 del Arduino Uno y a su vez al terminal A1 y EN, out va conectado al terminal A0 y GND va conectado a GND.
- La pantalla TFT de 3.5" se conecta desde la parte superior hasta terminal GPIO 7 en las dos columnas.
- El puente H-L298N se conecta en los terminales 8,9 ,10 del Arduino Uno.
- El módulo Relay X8 consta de 10 terminales de conexión: el terminal GND va conectado a GND, el terminal VCC va conectado a la parte del emisor del transistor 2N222 para su activación, los terminales del 1 al 8 van conectados a los terminales digitales del Arduino Uno del 3 al 10 los cuales son los encargados de activar los distintos actuadores del sistema hidropónico NFT.

En la **Tabla 14-3** se muestran las conexiones de las terminales del Arduino Uno (procesador secundario), hacia los distintos módulos electrónicos.

Tabla 14-3: Conexión de terminales y módulos (Arduino Uno).

| Terminales de Arduino Uno | Módulos |
|----------------------------------|------------------------------------|
| | Sensor DHT11 |
| 2 PWM | DATA |
| | Transistor 2N222 |
| GND | 1(EMISOR) |
| 3 PWM | 2(BASE) |
| VCC | 3(COLECTOR) |
| Digitales (PWM) | Módulo Relay x8 |
| 4 | IN1 |
| 5 | IN2 |
| 6 | IN3 |
| 7 | IN4 |
| 8 | IN5 |
| 9 | IN6 |
| Analógicas OC IN | Sensor GAOHOU PH0-14 |
| A2(OC IN) | PO |
| | Sensor ML 8511 |
| A1 (OC IN) | EN |
| A0 (OC IN) | OUT |
| 3,3V Output | 3V3 |
| 3PWM | Led indicador de activación |
| Power | |
| GND | GND |
| 5V Output | VCC |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 15-3** se muestran las conexiones de las terminales de la Raspberry Pi 4b (procesador principal), hacia la pantalla TFT, comunicación serial con el Arduino Uno, módulo relay x8.

Tabla 15-3: Conexión de terminales y módulos Raspberry Pi 4b

| Terminales | Raspberry PI 4B+ | |
|------------|------------------|------------------------|
| | Power | |
| 1 | 3V3 | |
| 2 | 5V | |
| 4 | 5V | |
| | GND | |
| 6 | 6 | |
| 9 | 9 | |
| 14 | 14 | |
| | GPIO | |
| 3 | GPIO 2(SDA) | |
| 5 | GPIO 3(SCL) | |
| 7 | GPIO 4(GPCLXD) | |
| 8 | GPIO 14(TXD) | |
| 10 | GPIO 15(RXD) | |
| 11 | GPIO 17 | |
| 12 | GPIO 18(PCM_CLK) | |
| 13 | GPIO 27 | |
| | | Módulo Relay x8 |
| 37 | GPIO 26 | IN7 |
| 39 | GND | IN8 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.6. Circuito PCB del procesador secundario (Arduino Uno)

Se diseñó un circuito PCB que es una shield para el Arduino Uno, mediante el uso del software Proteus Profesional 8, en la cual irán los sensores, led indicador de activación módulo relay x8, ventilador 5v y conexiones para la activación de actuadores mediante el módulo relay x8, tal y como se muestra en la **Ilustración 18-3**.

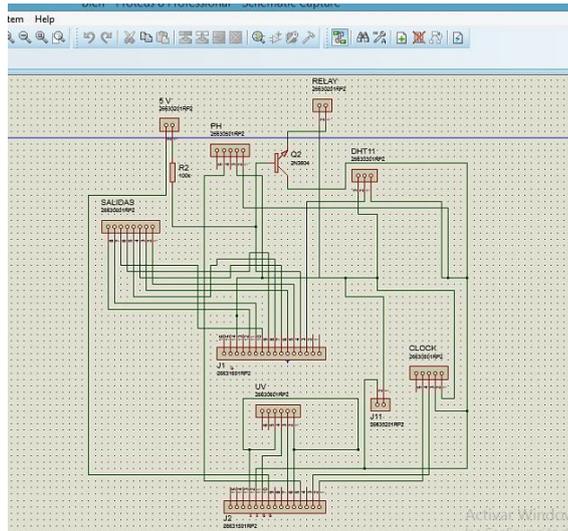


Ilustración 18-3: Circuito esquemático Shield Arduino Uno

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

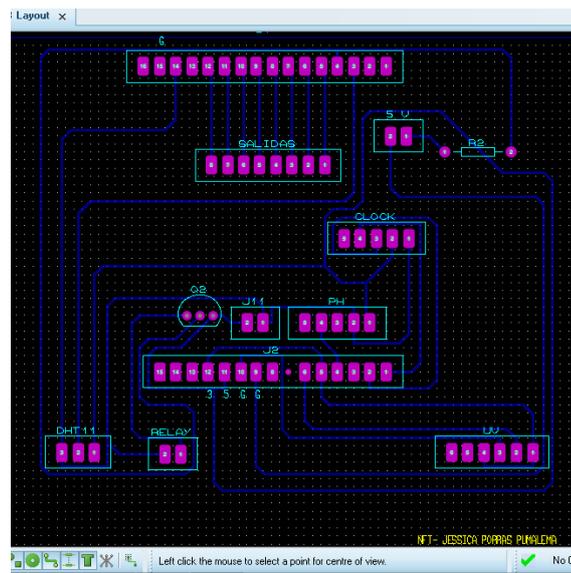


Ilustración 19-3: Circuito PCB Shield Arduino Uno

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

A continuación, se procedió a importar el archivo .pdf para ser impreso en papel transfer y su posterior planchado en la baquelita de fibra de vidrio.

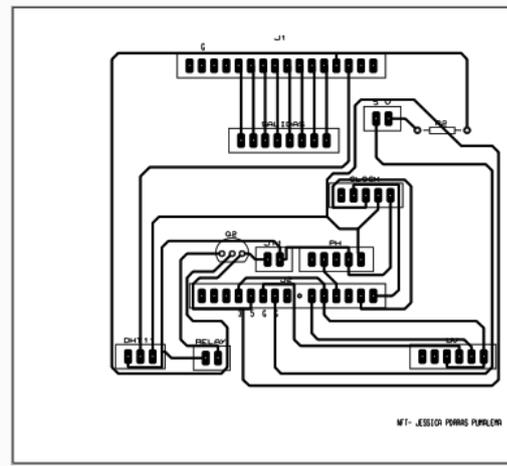


Ilustración 20-3: Diseño Shield Arduino en PDF

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Finalmente se usó cloruro férrico para la disolución. y se procedió a soldar los espadines, transistor y resistencia para el acoplamiento de los distintos elementos electrónicos, tal y como se muestra en la **Ilustración 21-3**.

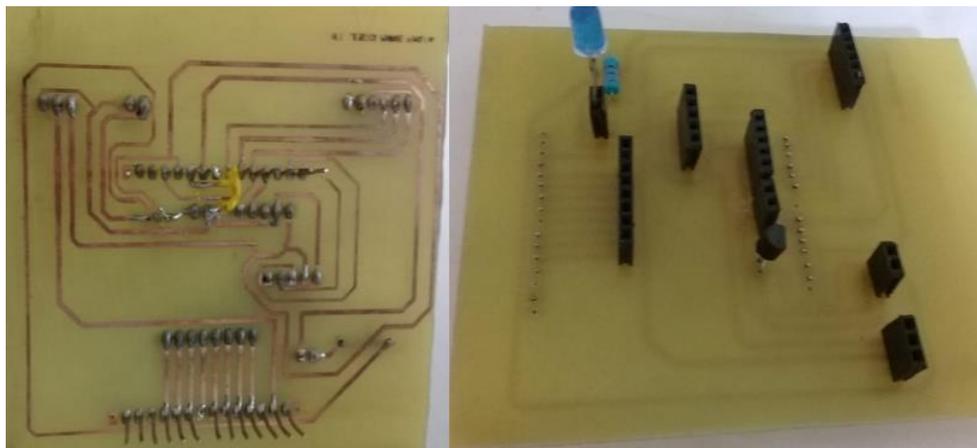


Ilustración 21-3: Placa PCB del dispositivo prototipo cultivo hidropónico NFT

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.7. Diseño de la Caja protectora.

El diseño se lo realizó en el software SolidWorks, la estructura de la caja protectora sirve para contener la Raspberry Pi 4b, Arduino Uno, Módulo Relay x8, puente H, Shield Arduino, módulo sensor pH. Las medidas son 21 cm x 22 cm x 10 cm. tal y como se muestra en la **Ilustración 22-3**.

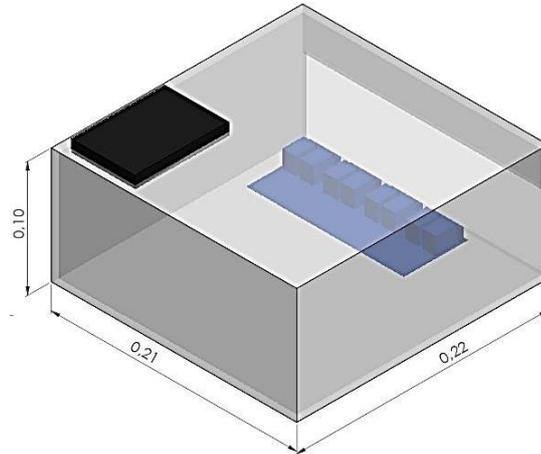


Ilustración 22-3: Diseño caja protectora en SolidWorks

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Se realizaron piezas las cuales fueron cortadas en acrílico de 3mm, a través de una cortadora láser, para posteriormente ser ensambladas manualmente, obteniendo la estructura deseada para el acople de los distintos elementos electrónicos. Como se muestra en la **Ilustración 23-3**.



Ilustración 23-3: Caja protectora

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8. Dimensionamiento del sistema para el cultivo hidropónico automatizado NFT

Se usó el software Solid Works, para realizar el diseño de la infraestructura necesaria para la implementación del sistema hidropónico automatizado NFT. Para el diseño se usaron los siguientes materiales que son parte fundamental del sistema y se detallan a continuación.

3.8.1 Soporte y sujeción.

Es la encargada de soportar el peso de los distintos tipos de tuberías, así como también es la encargada de optimizar el espacio adecuado. Se realizó la estructura en varilla metálica No. 12 teniendo una superficie de ocupación máxima que es de 2 m x 2 m (Requerimiento del Usuario) se optó por un diseño de 1.5 m. x 1m. x 1.5 m. Como se muestra en la **Ilustración 24-3**.

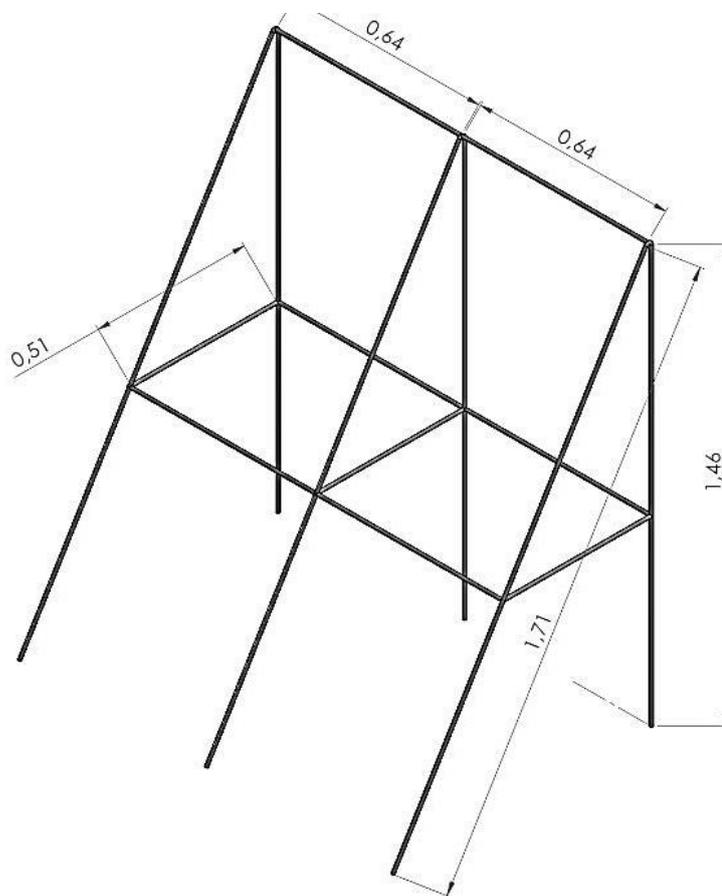


Ilustración 24-3: Diseño estructura en varilla metálica.

Fuente: SolidWorks2020

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Posteriormente se construyó la estructura de soporte con las características ya mencionadas, tal y como se muestra en la **Ilustración 25-3**.



Ilustración 25-3: Estructura de soporte y sujeción cultivo hidropónico NFT automatizado.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8.2. Tanque

El tanque almacena la solución nutritiva mezclada con agua la cual circula dentro de las tuberías del sistema hidropónico automatizado NFT, su capacidad fue calculada con el número de plantas que tendrá el cultivo, en este caso se tiene alrededor de 24 lechugas (24 plantas) en todo el sistema, el material del tanque fue el plástico reforzado resistente al sol, que resulta ideal para este tipo de cultivos ya que no demandan de mantenimiento continuo, es impermeable, reduce el crecimiento de microorganismos; el dimensionamiento del volumen requerido para el tanque de almacenamiento se muestra en la **Tabla 16-3**.

Tabla 16-3: Tanque de almacenamiento

| | |
|--|---|
| $V = (\pi r^2) (L)$ | $r =$ radio del tubo $L =$ longitud del tubo del cultivo |
| $V1 = (\pi \cdot 4^2) (1200)$ $V1 = 60,3 \text{ mm}^3$ $V1 = 0,0603 \text{ m}^3$ $V1 = 60,3 \text{ lt}$ | $V1 =$ Volumen de un tubo de 3" (80 mm de diametro). |
| $V2 = (V1)(3)$ $V2 = (60,3 \text{ lt}) (3)$ $V2 = 180,9 \text{ lt}$ | $V2 =$ Volumen de 3 tubos de 10mm. |
| $V3(1/4) = 180/4$ $V3(1/4) = 45$ | $V3(1/4) =$ Volumen a un cuarto de lámina (altura solución nutritiva 2cm) |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Por esta razón se usó un tanque de 80 litros de capacidad, llenado con 70 litros de agua y solución nutritiva, esta cantidad proveerá de una reserva de 25 litros la cual será usada por las plantas para su crecimiento ya que cada planta consume alrededor de 1/2 litro en todo su periodo de crecimiento hasta la cosecha (12 litros en total para las 24 plantas a cultivarse) y los 13 litros restantes serán usados como reserva (evaporación 1% mensual condiciones extremas de calor), tal y como se muestra en la **Ilustración 26-3**.



Ilustración 26-3: Tanque colector 80 litros.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8.3. Tuberías

3.8.3.1. Tuberías de distribución

Es la encargada de llevar la solución nutritiva hacia los canales de cultivos, el diámetro depende del volumen de solución nutritiva, que transporta dentro del sistema de tuberías. El material que se eligió es el PVC por su resistencia, bajo costo y sencilla instalación. La tubería elegida para distribuir la solución nutritiva del tanque a los canales del cultivo, mediante la bomba sumergible es de ½" PVC y mangueras de hule de 10 mm de diámetro como se muestra en la **Ilustración 27-3**.



Ilustración 27-3: Tuberías de distribución.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8.3.2. Canales de cultivo

Son parte fundamental del medio de sujeción de las plantas y también la base en que circula la solución nutritiva, se usó 3 tuberías PVC de 3 " con una longitud de 1.2 m y con orificios de 7cm dando un total, de 24 orificios en para el sistema hidropónico NFT automatizado, pudiendo ser aumentada su capacidad si el usuario lo requiere. Se debe tomar muy en cuenta la altura de la lámina de solución nutritiva en el interior de la tubería ya que no debe superar los 20 mm para poder mantener una correcta oxigenación de las raíces y debe tener una pendiente entre el 1% al 2% para un retorno adecuado de la solución al tanque colector (INCAP, 2016), tal y como se muestra en la **Ilustración 28-3**.



Ilustración 28-3: Canales de cultivo.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8.3.3. Tubería colectora

Es la encargada de devolver la solución nutritiva que ha pasado por el canal del cultivo y regresarla hasta el tanque colector, mediante pendientes que funcionan por gravedad, es muy importante que se encuentren ubicadas al final de la tubería, con una altura adecuada y un diámetro reducido, para acelerar la velocidad del fluido ya que, cuando llegue al tanque recolector provoque la oxigenación necesaria requerida por las plantas.

- Selección tubería de recolección

$$V = (\pi r^2) (L)$$

$$V = (\pi 0,05m^2) (1m)$$

$$V = (\pi \cdot 0,0025) (1)m^3$$

$$V = 7,8 \text{ l.}$$

Donde:

V= volumen tubería de drenaje

r= radio del tubo 0,05m

L=longitud del tubo del cultivo 1m

Se escogió esta tubería 1 ½", ya que tiene el volumen y capacidad necesarias para que el líquido fluya adecuadamente en las tuberías de recolección, manteniendo el caudal necesario de solución nutritiva en los canales de cultivo, tal y como se muestra en la **Ilustración 29-3**.



Ilustración 29-3. Tubería recolectora.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Finalmente, como se muestra en la **Ilustración 30-3**, con todos los componentes ya mencionados se tiene la estructura completa del cultivo hidropónico NFT automatizado.



Ilustración 30-3.
Infraestructura cultivo hidropónico NFT

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.8.4. Motor DC

Es el encargado de generar el movimiento para el mecanismo del techo corredizo, abriéndolo y cerrándolo (izquierda y derecha) automáticamente de acuerdo con el requerimiento de índice de radiación UV, a continuación, se muestra el cálculo del torque del motor necesario para el funcionamiento del sistema.

- $P(m^2) = 0.3 \frac{kg}{m^2}$ Peso de la malla de polímero por unidad de área.

$$A = b * h$$

$$A = 1[m] * 1.5[m]$$

$$A = 1.5m^2$$

Donde:

$A \rightarrow$ area del techo [m^2]

$b \rightarrow$ base [m]

$h \rightarrow$ altura [m]

$$m_{plástico} = P_m * A$$

$$m_{malla} = 0.3 \left[\frac{kg}{m^2} \right] * 1.5[m^2]$$

$$m_{malla} = 0.45 kg$$

Donde:

$m_{malla} \rightarrow$ masa de la malla [kg]

$P_m =$ peso de la malla $\left[\frac{kg}{m^2} \right]$

$$W = m * g$$

$$W_{malla} = m_{malla} * g$$

$$W_{malla} = 0.45 [kg] * 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{malla} = 4.41 N$$

Donde:

$W \rightarrow$ peso [N]

$m \rightarrow$ masa [kg]

$g \rightarrow$ gravedad $\left[\frac{m}{s^2} \right]$

$W_{malla} \rightarrow$ peso de la malla

$$P_{tubo} = 1[kg]$$

$$W_{tubo} = m_{tubo} * g$$

$$W_{tubo} = 1 [kg] * 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{tubo} = 9,8 N$$

Donde:

P_{tubo} → peso del tubo

W_{tubo} → Peso del tubo

m_{tubo} → masa del tubo

$$W_{total} = W_{plastico} + W_{tubo}$$

$$W_{total} = 4.41[N] + 9,8 [N]$$

$$W_{total N} = 14.21 N$$

$$W_{total} = 14.21 x 0,1019$$

$$W_{total Kg} = 1.44 Kg$$

- Torque requerido

$$\tau = F * d$$

$$\tau = 14.21 * 0.05$$

$$\tau = 0,71 Nm$$

$$\tau = 0,71 Nm$$

$$\tau = 7,17 Kg cm$$

Donde:

τ → Torque [Nm]

F → Fuerza o peso [N]

d → Distancia para la aplicacion de la fuerza [m]

Después del cálculo realizado para encontrar el torque necesario para el correcto funcionamiento del sistema del techo corredizo, se encontró que el motor requerido deberá tener un torque mínimo de 7,17 Kg.cm, por lo que se optó por el servo motor Tower pro MG996R 13 Kg.cm el cual cumple con todos los requerimientos necesarios en cuanto a potencia y fuerza, a continuación, se detalla en la **Ilustración 31-3** y **Tabla 17-3** sus principales características.



Ilustración 31-3: Servo motor Tower pro MG996R
Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 17-3: Servo motor Tower pro MG996R

| Descripción | Característica |
|-------------------------|----------------------------------|
| Voltaje de alimentación | Voltaje de operación: 4.8 – 7.2V |
| Tamaño | 40,6 x 19,8 x 42,9 mm |
| Torque | 10.4kg.cm (4.8V), 13kg.cm (6V) |
| Rango de Temperatura | -30 a +60 °C |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.9. Herramientas software de desarrollo

En el presente proyecto investigativo se usaron cuatro softwares que sirvieron para el procesamiento de los datos, automatización, base de datos y diseños, los cuales se muestran a continuación.

3.9.1. Arduino IDE

La plataforma Arduino se usa para aplicaciones electrónicas de acceso libre o código abierto, las características principales son: hardware y software libre, basados en lenguaje de programación C++, sencillo de usar para los usuarios y desarrolladores, permitiendo el uso de diferentes microordenadores de una sola placa. Cuando se habla de hardware libre, se refiere a los dispositivos en las que las características y especificaciones son de total acceso a todos los usuarios. Esta plataforma brinda las bases para todos quienes deseen crear su dispositivo y está basado en el mismo fundamento.

3.9.1.1. Diagrama de flujo de la programación del Script en Arduino IDE

A continuación, se explica el funcionamiento del algoritmo del diagrama de flujo de procesamiento presentado en la **Ilustración 32-3** del programa secundario del sistema hidropónico NFT automatizado en el software Arduino.

- Se importaron librerías Wire.h, RTClib.h, "DHT.h" las cuales sirven para el funcionamiento de las terminales del Arduino, el módulo reloj RTC y el sensor dht11 respectivamente.
- Se declararon las variables para las distintas salidas de los sensores así como también se estableció el inicio de la comunicación serial con la Raspberry pi 4b+ a una velocidad de 9600 baudios.
- Finalmente se establecieron las condiciones mediante estructuras de programación como if y while para la activación automática de los distintos actuadores mediante la lectura proveniente de los sensores de temperatura, humedad, pH e índice de radiación UV.

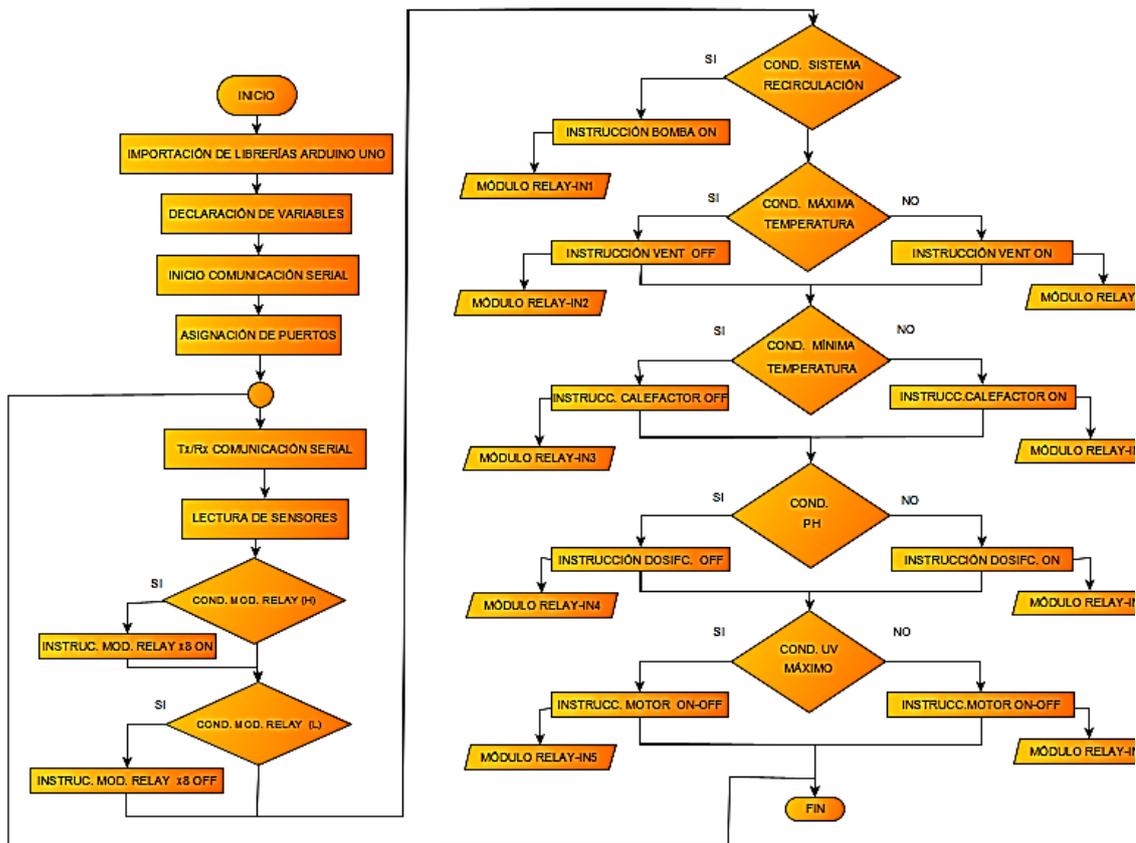


Ilustración 32-3: Diagrama de flujo algoritmo procesamiento Arduino.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.9.2. Python 3.2

Python es un lenguaje de programación considerado de alto nivel, es usado en el desarrollo aplicaciones de todo tipo y es interpretado, esto quiere decir que no se necesita compilarlo para desarrollar sketches realizados en Python. Se ejecuta directamente usando el ordenador a través de un interpretador, es un lenguaje fácil de escribir y leer, además de ser una multiplataforma gratuita (código abierto) permitiendo el desarrollo de software sin límites, facilitando trabajar en Big data, inteligencia artificial y data science, entre muchos más.

3.9.2.1. Diagrama de flujo de la programación del Script en Python 3.2

A continuación, se explica el funcionamiento del algoritmo del diagrama de flujo de procesamiento Python 3.2 presentado en la **Ilustración 33-3**.

- Se importaron las librerías <TKINTER>, <SERIAL>, <TIME> y <SQLITE3> las cuales sirven para el funcionamiento de las terminales de la Raspberry pi 4b+, interfaz gráfica, procesamiento y base de datos respectivamente.
- Se declararon las variables para las distintas salidas y entradas en los puertos GPIO, también se estableció el inicio de la comunicación serial con el Arduino Uno, a una velocidad de 9600 baudios.
- Se creó una base de datos en Sqlite3 la cual almacena datos de temperatura, humedad, índice UV y pH en tiempo real cada hora.
- Se establecieron las condiciones mediante estructuras de programación como *if*, *while*, *def*, *button state* para la activación automática de los distintos sistemas (lavado del sistema e iluminación) también la visualización en la pantalla táctil TFT 3.5”
- Finalmente se creó un servidor VNC para la conexión remota con dispositivo para el control y monitorización del sistema hidropónico automatizado NFT.

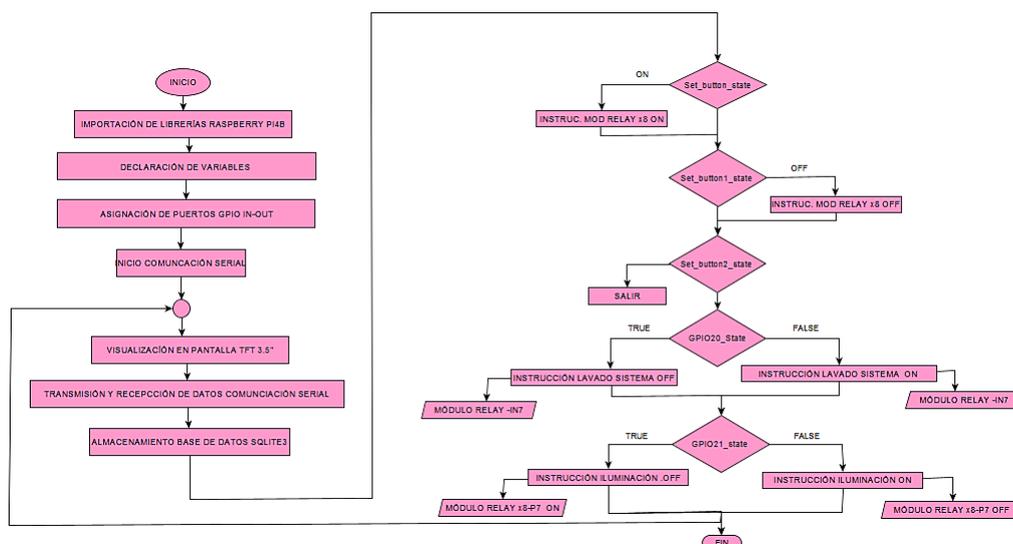


Ilustración 33-3: Diagrama de flujo algoritmo procesamiento Python 3.2

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.10. Diseño del sistema hidropónico NFT automatizado.

En la **Ilustración 34-3**, se muestra el diseño terminado del sistema hidropónico NFT automatizado en SolidWorks 2020, este sistema propuesto está constituido por cuatro partes: dispositivo prototipo (panel de control), sensores, actuadores e infraestructura hidropónica NFT. Estas constituyen partes fundamentales del sistema, cumpliendo así con todos los requerimientos antes mencionados.

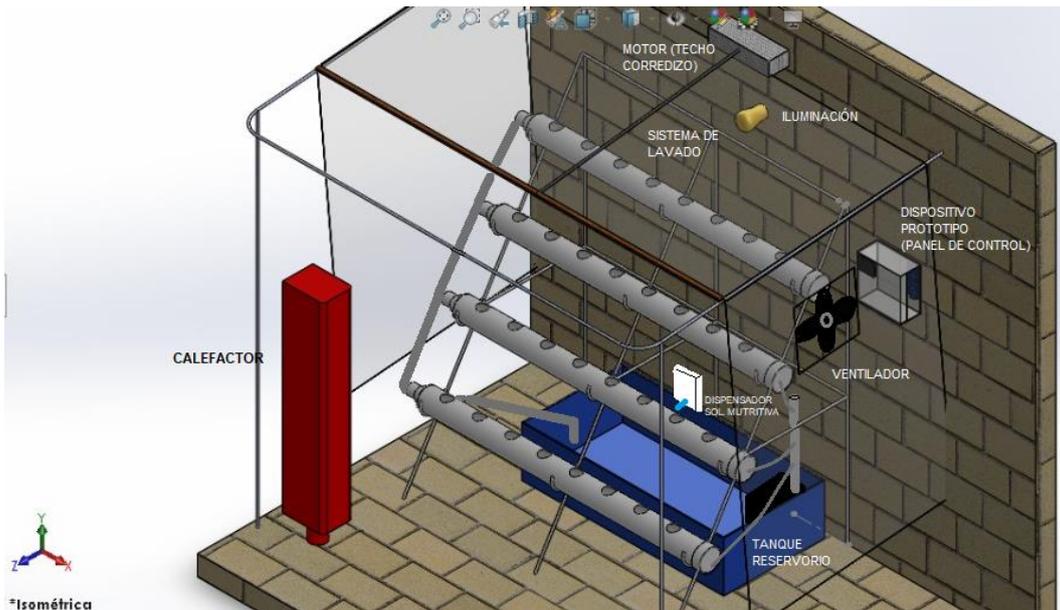


Ilustración 34-3: Diseño del sistema hidropónico NFT automatizado en SolidWorks 2020

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

3.11. Diseño de la interfaz del sistema

El diseño general de la interfaz se lo realizó en Python 3.2 mediante la extensión Tkinter, la cual permite una programación orientada a objetos, la interfaz consta de 3 partes: visualización, informativa (en tiempo real) y la parte de control (botones), brindando así al usuario un experiencia agradable y fácil de entender. La pantalla TFT visualiza los datos de hora, fecha, temperatura, humedad, índice UV y pH provenientes de los sensores colocados dentro del cultivo hidropónico NFT en tiempo real, así como también una alerta en el caso de la activación automática de algún actuador, los cuales se encargarán de mantener el microclima y el riego deseado para la especie de planta (Lechuga). En la parte central se tiene botones los cuales sirven para la activación de todos los actuadores, con la respectiva alerta de ON-OFF, adicional se tiene los botones del lavado del sistema, los botones del encendido de las luces de iluminación del sistema en el caso que el usuario requiera ir al cultivo por las noches y finalmente un botón de salida de la interfaz. Esta misma interfaz se visualizará en un dispositivo remoto, mediante el

servidor VNC pudiendo monitorear y controlar el cultivo hidropónico en tiempo real tal como se muestra en la **Ilustración 35-3**.

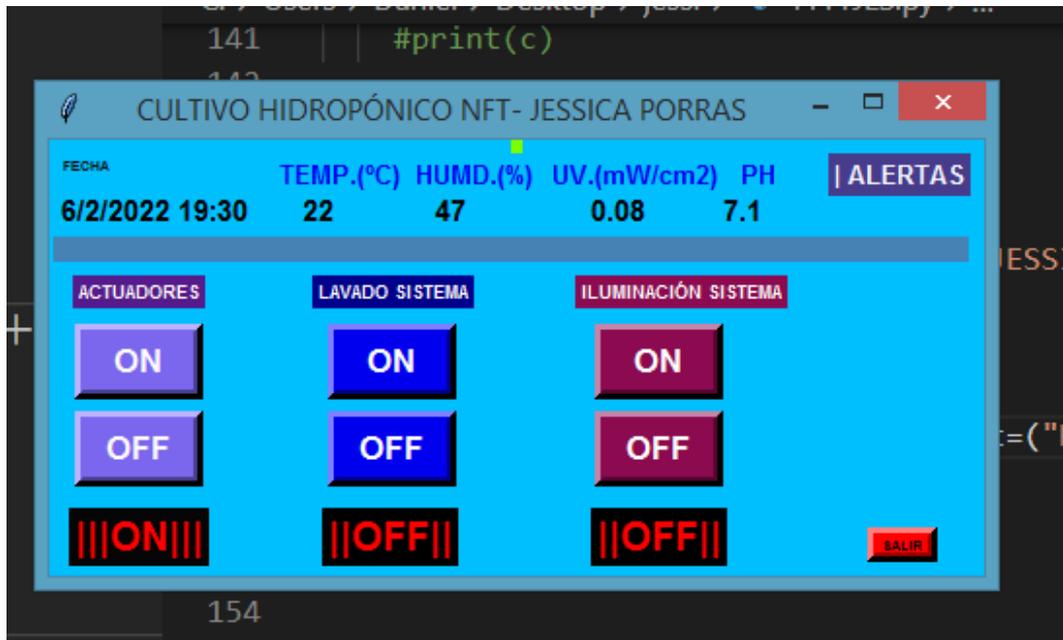


Ilustración 35-3. Diseño interfaz sistema hidropónico NFT.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

CAPITULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizaron los resultados obtenidos a través de los cuales se garantizó el cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto de investigación. Se efectuaron pruebas durante el funcionamiento del sistema prototipo, con el propósito de validar el sistema mediante ensayos tales como: funcionamiento de sensores, activación de actuadores (alertas), tiempo de procesamiento, servidor VNC envío y recepción de datos y finalmente el consumo de corriente. Para estas pruebas se tomaron 30 muestras donde se aplicó el coeficiente de variación CV y así como también el error absoluto Er. Cabe indicar que para hallar este error primero se debe calcular el error absoluto, el cual resulta de la variación entre el valor encontrado en el dispositivo prototipo y el valor real (equipo patrón). Para emitir un criterio de calidad, se tomaron a consideración rangos propuestos por Santo (Santo, 2005), los cuales los indican que si el: $Er < 1 \%$ es BUENO, $1 \% < Er < 5 \%$ ACEPTABLE y finalmente si el $Er > 10 \%$ es POCO CONFIABLE.

4.1. Implementación del Sistema Hidropónico Automatizado NFT

Se implementó el sistema hidropónico automatizado NFT en el domicilio del representante de la empresa Nova Corp. Previo, el dispositivo prototipo del control y monitoreo se encuentra empotrado en la pared junto a la infraestructura NFT y los actuadores como se muestra en la **Ilustración 1-4**. Se describe las pruebas realizadas a continuación.



Ilustración 1-4: Ubicación del Sistema Hidropónico Automatizado NFT terminado

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

4.2. Pruebas realizadas del funcionamiento de sensores en el dispositivo prototipo

Para la validación del funcionamiento del sistema prototipo se realizaron pruebas en el funcionamiento de sensores: dht11, ml8511 y GAOHOU PH0-14 que se detallan a continuación.

4.2.1. Pruebas de validación y estabilidad sensor DHT11

El objetivo de estas pruebas fue verificar si las mediciones de temperatura y humedad del sensor son correctas, así como también la adecuada visualización en la interfaz. Se tomaron 30 muestras aleatorios, en las cuales se muestra: el funcionamiento, las lecturas obtenidas por este sensor en tiempo real y se compararon con un equipo patrón tal y como se muestra en la **Ilustración 2-4**.



Ilustración 2-4: Medidor Humedad y Temperatura: A) Equipo patrón PCE 310, B)

Lectura sensor DHT11

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 1-4: Análisis del error relativo en la medición de temperatura - DHT11

| Número | Lectura activa | Temperatura C° equipo patrón (PCE-310) | Temperatura C° Dispositivo (DHT11) | Error relativo |
|--------------|----------------|---|---------------------------------------|----------------|
| 1 | SI | 17,90 | 18,1 | 2,56 |
| 2 | SI | 19,10 | 19,4 | 2,06 |
| 3 | SI | 19,35 | 19,6 | 0,52 |
| 4 | SI | 19,70 | 19,8 | 0 |
| 5 | SI | 18,90 | 19,0 | 1,04 |
| 6 | SI | 19,10 | 19,2 | 1,04 |
| 7 | SI | 19,05 | 19,2 | 0,52 |
| 8 | SI | 19,05 | 19,2 | 2,7 |
| 9 | SI | 19,15 | 19,4 | 1,75 |
| 10 | SI | 17,87 | 18,1 | 2,06 |
| 11 | SI | 18,30 | 18,3 | 2,06 |
| 12 | SI | 18,35 | 18,5 | 2,21 |
| 13 | SI | 18,49 | 18,6 | 0,55 |
| 14 | SI | 18,80 | 18,8 | 2,17 |
| 15 | SI | 18,70 | 19,0 | 2,86 |
| 16 | SI | 19,60 | 19,2 | 2,86 |
| 17 | SI | 19,70 | 19,4 | 1,04 |
| 18 | SI | 19,10 | 19,0 | 1,25 |
| 19 | SI | 18,12 | 18,1 | 1,1 |
| 20 | SI | 18,36 | 18,3 | 1,15 |
| 21 | SI | 18,58 | 18,5 | 2,47 |
| 22 | SI | 18,70 | 18,7 | 1,2 |
| 23 | SI | 19,80 | 18,9 | 0 |
| 24 | SI | 19,10 | 19,1 | 2,56 |
| 25 | SI | 20,40 | 19,3 | 1,04 |
| MEDIA | | | | 1,58 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 1-4**, se muestran los datos obtenidos por el sensor DHT11 y el equipo patrón PCE 310, estos valores fueron extraídos dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado, se aplicó la prueba del error relativo donde se encontró un Er promedio del 1,57 %, este resultado está en el rango de calidad ACEPTABLE, de acuerdo con el autor, ya que los resultados están dentro del valor máximo de error del fabricante del equipo patrón ($Er < 3 \%$).

Tabla 2-4: Prueba de estabilidad temperatura – DHT11.

| Número | Fecha y hora | Medición con el dispositivo prototipo |
|--|----------------------|---------------------------------------|
| 1 | 04/01/2022 - 9:00:00 | 18,7 |
| 2 | 04/01/2022 - 9:00:05 | 18,9 |
| 3 | 04/01/2022 - 9:00:10 | 19,0 |
| 4 | 04/01/2022 - 9:00:15 | 19,1 |
| 5 | 04/01/2022 - 9:00:20 | 18,9 |
| 6 | 04/01/2022 - 9:00:25 | 18,7 |
| 7 | 04/01/2022 - 9:00:30 | 19,2 |
| 8 | 04/01/2022 - 9:00:35 | 19,4 |
| 9 | 04/01/2022 - 9:00:40 | 19,6 |
| 10 | 04/01/2022 - 9:00:45 | 19,2 |
| MEDIA | | 19.07 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ) | | 0.29 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) | | 1.52 % |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 2-4**, se muestran los datos obtenidos de temperatura por el sensor DHT11, se aplicó una prueba de estabilidad a través del coeficiente de variación (CV), donde se obtuvo un CV de 1,71 %, cabe señalar que el valor encontrado se encuentra por debajo del valor estándar 5 % ($CV < 5 \%$), este resultado indica que el sensor es preciso y tiene poca variabilidad.

Tabla 3-4: Análisis del error relativo en la medición de humedad - DHT11

| Número | Lectura activa | Humedad equipo patrón | Humedad % dispositivo | Error relativo |
|--------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| 1 | SI | 60,19 | 60,2 | 0,32 |
| 2 | SI | 61,25 | 61,3 | 0,21 |
| 3 | SI | 60,17 | 60,2 | 0,28 |
| 4 | SI | 61,15 | 61,2 | 0,25 |
| 5 | SI | 60,81 | 60,8 | 0,31 |
| 6 | SI | 60,14 | 60,1 | 0,23 |
| 7 | SI | 60,84 | 60,8 | 0,26 |
| 8 | SI | 61,21 | 61,2 | 0,2 |
| 9 | SI | 59,91 | 59,9 | 0,15 |
| 10 | SI | 61,05 | 61,1 | 0,79 |
| 11 | SI | 59,39 | 59,4 | 0,66 |
| 12 | SI | 59,75 | 59,8 | 0,03 |
| 13 | SI | 61,25 | 61,3 | 1,29 |
| 14 | SI | 61,22 | 61,2 | 0,36 |
| 15 | SI | 60,12 | 60,1 | 0,2 |
| 16 | SI | 61,11 | 61,1 | 0,18 |
| 17 | SI | 59,93 | 59,9 | 0,12 |
| 18 | SI | 61,25 | 61,3 | 0,15 |
| 19 | SI | 60,9 | 60,9 | 0,16 |
| 20 | SI | 60,2 | 60,2 | 0,33 |
| 21 | SI | 61,25 | 61,3 | 0,46 |
| 22 | SI | 59,96 | 60 | 0,07 |
| 23 | SI | 61,16 | 61,2 | 0,26 |
| 24 | SI | 60,2 | 60,2 | 0,33 |
| 25 | SI | 60,84 | 60,8 | 0,26 |
| MEDIA | | | | 0,31 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 3-4**, se muestran los datos obtenidos de humedad por el sensor DHT11 y el equipo patrón PCE 310, estos valores fueron extraídos dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado, se aplicó la prueba del error relativo donde se encontró un Er promedio del 0,31 %, el rango de calidad BUENO, de acuerdo con el autor, los resultados están dentro del valor máximo de error del fabricante del equipo patrón ($Er < 3\%$).

Tabla 4-4: Prueba de estabilidad de humedad-DHT11

| Número | Fecha y hora | Humedad C° Dispositivo |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1 | 04/01/2022 - 10:00:00 | 59,9 |
| 2 | 04/01/2022 - 10:00:05 | 60,0 |
| 3 | 04/01/2022 - 10:00:10 | 60,0 |
| 4 | 04/01/2022 - 10:00:15 | 59,7 |
| 5 | 04/01/2022 - 10:00:20 | 60,0 |
| 6 | 04/01/2022 - 10:00:25 | 60,2 |
| 7 | 04/01/2022 - 10:00:30 | 60,4 |
| 8 | 04/01/2022 - 10:00:35 | 60,5 |
| 9 | 04/01/2022 - 10:00:40 | 60,8 |
| 10 | 04/01/2022 - 10:00:45 | 60,8 |
| MEDIA | | 60,23 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0.38 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | 0.6 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 4-4**, se muestran los datos obtenidos de humedad por el sensor DHT11, se aplicó una prueba de estabilidad a través del coeficiente de variación (CV), donde se obtuvo un CV de 0,01 %, cabe señalar que el valor encontrado se encuentra por debajo del valor estándar 5 % (CV<5 %), este resultado indica que el sensor es preciso y tiene poca variabilidad.

4.2.2. Pruebas de validación y estabilidad del sensor ML8511

El objetivo de estas pruebas fue verificar si las mediciones del índice de radiación UV del sensor son correctas, así como también la adecuada visualización en la interfaz. Se tomaron 30 muestras aleatorias, en las cuales se muestra: el funcionamiento, las lecturas obtenidas por este sensor en tiempo real y se compararon con un equipo patrón tal y como se muestra en la **Ilustración 3-4**.



Ilustración 3-4: Medidor índice de radiación UV: A) Equipo patrón UV MS 98-3, B) Sensor ML 8511

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 5-4: Análisis del error relativo en la medición índice de radiación UV ML8511

| Número | Lectura activa | Índice de radiación | | Error relativo |
|--------------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| | | UV mW/cm2 equipo patrón | UV mW/cm2 dispositivo | |
| 1 | SI | 0,55 | 0,6 | 0,91 |
| 2 | SI | 0,70 | 0,7 | 0,88 |
| 3 | SI | 0,85 | 0,9 | 0,83 |
| 4 | SI | 1,00 | 1,0 | 0,83 |
| 5 | SI | 0,60 | 0,6 | 0,77 |
| 6 | SI | 0,75 | 0,8 | 0,36 |
| 7 | SI | 2,00 | 2,0 | 0,77 |
| 8 | SI | 1,05 | 1,1 | 4,00 |
| 9 | SI | 1,20 | 1,2 | 1,41 |
| 10 | SI | 1,40 | 1,4 | 1,41 |
| 11 | SI | 0,71 | 0,7 | 1,54 |
| 12 | SI | 0,86 | 0,9 | 0,59 |
| 13 | SI | 1,01 | 1,0 | 1,54 |
| 14 | SI | 0,61 | 0,6 | 1,33 |
| 15 | SI | 0,10 | 0,1 | 1,41 |
| 16 | SI | 0,25 | 0,3 | 2,50 |
| 17 | SI | 0,60 | 0,6 | 3,64 |
| 18 | SI | 0,55 | 0,6 | 3,08 |
| 19 | SI | 0,70 | 0,7 | 2,67 |
| 20 | SI | 0,55 | 0,6 | 1,54 |
| 21 | SI | 1,30 | 1,3 | 1,27 |
| 22 | SI | 1,45 | 1,5 | 1,38 |
| 23 | SI | 1,60 | 1,6 | 1,64 |
| 24 | SI | 1,59 | 1,6 | 1,38 |
| 25 | SI | 1,20 | 1,2 | 1,20 |
| MEDIA | | | | 1,7 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 5-4**, se muestran los datos obtenidos de índice de radiación UV por el sensor ML4511 y el equipo patrón MS 98-3, estos valores fueron extraídos dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado, se aplicó la prueba del error relativo donde se encontró un Er promedio del 1,7 %, el rango de calidad ACEPTABLE, de acuerdo con el autor, los resultados están dentro del valor máximo de error del fabricante del equipo patrón ($Er < 3 \%$).

Tabla 6-4: Prueba de estabilidad en el sensor ML8511 (dispositivo prototipo).

| Número | Fecha y hora | Medición con el dispositivo prototipo |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 1 | 04/01/2022 - 11:00:00 | 0,9 |
| 2 | 04/01/2022 - 11:00:05 | 0,9 |
| 3 | 04/01/2022 - 11:00:10 | 1,1 |
| 4 | 04/01/2022 - 11:00:15 | 1,1 |
| 5 | 04/01/2022 - 11:00:20 | 1,2 |
| 6 | 04/01/2022 - 11:00:25 | 1,2 |
| 7 | 04/01/2022 - 11:00:30 | 1,3 |
| 8 | 04/01/2022 - 11:00:35 | 1,3 |
| 9 | 04/01/2022 - 11:00:40 | 1 |
| 10 | 04/01/2022 - 11:00:45 | 1 |
| MEDIA | | 1,1 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0,85 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | 0,77 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 6-4**, se muestran los datos obtenidos de índice de radiación UV, se aplicó una prueba de estabilidad a través del coeficiente de variación (CV), donde se obtuvo un CV de 0,14 %, cabe señalar que el valor encontrado se encuentra por debajo del valor estándar 5 % ($CV < 5\%$), este resultado indica que el sensor es preciso y tiene poca variabilidad.

4.2.3. Prueba de validación y estabilidad del sensor pH GAOHOU PHO-14

El objetivo de esta prueba fue verificar si las mediciones de pH del sensor son correctas, así como también la adecuada visualización en la interfaz. Se tomaron 30 muestras aleatorias, en las cuales se muestra: el funcionamiento, las lecturas obtenidas por este sensor en tiempo real y se compararon con un equipo patrón tal y como se muestra en la **Ilustración 4-4**.

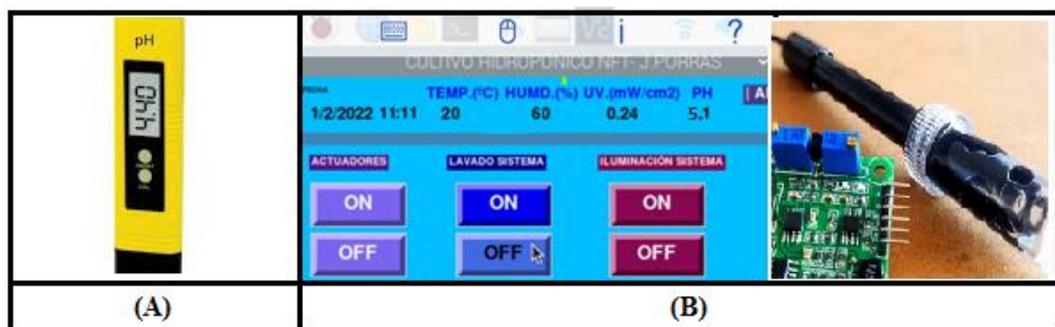


Ilustración 4-4: Medidor pH: A) Equipo patrón PHMTR1, B) SensorGAOHOU PHO14

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 7-4: Análisis del error relativo en la medición del pH GAOHOU PHO -14

| Número | Lectura activa | PH Equipo patrón | PH GAOHOU PHO -14 | Error relativo |
|--------------|----------------|---------------------|----------------------|----------------|
| 1 | SI | 5,6 | 5,47 | 2,32 |
| 2 | SI | 5,1 | 5,00 | 1,96 |
| 3 | SI | 5,1 | 5,21 | 2,16 |
| 4 | SI | 5,3 | 5,29 | 0,19 |
| 5 | SI | 5,4 | 5,24 | 2,96 |
| 6 | SI | 5,0 | 5,12 | 2,4 |
| 7 | SI | 5,3 | 5,31 | 0,19 |
| 8 | SI | 5,3 | 5,45 | 2,83 |
| 9 | SI | 5,1 | 5,04 | 1,18 |
| 10 | SI | 5,5 | 5,60 | 1,82 |
| 11 | SI | 5,5 | 5,42 | 1,45 |
| 12 | SI | 5,2 | 5,30 | 1,92 |
| 13 | SI | 5,0 | 5,05 | 1 |
| 14 | SI | 5,4 | 5,34 | 1,11 |
| 15 | SI | 5,5 | 5,40 | 1,82 |
| 16 | SI | 5,3 | 5,23 | 1,32 |
| 17 | SI | 5,4 | 5,46 | 1,11 |
| 18 | SI | 5,5 | 5,36 | 2,55 |
| 19 | SI | 5,6 | 5,46 | 2,5 |
| 20 | SI | 5,5 | 5,42 | 1,45 |
| 21 | SI | 5,3 | 5,35 | 0,94 |
| 22 | SI | 5,0 | 5,01 | 0,2 |
| 23 | SI | 5,2 | 5,26 | 1,15 |
| 24 | SI | 5,2 | 5,36 | 3,08 |
| 25 | SI | 5,6 | 5,27 | 5,89 |
| MEDIA | | | | 2,08 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 7-4**, se muestran los datos obtenidos del pH dentro de la solución nutritiva, por el sensor GAOHOU PHO - 14 y el equipo patrón PH MTR1, estos valores fueron extraídos dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado, se aplicó la prueba del error relativo, donde se encontró un Er promedio del 2,08 %, el rango de calidad ACEPTABLE, de acuerdo con el autor, Los resultados están dentro del valor máximo de error del fabricante del equipo patrón ($Er < 3 \%$).

Tabla 8-4: Prueba de estabilidad en el sensor GAOHOU PHO -14.

| Número | Fecha y hora | PH dispositivo |
|---------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 05/01/2022 - 15:00:00 | 5,20 |
| 2 | 05/01/2022 - 15:00:15 | 5,26 |
| 3 | 05/01/2022 - 15:00:20 | 5,26 |
| 4 | 05/01/2022 - 15:00:25 | 5,28 |
| 5 | 05/01/2022 - 15:00:30 | 5,30 |
| 6 | 05/01/2022 - 15:00:35 | 5,37 |
| 7 | 05/01/2022 - 15:00:40 | 5,37 |
| 8 | 05/01/2022 - 15:00:40 | 5,38 |
| 9 | 05/01/2022 - 15:00:45 | 5,41 |
| 10 | 05/01/2022 - 15:00:50 | 5,41 |
| MEDIA | | 5,324 |
| DESVIACIÓN ESTÁNDAR | | 0,0054 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN | | 0,001 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

En la **Tabla 8-4**, se muestran los datos obtenidos de pH, se aplicó una prueba de estabilidad a través del coeficiente de variación (CV), donde se obtuvo un CV de 0,01 %, cabe señalar que el valor encontrado se encuentra por debajo del valor estándar 5 % ($CV < 5\%$), este resultado indica que el sensor es preciso y tiene poca variabilidad.

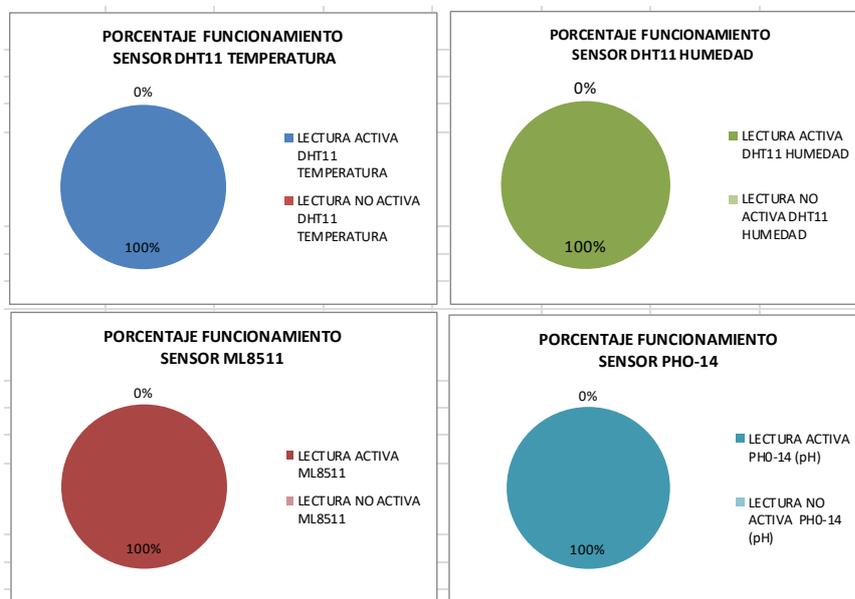


Ilustración 5-4: Porcentaje funcionamiento Sensores DHT11, ML8511, GAOHOU PHO-14

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3. Prueba funcionamiento control microclima (activación de actuadores-alertas)

El objetivo de estas pruebas fue verificar el óptimo funcionamiento de los actuadores, así como también de la correcta visualización de las alertas de activación en la interfaz gráfica. Los actuadores se activaron cuando las variables climáticas y químicas estuvieron fuera de los rangos previamente establecidos, cabe decir que estos rangos son los que requiere la planta (lechuga) para su óptimo desarrollo, tal y como se muestra en la **Tabla 9-4**.

Tabla 9-4: Rangos ambientales y químicos lechuga hidropónica

| RNAGOS AMBIENTALES Y QUÍMICOS LECHUGA HIDROPÓNICA | Rangos |
|--|---------------|
| Humedad % | 50 – 80 |
| Temperatura °C | 14 – 20 |
| pH | 5,5 - 6 |
| Índice de radiación mW/cm^2) | 0 – 4 |

Fuente: (Manzano, 2018)

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Los rangos mostrados en la **Tabla 9-4**. Fueron ingresados al algoritmo de programación para que el sistema controle automáticamente el microclima, mediante la activación de los actuadores. A continuación, se muestra las pruebas realizadas a cada uno de los actuadores, en total se tomaron 10 muestras aleatorias en las cuales se activaron los actuadores por medidas obtenidas de los sensores, estas estaban fuera de los rangos necesarios para el óptimo crecimiento de la lechuga hidropónica NFT, a continuación, se describe cada una de las pruebas.

4.3.1. Prueba activación ventilador

Se tomaron 10 muestras de datos aleatoriamente fuera del rango máximo de temperatura ($T > 20 C^0$), en la cuales se activó el ventilador automáticamente (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO), para de esta forma disminuir la temperatura dentro del sistema hidropónico NFT automatizado, también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI = SE VISUALIZÓ, NO = NO SE VISUALIZÓ), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 6-4** y **Tabla 10-4**.



Ilustración 6-4: A) Activación alerta ventilador B) Activación ventilador.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 10-4. Pruebas activación ventilador

| # MUESTRAS | TEMPERATURA ALTA | ACTIVACIÓN VENTILADOR | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|--------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 21,1 | 1 | SI |
| 2 | 21,0 | 1 | SI |
| 3 | 22,1 | 1 | SI |
| 4 | 21,4 | 1 | SI |
| 5 | 21,2 | 1 | SI |
| 6 | 21,4 | 1 | SI |
| 7 | 22,2 | 1 | SI |
| 8 | 21,6 | 1 | SI |
| 9 | 21,0 | 1 | SI |
| 10 | 21,1 | 1 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTIVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.2. Prueba activación Calefactor

Se tomaron 10 muestras aleatoriamente de datos fuera del rango mínimo de temperatura ($T < 14\text{ }^{\circ}\text{C}$), en las cuales se activó el calefactor automáticamente (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO), para de esta forma aumentar la temperatura dentro del sistema hidropónico NFT automatizado, también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI = SE VISUALIZÓ, NO = NO SE VISUALIZÓ), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 7-4 y Tabla 11-4**.



Ilustración 7-4: A) Activación alerta calefactor B) Activación calefactor

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 11-4. Pruebas activación calefactor

| # MUESTRAS | TEMPERATURA BAJA | ACTIVACIÓN VENTILADOR | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|-------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 13,2 | 1 | SI |
| 2 | 13,0 | 1 | SI |
| 3 | 13,3 | 1 | SI |
| 4 | 12,5 | 1 | SI |
| 5 | 13,5 | 1 | SI |
| 6 | 13,0 | 1 | SI |
| 7 | 13,5 | 1 | SI |
| 8 | 12,9 | 1 | SI |
| 9 | 13,1 | 1 | SI |
| 10 | 12,0 | 1 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.3. Prueba activación techo

Se tomaron 10 muestras aleatoriamente de datos fuera del rango máximo de Índice de radiación UV > 4, donde el sistema activó el motor abriendo y posteriormente cerrando el techo. Cuando el índice fue superior al rango óptimo, el motor se encendió cerrando el techo (Giro motor derecha) y finalmente cuando el índice fue nuevamente el óptimo, el motor abrió el techo nuevamente (Giro motor izquierda). Controlando así el índice de radiación UV que requiere la planta (lechuga), adicionalmente se verificó la visualización de la alerta de activación, en la interfaz gráfica obteniendo un 100 % de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 8-4 y Tabla 12-4**.



Ilustración 8-4: A) Activación del techo B) Activación del techo.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 12-4. Pruebas activación techo

| # MUESTRAS | Índice de radiación UV mW/cm ² | ACTIVACIÓN TECHO (ABRIR – CERRAR) | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|-------------------------|---|-----------------------------------|----------------------|
| 1 | 4,5 | 1 – CERRAR | SI |
| 2 | 5 | 1 – CERRAR | SI |
| 3 | 4,3 | 1 – CERRAR | SI |
| 4 | 4,2 | 1 – CERRAR | SI |
| 5 | 4,2 | 1 – CERRAR | SI |
| 6 | 5 | 1 – CERRAR | SI |
| 7 | 0,7 | 1 – ABRIR | SI |
| 8 | 1 | 1 – ABRIR | SI |
| 9 | 1 | 1 – ABRIR | SI |
| 10 | 0,5 | 1 – ABRIR | SI |
| PORCENTAJE DE ACTVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.4. Pruebas activación Bomba sumergible.

Se tomaron 10 muestras en la cuales se activó la bomba sumergible automáticamente obteniendo un 100% de eficacia, dado que el sistema requiere de un bombeo (recirculación) constante de solución nutritiva, este actuador siempre permanecerá encendido durante todo el tiempo automáticamente (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO) y en la interfaz no se mostrará una alerta de encendido, tal como se muestra en la **Ilustración 9-4** y **Tabla 13-4**.



Ilustración 9-4: Activación bomba sumergible

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 13-4. Pruebas activación bomba sumergible

| # MUESTRAS | ACTIVACIÓN BOMBA SUMERGIBLE |
|------------|-----------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1 |
| 5 | 1 |
| 6 | 1 |
| 7 | 1 |
| 8 | 1 |
| 9 | 1 |
| 10 | 1 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.5. Prueba activación de Dosificador de solución nutritiva.

Se tomaron 10 muestras aleatoriamente de datos que superaron el nivel de pH máximo (pH=6) que debe tener la solución nutritiva que circula por el sistema hidropónico. Cuando $\text{pH} > 6$ se activa automáticamente el dosificador (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO), dosificando solución nutritiva concentrada en el tanque reservorio lo que disminuye el pH hasta dejarlo en el rango adecuado. Dado que el pH del tanque reservorio no va a disminuir en ninguna circunstancia natural, el sistema no controlara en ese caso pH bajos ($\text{pH} < 5.5$). También se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (DOSF-ON), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 10-4 y Tabla 14-4**.

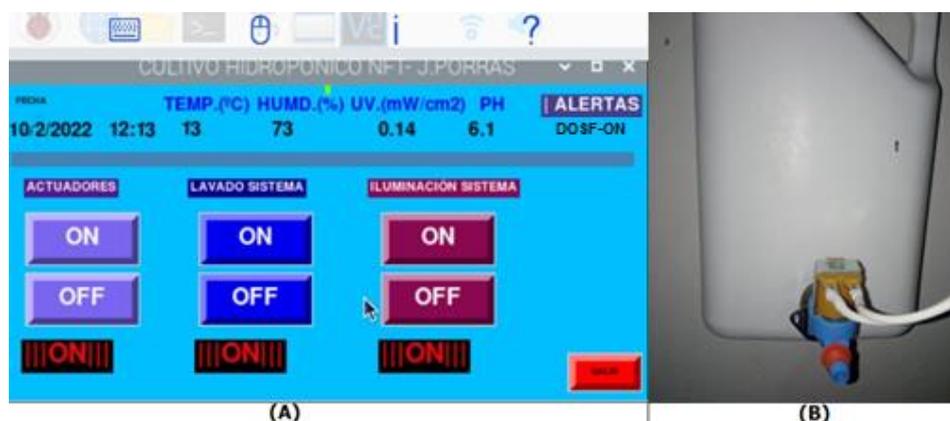


Ilustración 10-4: A) Activación alerta de dosificador. B) Dosificador solución nutritiva.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 14-4. Pruebas activación dosificador solución nutritiva

| Número de Muestras. | PH Superior. | Activación del Dosificador. | Visualización de alerta. |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------|
| 1 | 6.2 | 1 | SI |
| 2 | 6.2 | 1 | SI |
| 3 | 6.3 | 1 | SI |
| 4 | 6.3 | 1 | SI |
| 5 | 6.8 | 1 | SI |
| 6 | 6.9 | 1 | SI |
| 7 | 6.3 | 1 | SI |
| 8 | 6.3 | 1 | SI |
| 9 | 6.3 | 1 | SI |
| 10 | 6.3 | 1 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTIVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.6. Prueba activación lavado del sistema

Se realizaron 10 pulsaciones de activación (botones lavado del sistema) en la cuales se activó y se apagó el sistema de lavado obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 11-4 y Tabla 15-4.**



Ilustración 11-4: A) Activación alerta lavado del sistema B) No activación lavada del sistema

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 15-4. Pruebas activación lavado sistema

| # MUESTRAS | PULSACIÓN | Activación sistema de lavado | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|-------------------------|-----------|------------------------------|----------------------|
| 1 | OFF | 0 | SI |
| 2 | OFF | 0 | SI |
| 3 | OFF | 0 | SI |
| 4 | ON | 1 | SI |
| 5 | OFF | 0 | SI |
| 6 | OFF | 0 | SI |
| 7 | ON | 1 | SI |
| 8 | OFF | 0 | SI |
| 9 | ON | 1 | SI |
| 10 | OFF | 0 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.7. Pruebas activación iluminación del sistema

Se realizaron 10 pulsaciones de activación (botones iluminación sistema) en la cuales se activó y se apagó la iluminación del sistema (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO), también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI = SE VISUALIZÓ, NO = NO SE VISUALIZÓ), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 12-4** y **Tabla 16-4**.



Ilustración 12-4: A) Activación iluminación sistema B) No activación iluminación sistema iluminación sistema.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 16-4. Pruebas activación iluminación

| # MUESTRAS | PULSACIÓN | ACTIVACIÓN ILUMINACIÓN DEL SISTEMA | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|--------------------------|-----------|------------------------------------|----------------------|
| 1 | ON | 1 | SI |
| 2 | ON | 1 | SI |
| 3 | OFF | 0 | SI |
| 4 | ON | 1 | SI |
| 5 | OFF | 0 | SI |
| 6 | OFF | 0 | SI |
| 7 | ON | 1 | SI |
| 8 | OFF | 0 | SI |
| 9 | ON | 1 | SI |
| 10 | OFF | 0 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTIVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.8. Pruebas activación actuadores

Se tomaron 10 muestras de pulsaciones de activación (botones actuadores) en la cuales se activó y se desactivaron los actuadores (1= ACTIVADO, 0= APAGADO), también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI= SE VISUALIZÓ, NO= NO SE VISUALIZÓ), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 13-4 y Tabla 17-4.**

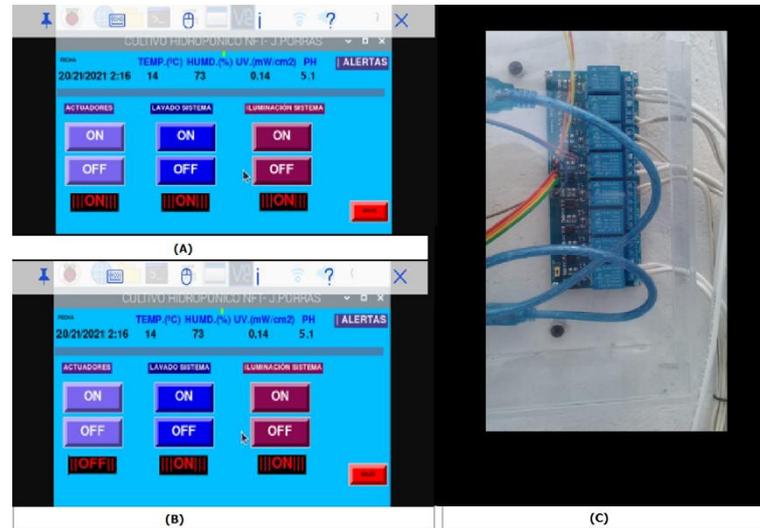


Ilustración 13-4: A) Activación actuadores B) No activación calefactor C) Modulo relay x8

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 17-4. Pruebas activación actuadores

| # MUESTRAS | PULSACIÓN | ACTIVACIÓN ACTUADORES | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------------|
| 1 | OFF | 0 | SI |
| 2 | ON | 1 | SI |
| 3 | OFF | 0 | SI |
| 4 | ON | 1 | SI |
| 5 | OFF | 0 | SI |
| 6 | OFF | 0 | SI |
| 7 | ON | 1 | SI |
| 8 | OFF | 0 | SI |
| 9 | ON | 1 | SI |
| 10 | OFF | 0 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTIVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.3.9. Prueba activación nebulizador

Se tomaron 10 muestras de datos aleatoriamente fuera del rango mínimo de humedad ($H < 50\%$), en las cuales se activó el nebulizador automáticamente (1 = ACTIVADO, 0 = APAGADO), para de esta forma aumentar la humedad dentro del sistema hidropónico NFT automatizado, también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI = SE VISUALIZÓ, NO = NO SE VISUALIZÓ), obteniendo un 100% de eficacia, tal como se muestra en la **Ilustración 14-4** y **Tabla 18-4**.

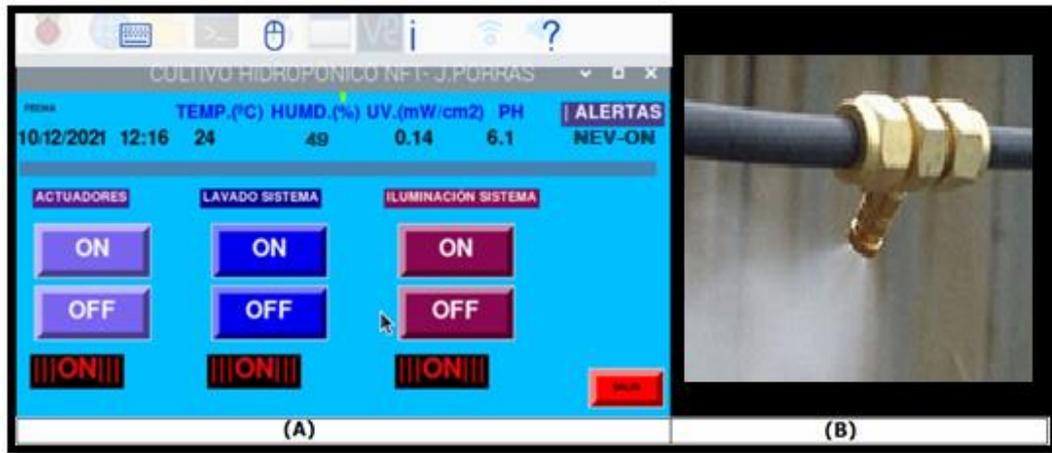


Ilustración 14-4. A) Activación alerta nebulizador B) Activación nebulizador.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 18-4. Pruebas del nebulizador.

| # MUESTRAS | HUMEDAD BAJA (%) | ACTIVACIÓN NEBULIZADOR | VISUALIZACIÓN ALERTA |
|--------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 49,0 | 1 | SI |
| 2 | 48,9 | 1 | SI |
| 3 | 49,0 | 1 | SI |
| 4 | 49,0 | 1 | SI |
| 5 | 49,3 | 1 | SI |
| 6 | 48,8 | 1 | SI |
| 7 | 48,8 | 1 | SI |
| 8 | 49,0 | 1 | SI |
| 9 | 49,1 | 1 | SI |
| 10 | 49,0 | 1 | SI |
| PORCENTAJE DE ACTIVACIÓN | | | 100% |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.4. Funcionamiento servidor VNC envío-recepción de datos

Se implementó el servidor VNC en el dispositivo prototipo para el monitoreo y control del sistema hidropónico NFT desde un dispositivo remoto (celular o computadora).

-Se estableció la conexión con la dirección IP de la Raspberry y se añadió el nombre de la conexión., como se muestra en la **Ilustración 15-4**.

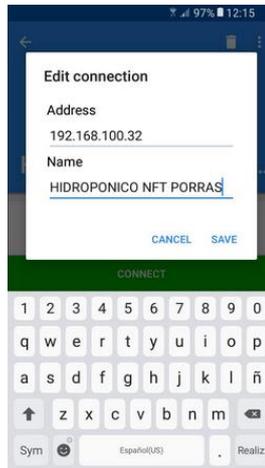


Ilustración 15-4: Dirección IP y nombre de la conexión VNC.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

-Se autenticó mediante el nombre y la contraseña del dispositivo al cual se requiere conectar desde el dispositivo remoto, como se muestra en la **Ilustración 16-4**.

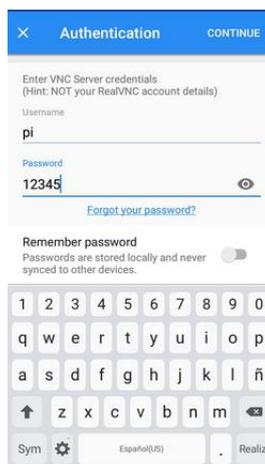


Ilustración 16-4:
Autenticación VNC

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

-Finalmente se establece la conexión entre la Raspberry PI 4b+ y el dispositivo remoto vía VNC.



Ilustración 17-4: Autenticación VNC

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.4.1. Prueba servidor VNC envió - recepción de datos

El objetivo de esta prueba fue verificar el óptimo funcionamiento de la conexión VNC entre el dispositivo prototipo y un dispositivo remoto, así como también de la correcta visualización de las alertas de activación en la interfaz gráfica. Para el desarrollo de esta prueba se activó y desactivó los botones de la iluminación del sistema, primero vía VNC y posteriormente activándolos directamente en el dispositivo prototipo, tomando datos de tiempo de activación y visualización de la alerta, tal y como se muestra en la **Ilustración 18-4**.

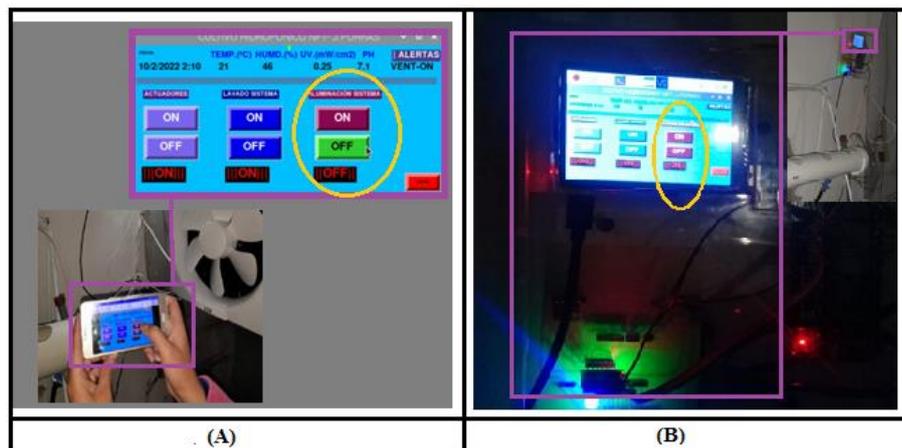


Ilustración 18-4: A) Activación vía VNC, B) Activación dispositivo prototipo

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 19-4. Prueba funcionamiento conexión vía servidor VNC

| # MUESTRAS | HORA | CONEXIÓN ACTIVA VÍA VNC | PULSACIÓN ON/OFF | ACTIVACIÓN ACTUADOR | VISUALIZACIÓN ALERTA | TIEMPO DEL PROCESO ms. |
|--------------|----------|-------------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 9:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 60 |
| 2 | 9:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 51 |
| 3 | 9:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 52 |
| 4 | 9:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 65 |
| 5 | 10:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 66 |
| 6 | 10:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 67 |
| 7 | 10:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 68 |
| 8 | 10:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 57 |
| 9 | 11:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 58 |
| 10 | 11:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 59 |
| 11 | 13:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 60 |
| 12 | 13:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 61 |
| 13 | 13:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 62 |
| 14 | 13:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 63 |
| 15 | 14:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 64 |
| 16 | 14:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 65 |
| 17 | 15:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 66 |
| 18 | 15:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 67 |
| 19 | 16:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 61 |
| 20 | 16:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 62 |
| 21 | 19:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 63 |
| 22 | 19:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 64 |
| 23 | 20:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 65 |
| 24 | 20:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 73 |
| 25 | 21:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 74 |
| 26 | 21:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 75 |
| 27 | 21:30:00 | SI | ON | 1 | SI | 76 |
| 28 | 21:45:00 | SI | OFF | 0 | SI | 74 |
| 29 | 22:00:00 | SI | ON | 1 | SI | 75 |
| 30 | 22:15:00 | SI | OFF | 0 | SI | 76 |
| MEDIA | | | | | | 64,97 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Se tomaron 30 muestras de pulsaciones de activación (botones iluminación del sistema) vía VNC en la cuales se activó y se desactivó la iluminación (1= ACTIVADO, 0= APAGADO), también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI= SE VISUALIZÓ,

NO= NO SE VISUALIZÓ, finalmente se tomaron los tiempos de activación cada una de las pulsaciones, obteniendo un 100% de eficacia y un promedio de tiempo de activación de $t = 64,97$ ms., tal como se muestra en la **Tabla 19-4**.

Tabla 20-4. Prueba funcionamiento conexión directa dispositivo prototipo

| # MUESTRAS | HORA | CONEXIÓN ACTIVA DISPOSITIVO PROTOTIPO | PULSACIÓN ON/OFF | ACTIVACIÓN ACTUADOR | VISUALIZACIÓN ALERTA | TIEMPO DEL PROCESO ms. |
|---------------|----------|--|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 9:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 53 |
| 2 | 9:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 44 |
| 3 | 9:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 45 |
| 4 | 9:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 58 |
| 5 | 10:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 59 |
| 6 | 10:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 60 |
| 7 | 10:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 61 |
| 8 | 10:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 50 |
| 9 | 11:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 51 |
| 10 | 11:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 52 |
| 11 | 13:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 53 |
| 12 | 13:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 54 |
| 13 | 13:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 55 |
| 14 | 13:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 56 |
| 15 | 14:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 57 |
| 16 | 14:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 58 |
| 17 | 15:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 59 |
| 18 | 15:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 60 |
| 19 | 16:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 54 |
| 20 | 16:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 55 |
| 21 | 19:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 56 |
| 22 | 19:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 57 |
| 23 | 20:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 58 |
| 24 | 20:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 66 |
| 25 | 21:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 67 |
| 26 | 21:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 68 |
| 27 | 21:35:00 | SI | ON | 1 | SI | 69 |
| 28 | 21:50:00 | SI | OFF | 0 | SI | 67 |
| 29 | 22:05:00 | SI | ON | 1 | SI | 68 |
| 30 | 22:20:00 | SI | OFF | 0 | SI | 69 |
| MEDIA | | | | | | 57,94 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Se tomaron 30 muestras de pulsaciones de activación (botones iluminación del sistema) desde el dispositivo prototipo, en la cuales se activó y se desactivó la iluminación (1= ACTIVADO, 0= APAGADO), también se verificó la aparición de una alerta de activación en la interfaz gráfica (SI= SE VISUALIZÓ, NO= NO SE VISUALIZÓ, finalmente se tomaron los tiempos de activación cada una de las pulsaciones, obteniendo un 100% de eficacia y un promedio de tiempo de activación de $t = 57,97$ ms., tal como se muestra en la **Tabla 20-4**.

Realizando una comparativa entre los tiempos en los dos tipos de conexiones ya mencionadas, se obtuvo una diferencia de tiempo promedio de activación y visualización de alertas de 7,03 ms; esto indica un retardo promedio en la conexión VNC prácticamente imperceptible.

4.5. Prueba consumo de corriente y voltaje (DC-AC)

Esta prueba tiene la función de comprobar el consumo de corriente y voltaje del dispositivo prototipo DC del sistema, a través del uso de un multímetro digital. En el caso de los actuadores (AC) se midió la corriente mediante el uso de una pinza amperimétrica, en la **Tabla 21-4** y **Tabla 22-4** se muestra la comparativa con los valores proporcionados en el datasheet de cada uno de los dispositivos electrónicos usados, con los valores obtenidos, la medición del multímetro, de esta forma obtener el consumo real y total de corriente y voltaje.

Tabla 21-4. Prueba consumo de corriente y voltaje dispositivo prototipo

| DISPOSITIVO | | DATASHEET | | MULTÍMETRO | |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | CORRIENTE [A] | VOLTAJE [VDC] | CORRIENTE [A] | VOLTAJE [VDC] |
| 1 | Raspberry PI4b+ | 3.5 | 5 | 3.0 | 5 |
| 2 | Arduino Uno | 0,05 | 5 | 0,04 | 5 |
| CONSUMO TOTAL | | 3.55 | 5 | 3,04 | 5 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 22-4. Prueba consumo de corriente y voltaje dispositivo prototipo

| DIPOSITIVO | VOLTAJE [V] | CORRIENTE [A] |
|----------------------------------|-------------|---------------|
| 1 Ventilador – Extractor de aire | 110 | 0.36 |
| 2 Válvula solenoide | 110 | 0.04 |
| 3 Calefactor Handy Heater. | 110 | 3.1 |
| 4 Bomba de agua sumergible | 110 | 0.36 |
| 5 Motor | 110 | 2.5 |
| CONSUMO TOTAL | 110 | 6,36 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

4.6. Crecimiento lechugas hidropónicas NFT

4.6.1. Lechugas sembradas en tierra

Se sembraron 25 lechugas de la misma especie en tierra, en el mismo sector donde se encuentra ubicado el cultivo hidropónico automatizado NFT, posteriormente se recolectaron datos de volumen y masa en el momento de la cosecha, obteniendo los siguientes resultados tal como se muestra en la **Ilustración 19-4, Tabla 23-4**



Ilustración 19-4: Lechugas sembradas en tierra

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 23-4. Volumen y peso lechugas sembradas en tierra

| | Volumen [mm^3]. | Masa [gr]. |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------|
| Lechuga 1 | 2270440 | 147,58 |
| Lechuga 2 | 2308100 | 150,03 |
| Lechuga 3 | 2330600 | 151,49 |
| Lechuga 4 | 2260440 | 146,93 |
| Lechuga 5 | 2160640 | 140,44 |
| Lechuga 6 | 2260411 | 146,93 |
| Lechuga 7 | 2270470 | 147,58 |
| Lechuga 8 | 2308106 | 150,03 |
| Lechuga 9 | 2308259 | 150,04 |
| Lechuga 10 | 2270448 | 147,58 |
| Lechuga 11 | 2270558 | 147,59 |
| Lechuga 12 | 2270491 | 147,58 |
| Lechuga 13 | 2160645 | 140,44 |
| Lechuga 14 | 2330699 | 151,50 |
| Lechuga 15 | 2270468 | 147,58 |
| Lechuga 16 | 2308103 | 150,03 |
| Lechuga 17 | 2270469 | 147,58 |
| Lechuga 18 | 2330597 | 151,49 |
| Lechuga 19 | 2270449 | 147,58 |
| Lechuga 20 | 2270447 | 147,58 |
| Lechuga 21 | 2160641 | 140,44 |
| Lechuga 22 | 2308901 | 150,08 |
| Lechuga 23 | 2308107 | 150,03 |
| Lechuga 24 | 2270321 | 147,57 |
| Lechuga 25 | 2270560 | 147,59 |
| VOLUMEN TOTAL | | 56819370 |
| PESO TOTAL | | 3693,26 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.6.2. Lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado

Se sembraron 25 lechugas de la misma especie dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado, posteriormente se recolectaron datos de volumen y masa en el momento de la cosecha, obteniendo los siguientes resultados tal como se muestra en la **Ilustración 20-4, Tabla 24-4**. Cabe mencionar que el sistema se mantuvo encendido por 60 días, alrededor de 8 horas diarias.



Ilustración 20-4: Lechugas en el cultivo hidropónico NFT automatizado

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 24-4. Volumen y peso lechugas sembradas dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado.

| | Volumen mm3. | Peso gr. |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| Lechuga 1 | 3978616 | 258,61 |
| Lechuga 2 | 3931340 | 255,54 |
| Lechuga 3 | 3962840 | 257,58 |
| Lechuga 4 | 3964616 | 257,70 |
| Lechuga 5 | 3924896 | 255,12 |
| Lechuga 6 | 3964575 | 257,70 |
| Lechuga 7 | 3978658 | 258,61 |
| Lechuga 8 | 3908267 | 254,04 |
| Lechuga 9 | 3954645 | 257,05 |
| Lechuga 10 | 3955923 | 257,13 |
| Lechuga 11 | 3956076 | 257,14 |
| Lechuga 12 | 3955982 | 257,14 |
| Lechuga 13 | 3946509 | 256,52 |
| Lechuga 14 | 3916365 | 254,56 |
| Lechuga 15 | 3933246 | 255,66 |
| Lechuga 16 | 3985182 | 259,04 |
| Lechuga 17 | 3933247 | 255,66 |
| Lechuga 18 | 3916224 | 254,55 |
| Lechuga 19 | 3933220 | 255,66 |
| Lechuga 20 | 3978626 | 258,61 |
| Lechuga 21 | 3946504 | 256,52 |
| Lechuga 22 | 3932461 | 255,61 |
| Lechuga 23 | 3931350 | 255,54 |
| Lechuga 24 | 3978449 | 258,60 |
| Lechuga 25 | 3978784 | 258,62 |
| VOLUMEN TOTAL | | 98746602 |
| PESO TOTAL | | 6418,53 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.6.3. Prueba de hipótesis

En el presente proyecto de investigación se aplicó una prueba de hipótesis evaluando la probabilidad de aceptar o rechazar una afirmación de una población de acuerdo con la evidencia, para esta prueba se siguieron los lineamientos de la UCI (Universidad Para la Cooperación Internacional, 2021). Para esta prueba se trabajó con el total de la población $n= 25$, mediante el paquete de análisis de datos en Excel (Estadística descriptiva), se procesaron los datos de volumen y masa total en los tipos de cultivos el momento de la cosecha, obteniendo los siguientes resultados, mostrados en la **Tabla 25-4**.

Tabla 25-4. Análisis de datos estadístico.

| | VOL. LECHUGAS TERRENO | MASA. LECHUGAS TERRENO | VOL. LECHUGAS HIDROPÓNICA NFT | MASA LECHUGAS HIDROPÓNICAS NFT |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Media | 2272774,8 | 147,730362 | 3949864,069 | 256,7411644 |
| Error típico | 9633,640626 | 0,62618664 | 4577,128311 | 0,297513343 |
| Mediana | 2270470 | 147,58055 | 3954645,19 | 257,051937 |
| Moda | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| Desviación estándar | 48168,20313 | 3,1309332 | 22885,64155 | 1,487566717 |
| Mínimo | 2160640 | 140,4416 | 3908267,34 | 254,037377 |
| Máximo | 2330699 | 151,495435 | 3985182,14 | 259,036839 |
| Suma | 56819370 | 3693,25905 | 98746601,72 | 6418,529111 |
| Cuenta | 25 | 25 | 25 | 25 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.6.3.1. Planteamiento de la hipótesis - VOLUMEN.

Para la validación estadística se plantearon las siguientes hipótesis:

-Hipótesis nula, H_0_v = Con una significancia del 5% se puede afirmar que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas NFT (VNFT) es menor o igual al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra (VT). $H_0_v: VNFT \leq VT$.

-Hipótesis alternativa, H_1_v = Se puede afirmar que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas NFT (VNFT) es mayor al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra (VT). $H_1_v: VNFT > VT$.

Tabla 26-4. Datos estadísticos volumen prueba de hipótesis.

| CULTIVO | Media (\bar{x}) | Desviación estándar (S) | Población |
|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| LECHUGAS HIDROPÓNICAS NFT | 3949864,07 | 22885,6416 | 25 |
| LECHUGAS EN TIERRA | 2272774,8 | 48168,2031 | 25 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Para este análisis se trabajó con una significancia del 5%, porque se eligió trabajar con una confianza del 95%, a través de la tabla valores T de la distribución t de Student (poblaciones de hasta 30), se eligieron los valores correspondientes de Tc de la distribución t de Student por lo que se asume un Tc= 1,74.

$$T_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}}$$

$$T_p = \frac{3949864,069 - 2272774,8}{\sqrt{\frac{22885,6416^2}{25} + \frac{48168,2031^2}{25}}}$$

$$T_p = 157,33$$

Al aplicar la fórmula se obtuvo un valor de Tp= 157,33 este valor se encuentra en la región derecha del valor crítico Tc=1,74 (Tp > Tc), con un nivel de significancia 0.05 (5%), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula **H0v: VNFT ≤ VT**.

Se acepta la hipótesis alternativa **H1v: VNFT > VT**, con lo cual se puede validar la afirmación, de que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas NFT es mayor al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra.

4.6.3.2. Planteamiento de la hipótesis - MASA.

Para la validación estadística se plantearon las siguientes hipótesis:

-Hipótesis nula, **H0m=** Con una significancia del 5% se puede afirmar que la masa alcanzada por las lechugas hidropónicas NFT (MNFT) es menor o igual a la masa alcanzada por las lechugas sembradas en tierra (MT). **H0m: MNFT ≤ MT**.

-Hipótesis alternativa, **H1m=** Se puede afirmar que la masa alcanzada por las lechugas hidropónicas NFT (MNFT) es mayor a la masa alcanzada por las lechugas sembradas en tierra (MT). **H1m: MNFT > MT**.

Tabla 27-4. Datos estadísticos peso prueba de hipótesis.

| CULTIVO | Media (\bar{x}) | Desviación estándar (S) | Población |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|
| LECHUGAS HIDROPÓNICAS NFT | 256,7411644 | 1,487566717 | 25 |
| LECHUGAS EN TIERRA | 147,730362 | 3,1309332 | 25 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Para este análisis se trabajó con una significancia del 5%, porque se eligió trabajar con una confianza del 95%, a través de la tabla valores T de la distribución t de Student (poblaciones de hasta 30), se eligieron los valores correspondientes de Tc de la distribución t de Student por lo que se asume un Tc= 1,74.

$$Tp = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}}$$

$$Tp = \frac{256,74 - 147,73}{\sqrt{\frac{1,4875^2}{25} + \frac{3,1309^2}{25}}}$$

$$Tp = 157,24$$

Al aplicar la formula se obtuvo un valor de Tp= 157,24 este valor se encuentra en la región a la derecha del valor crítico Tc=1,74 (Tp > Zc), con un nivel de significancia 0.05 (5%), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula **H0_m: MNFT ≤ MT.**

y se acepta la hipótesis alternativa **H1_m: MNFT > MT,** con lo cual se puede validar la afirmación de que el volumen alcanzado por las lechugas hidropónicas NFT es mayor al volumen alcanzado por las lechugas sembradas en tierra.

4.7. Curva de crecimiento de las lechugas

Finalmente se realizó una gráfica comparativa con el crecimiento alcanzado en peso en los dos tipos de cultivos durante 62 días, tal como se muestra en la **Ilustración 21-4**.

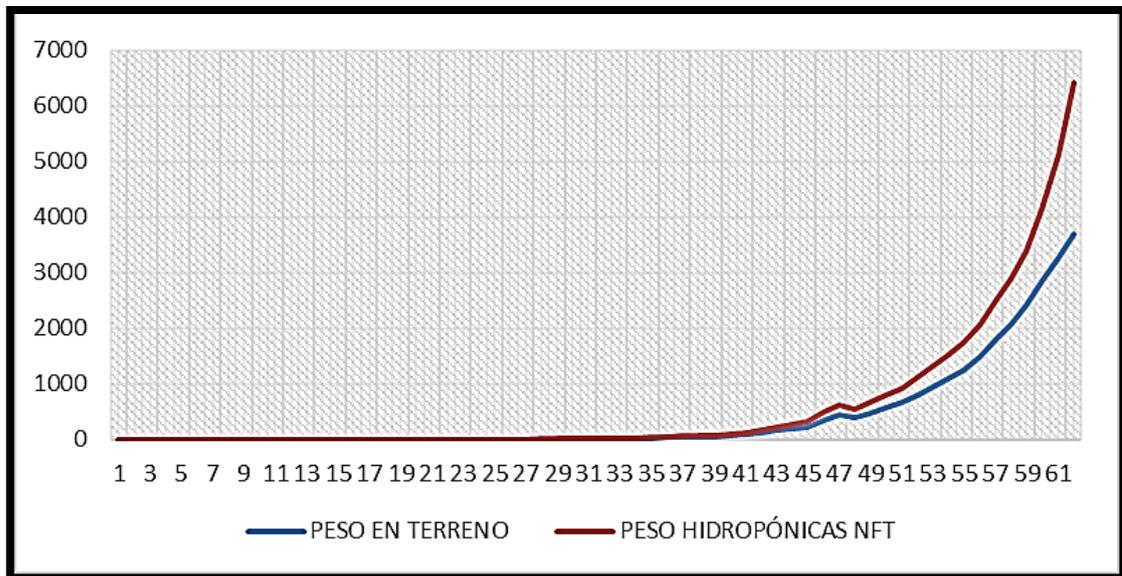


Ilustración 21-4: Gráficas peso lechugas terreno y lechugas hidropónicas NFT automatizado

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.8. Base de datos SQLite

Como se mencionó anteriormente el sistema hidropónico automatizado NFT generó una base de datos de las variables climáticas: temperatura, humedad, índice UV, pH, estos datos se generaron en durante el periodo de crecimiento de las lechugas **Anexo O**, para abrir el archivo .db y visualizar los datos generados, se usó el software DB Browser for SQLite, tal y como se muestra en la **Ilustración 22-4**.

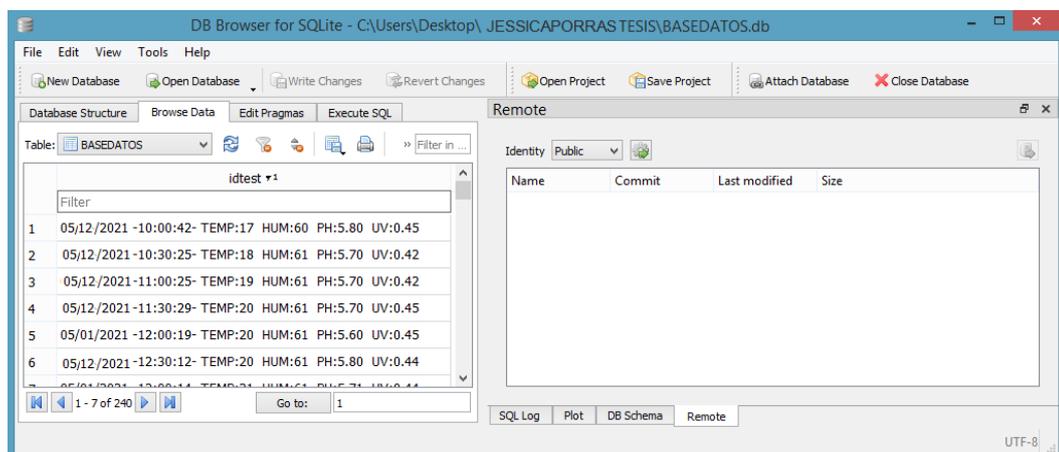


Ilustración 22-4: Base de datos SQLite

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.9. Análisis de costos.

A continuación, se muestran los costos que se generaron en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 28-4. Análisis costo dispositivo prototipo

| Cantidad | Componente | Valor unitario | Valor total |
|--|-----------------------------|-----------------------|--------------------|
| ELEMENTOS DISPOSITIVO PROTOTIPO | | | |
| 1 | Raspeberry pi 4b | 150 | 150 |
| 1 | Arduino Uno | 15 | 15 |
| 1 | Sensor DHT11 | 5 | 5 |
| 1 | Sensor ML8511 | 12 | 12 |
| 1 | Sensor GAOHOU PHO-14 | 45 | 45 |
| 1 | Caja protectora de acrílico | 20 | 20 |
| 1 | Extras | 18 | 18 |
| | TOTAL (USD.) | | 265 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 29-4. Análisis costo actuadores

| Cantidad | Componente | Valor unitario | Valor total |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| ACTUADORES | | | |
| 2 | Ventilador - Extractor de Aire | 50 | 100 |
| 1 | Calefactor eléctrico | 50 | 50 |
| 3 | Electroválvula 1/2" | 10 | 30 |
| 1 | Motor DC 12 V | 12 | 12 |
| 1 | Lámpara led 60 W | 10 | 10 |
| 1 | Bomba de agua sumergible | 50 | 50 |
| 1 | Extras | 20 | 20 |
| | TOTAL (USD.) | | 272 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

Tabla 30-4. Análisis costo infraestructura

| Cantidad | Componente | Valor unitario | Valor total |
|-----------------|-------------------------|----------------|-------------|
| INFRAESTRUCTURA | | | |
| 1 | Varilla No 12 | 50 | 50 |
| 1 | Malla invernadero | 20 | 20 |
| 1 | Estructura tubo cortina | 10 | 10 |
| 1 | Tubería PVC | 15 | 15 |
| 1 | Tanque reservorio | 10 | 10 |
| 1 | Extras | 15 | 15 |
| TOTAL (USD.) | | | 120 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

De acuerdo con los valores de costo obtenidos en la implementación del sistema hidropónico automatizado NFT, como en la **Tabla 28-4**, **Tabla 29-4** y **Tabla 30-4**, tiene un valor total de 657 dólares estadounidenses (USD.). Cabe mencionar que en el mercado no se conoce sistemas que posean todas las características y beneficios que el desarrollado en el presente proyecto. Al realizar una comparación con un sistema hidropónico NFT comercial de referencia, (marca Aqua Payana), se determina que el sistema prototipo implementado es un 82.13 % más económico. Presentando así grandes beneficios, en término de costos y usos en relación con sistemas similares.

4.10. Prueba de hipótesis y normalidad de los datos obtenidos por los sensores.

El objetivo de estas pruebas fue validar la distribución normal de los datos obtenidos en las pruebas previas de validación y estabilidad por parte de los sensores, además demostrar por medio de resultados muestrales si existe suficiente evidencia o no que apoye la hipótesis en un nivel de significancia o error para probar el sesgo de cada sensor. Para este procedimiento se planteó la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1), seleccionando un nivel de significancia o riesgo de $\alpha = 0.05$ (5%) que tradicionalmente se elige en proyectos de investigación sobre consumo, luego se calculó el valor estadístico de prueba y se definió la región de rechazo sujeta al nivel de significancia. Para este análisis se utilizó del software IBM SPSS Statistics. Finalmente se comparó el valor estadístico calculado con el valor crítico, para tomar la decisión de rechazar o no la hipótesis nula. (Aguilar, Altamirano, & García, 2010)

En la validación de la normalidad se empleó la prueba de Shapiro-Wilk o Kolmogorov-Smirnova según el tamaño de la muestra; si no se conoce la desviación estándar de la

población y se tiene al menos de 30 observaciones en la muestra el estadístico de prueba es la distribución normal estándar o bien es la distribución t.

4.10.1. Medición del sensor de temperatura DTH11 y PCE-310

$$H_0: \mu = 19$$

$$H_a: \mu \neq 19$$

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 31-4. Prueba de normalidad del sensor de temperatura

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| TempPCE310 | ,095 | 25 | ,200 | ,979 | 25 | ,871 |
| TempDTH11 | ,107 | 25 | ,200 | ,978 | 25 | ,835 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0,871 y 0.835 son mayores al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ en las muestras del dispositivo DHT11 y equipo patrón respectivamente, concluyendo que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 32-4. Prueba t del sensor de temperatura

| | Valor de prueba = 19 | | | | | |
|------------|----------------------|----|------------------|----------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| TempPCE310 | -,061 | 24 | ,952 | -,00800 | -,2785 | ,2625 |
| TempDTH11 | -,453 | 24 | ,655 | -,0520 | -,289 | ,185 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad es de 0.952 en el equipo patrón y 0.655 en el dispositivo DTH11; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir la media poblacional es igual a 19. Entonces, el sensor del dispositivo y medidor del equipo patrón de temperatura no están sesgados.

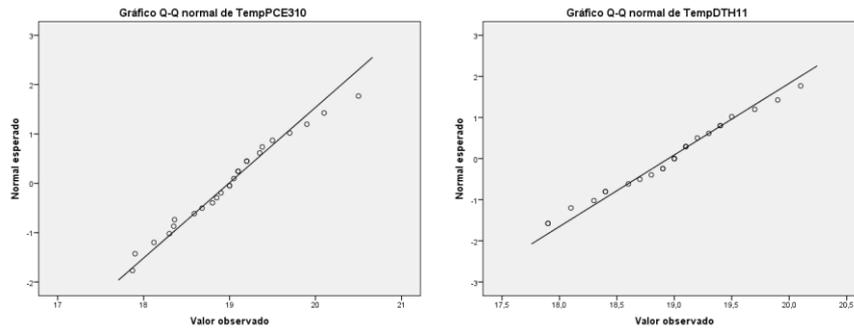


Ilustración 23-4: Graficas de la validación de la distribución normal de datos del sensor de temperatura.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.10.2. Medición de humedad sensor DTH11 y PCE-310

$$H_0: \mu = 60,5$$

$$H_a: \mu \neq 60,5$$

$$\alpha = 0,05$$

Tabla 33-4. Prueba normalidad del sensor de humedad

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| HumPCE310 | ,110 | 25 | ,200 | ,971 | 25 | ,668 |
| HumDTH11 | ,123 | 25 | ,200 | ,948 | 25 | ,222 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0,668 y 0.222 son mayores al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ en las muestras del dispositivo DHT11 y equipo patrón respectivamente, concluyendo que los datos de humedad siguen una distribución normal.

Tabla 34-4. Prueba normalidad del sensor de humedad

Prueba para una muestra

| | Valor de prueba = 60.5 | | | | | |
|-----------|------------------------|----|------------------|----------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| HumPCE310 | ,517 | 24 | ,610 | ,05440 | -,1629 | ,2717 |
| HumDTH11 | ,907 | 24 | ,373 | ,0880 | -,112 | ,288 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad es de 0.61 en el equipo patrón y 0.373 en el dispositivo DTH11; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir la media poblacional es igual a 19. Entonces, el sensor del dispositivo y medidor del equipo patrón de humedad no están sesgados.

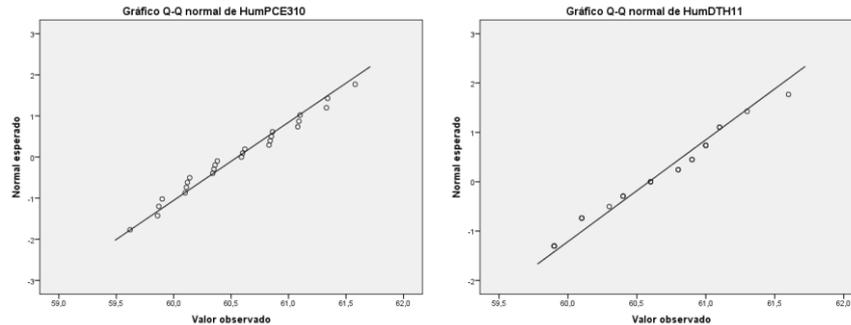


Ilustración 24-4: Graficas de la validación de la distribución normal de datos del sensor de humedad

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.10.3. Medición del índice de radiación UV sensor ML8511 y ML8511

$$H_0: \mu = 1$$

$$H_a: \mu \neq 1$$

$$\alpha = 0,05$$

Tabla 35-4. Prueba normalidad del sensor de radiación UV

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| RadUVMS983 | ,132 | 25 | ,200 | ,965 | 25 | ,514 |
| RadUVML8511 | ,147 | 25 | ,172 | ,960 | 25 | ,413 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0,514 y 0.413 son mayores al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ en las muestras del dispositivo DHT11 y equipo patrón respectivamente, concluyendo que los datos del índice de radiación UV siguen una distribución normal.

Tabla 36-4. Prueba t del sensor de radiación UV

| | Prueba para una muestra | | | | | | |
|-------------|-------------------------|----|------------------|----------------------|----------|---|--|
| | Valor de prueba = 1 | | | | | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Inferior | Superior | |
| RadUVMS983 | -,803 | 24 | ,430 | -,07280 | -,2599 | ,1143 | |
| RadUVML8511 | -,630 | 24 | ,535 | -,0564 | -,241 | ,128 | |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad es de 0.43 en el equipo patrón y 0.535 en el dispositivo DTH11; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir la media poblacional es igual a 1. Entonces, el sensor del dispositivo y medidor del equipo patrón del índice de radiación UV no están sesgados.

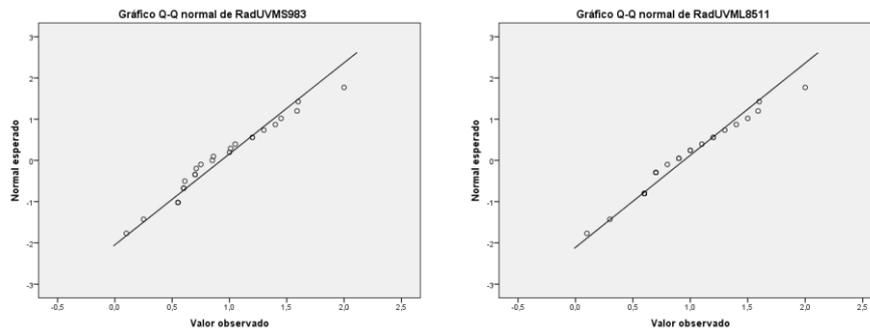


Ilustración 25-4: Graficas de la validación de la distribución normal de datos del sensor de índice de radiación UV.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.10.4. Medición del sensor GAOHOU PHO -14 y PHMTR1

$H_0: \mu = 5,3$

$H_a: \mu \neq 5,3$

$\alpha = 0,05$

Tabla 37-4. Prueba de normalidad del sensor de pH

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| GAOHOU PHO14 | ,147 | 25 | ,170 | ,930 | 25 | ,086 |
| DispPatronPHMTR1 | ,101 | 25 | ,200 | ,950 | 25 | ,250 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0,086 y 0.25 son mayores al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ en las muestras del sensor GAOHOU PHO -14 y equipo patrón respectivamente, concluyendo que los datos de mediciones de pH siguen una distribución normal.

Tabla 38-4. Prueba t del sensor de pH

| Prueba para una muestra | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----|------------------|----------------------|---|----------|
| | Valor de prueba = 5.3 | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| GAOHOU PHO14 | ,410 | 24 | ,685 | ,0160 | -,065 | ,097 |
| DispPatronPHMTR1 | -,101 | 24 | ,920 | -,00320 | -,0684 | ,0620 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad es de 0.685 en el sensor GAOHOU PHO -14 y 0.920 en el equipo patrón PHMTR1; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que no se rechaza la hipótesis nula, es decir la media poblacional es igual a 1. Entonces, el sensor del dispositivo y medidor del equipo patrón del pH no están sesgados.

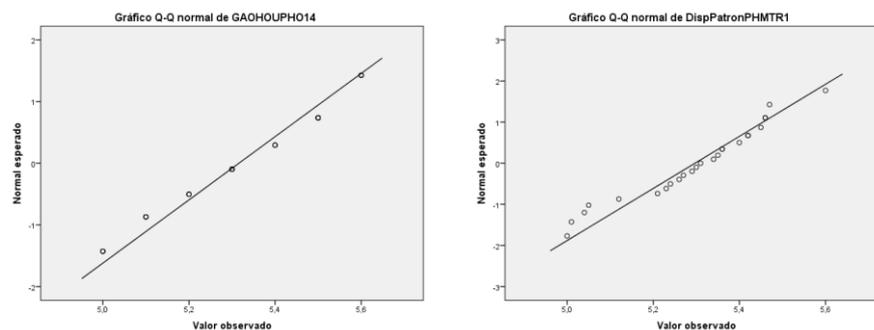


Ilustración 26-4: Graficas de la validación de la distribución normal de datos del sensor de pH.

Realizado por: Porras, Jessica, 2022.

4.11. Prueba de hipótesis y normalidad de los datos obtenidos por los actuadores.

El objetivo de estas pruebas fue validar la distribución normal de los datos obtenidos en las pruebas previas de activación de los actuadores, además demostrar por medio de resultados muestrales si existe suficiente evidencia o no que apoye la hipótesis en un nivel de significancia o error para probar el sesgo de cada actuador en el control del microclima.

4.11.1. Validación de la distribución normal

Tabla 39-4. Prueba de normalidad de los actuadores

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Ventilador | ,209 | 10 | ,200 | ,846 | 10 | ,052 |
| Calefactor | ,214 | 10 | ,200 | ,895 | 10 | ,192 |
| Dosificador | ,259 | 10 | ,056 | ,863 | 10 | ,082 |
| Nebulizador | ,272 | 10 | ,034 | ,876 | 10 | ,119 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad de cada actuador es mayor al nivel de significancia, concluyendo que los datos siguen una distribución normal.

4.11.2. Activación del ventilador

$$H_0: \mu = 20$$

$$H_a: \mu > 20$$

$$\alpha = 0.05$$

$$T_{max} = 20^\circ\text{C}$$

Tabla 40-4. Prueba t del ventilador

| | Prueba para una muestra | | | | | | |
|------------|-------------------------|----|------------------|----------------------|----------|---|--|
| | Valor de prueba = 20 | | | | | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Inferior | Superior | |
| Ventilador | 10,232 | 9 | ,000 | 1,4100 | 1,098 | 1,722 | |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad 0 que es menor al nivel de significancia, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir la media de los datos está fuera del rango máximo de temperatura. ($21,41 > 20$).

4.11.3. Activación del calefactor

$$H_0: \mu = 14$$

$$H_a: \mu < 14$$

$$\alpha = 0.05$$

$$T_{min} = 14^\circ\text{C}$$

Tabla 41-4. Prueba t del calefactor

| | Prueba para una muestra | | | | | |
|------------|-------------------------|----|------------------|----------------------|---|-------|
| | Valor de prueba = 14 | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| Inferior | | | | | Superior | |
| Calefactor | -6,882 | 9 | ,000 | -1,0000 | -1,329 | -,671 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad 0 que es menor al nivel de significancia, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir la media de los datos está fuera del rango mínimo de temperatura. ($13 < 14$).

4.11.4. Activación del dosificador de solución nutritiva

$$H_0: \mu = 6$$

$$H_a: \mu > 6$$

$$\alpha = 0.05$$

$$pH_{max} > 6$$

Tabla 42-4. Prueba t del dosificador

| | Prueba para una muestra | | | | | |
|-------------|-------------------------|----|------------------|----------------------|---|------|
| | Valor de prueba = 6 | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| Inferior | | | | | Superior | |
| Dosificador | 11,287 | 9 | ,000 | ,3130 | ,250 | ,376 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad 0 que es menor al nivel de significancia, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir la media de los datos está fuera del rango mínimo de temperatura. ($6.13 > 6$).

4.11.5. Activación del nebulizador

$$H_0: \mu = 50$$

$$H_a: \mu < 50$$

$$\alpha = 0.05$$

$$H_{min} = 50\%$$

Tabla 43-4. Prueba t del nebulizador

| Prueba para una muestra | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|----|------------------|----------------------|---|----------|
| | Valor de prueba = 50 | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Dosificador | -1575,394 | 9 | ,000 | -43,6870 | -43,750 | -43,624 |

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Según la prueba t para una muestra, la probabilidad 0 que es menor al nivel de significancia, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir la media de los datos está fuera del rango mínimo de humedad. ($48.99 < 50$).

4.12. Prueba de normalidad de los datos obtenidos en los cultivos.

El objetivo de estas pruebas fue validar la distribución normal de los datos obtenidos en las pruebas previas del volumen y peso lechugas sembradas dentro del cultivo hidropónico NFT automatizado y en tierra. Con el uso del software SPSS.

4.12.1. Lechugas sembradas en tierra.

A continuación, se muestran la prueba de normalidad realizada en el software SPSS para la normalidad y peso del cultivo de lechugas sembradas en tierra que se generaron en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 44-4. Prueba de normalidad del volumen y peso de las lechugas sembradas en tierra

| | Pruebas de normalidad | | | | | |
|-----------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| CTierra.Volumen | ,280 | 25 | ,141 | ,778 | 25 | ,232 |
| CTierra.Peso | ,279 | 25 | ,141 | ,778 | 25 | ,315 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0.232 en volumen y 0.315 en peso; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que los datos de crecimiento del cultivo de lechugas en tierra siguen una distribución normal.

4.12.2. Lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado

A continuación, se muestran la prueba de normalidad realizada en el software SPSS para la normalidad y peso de las lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT que se generaron en el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 45-4. Prueba de normalidad del volumen y peso de las lechugas sembradas en el cultivo hidropónico NFT automatizado.

| | Pruebas de normalidad | | | | | |
|---------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| CHidropnico.Volumen | ,166 | 25 | ,073 | ,937 | 25 | ,129 |
| CHidroponico.Peso | ,166 | 25 | ,073 | ,938 | 25 | ,130 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors
Realizado por: Porras, Jessica, 2022

Dado que la muestra es menor a 30, según el estadístico de Shapiro-Wilk, la probabilidad 0.129 en volumen y 0.13 en peso; son mayores al nivel de significancia, concluyendo que los datos de crecimiento del cultivo de lechugas hidropónicas siguen una distribución normal.

CONCLUSIONES

-Se diseñó e implementó el sistema hidropónico NFT automatizado para la empresa Nova Corp. Para el progreso de la investigación fue indispensable el empleo de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 4b, por su eficiencia y excelente durabilidad; también se desarrolló un sistema de control y monitoreo del microclima automático dentro del cultivo hidropónico NFT, utilizando una interfaz gráfica amigable con el usuario y base de datos de las variables climáticas. Finalmente, el dispositivo prototipo tuvo la capacidad de conexión con dispositivos remotos mediante la implementación de un servidor VNC, cumpliendo así todos los requerimientos de la empresa.

-En esta investigación se aplicó tecnologías innovadoras, elementos electrónicos, sensores, actuadores, sistemas mecánicos. Como principal elemento se tubo a la Raspberry Pi 4b y su sistema operativo Raspbian, que junto al software Python representan la base fundamental de este proyecto y son los encargados del procesamiento de la información y otras tareas de suma importancia.

-Se identificaron 5 distintos tipos de métodos para la agricultura hidropónica, entre los cuales se destacó el sistema hidropónico NFT, usado en el presente proyecto, ya que, por su eficiencia, adaptabilidad y bajo costo económico resultó indispensable para el cumplimiento de todos los requerimientos de la empresa Nova Corp.

-Mediante las pruebas de estabilidad efectuadas a los distintos tipos de sensores por medio del coeficiente de variación de cada uno, se obtuvo valores aceptables, menores al 5% declarado por autores, que en estudios de repetitividad demostró que el sistema hidropónico NFT automatizado implementado se considera preciso y de poca variabilidad.

-Se validó el funcionamiento de los sensores con el equipo patrón correspondiente y se determinó que los errores obtenidos son menores al valor establecido por el fabricante (3%), por lo que están en un rango de calidad aceptable.

-Se verificó la activación de los actuadores cuando el valor de las variables climáticas y químicas estaban fuera en el rango establecido de acuerdo con los requerimientos de la planta para su crecimiento. Se determinó que los actuadores no tienen inconvenientes en su funcionamiento y se visualiza correctamente cada alerta de activación en la interfaz gráfica.

-Se aplicó dos pruebas de hipótesis nula en relación con el volumen y la masa entre dos tipos de cultivos (cultivo en tierra e hidropónico NFT), por lo que se afirma de acuerdo con la evidencia que el volumen y la masa alcanzada por las lechugas hidropónicas NFT es mayor a los obtenidos por las lechugas sembradas en tierra.

-Se realizó el análisis económico de la implementación del sistema prototipo, considerando la adquisición de componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y estructurales, se concluyó que el costo de desarrollo es un 82,13% más económico con respecto a la comparativa con equipos comerciales, que además cumple con los requerimientos planteados.

RECOMENDACIONES

-Ampliar los tiempos de pruebas para determinar posibles mejoras de calidad, optimizar su fiabilidad y en futuro poder comercializarlo.

-Complementar el sistema automatizado de monitoreo y control del cultivo hidropónico NFT, añadiendo más canales de cultivos para obtener mayor cantidad de plantas, así como también integrar sensores y actuadores adicionales que monitoreen y controlen otras variables climáticas y químicas.

-Estudiar la posibilidad de mejorar el desarrollo del sistema hidropónico automatizado NFT de la presente investigación, incorporando nuevas funciones al sistema para poder cultivar plantas que requieran polinización.

-Crear proyectos para la capacitación de los usuarios destinados a usar esta forma innovadora de cultivo, con la finalidad de que lo operen de la mejor manera obteniendo todos los beneficios que brinda el sistema desarrollado.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, A.; & ALTAMIRANO, J.; & GARCÍA, O. *Introducción a la inferencia estadística*. Pearson Educación, México, 2010, pp. 7-11.

AL-HADITHI, Basil M., & GARCÍA CENA, Cecilia E., & CEDAZO LEÓN, Raquel Loor, & LOOR, Carlos. Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos. [En línea] Universidad Politécnica de Valencia, España. 2016. pp. 1-9. [Consulta: 20 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-automatica-e-informatica-331-articulo-desarrollo-un-sistema-iluminacion-artificial-S1697791216300346>

ANIXTER. *Comparando protocolos de comunicación inalámbrica*. [En línea]. [Consulta: 18 de abril 2022]. Disponible en: https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/techbriefs/comparing-wireless-communication-protocols.html

ARROYO CORNEJO, Carlos, & ANDRADE LUCIO, José A. "Construcción de un medidor de intensidad de radiación ultravioleta". *Jóvenes en la ciencia* [En línea], 2017, (México) 3(2), pp.1-4 [Consulta: 15 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1796/1296>

AVELECTRONICS. *Avelectronics*. [En línea]. [Consulta: 20 de junio 2020]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/sensor-luz-ultravioleta-uv-ml8511/>

BARBOSA PIRA, Duvan Davivi, & SANABRIA RODRÍGUEZ, Juan Sebastian, & BUENO MESA, Hassler Camino, & VEGA CASTRO, Daniel, & AGUIRRE BUENAVENTURA, Edgar. "Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos bajo invernadero". *π Revista Especializada en Tecnología e Ingeniería* [En línea], 2019, (Colombia) 13(1), pp. 53-56. [Consulta: 29 de enero 2022]. ISSN: 1900-6608. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/129/1292400004/1292400004.pdf>

BOLANOSDJ. *Características técnicas del ARDUINO UNO*. [En línea]. [Consulta: 10 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/CaracteristicasArduino.pdf>

CASTILLO, María J. *Productividad agrícola en Ecuador: Un largo camino por recorrer*. Quito-Ecuador, 2014, pp. 15-20.

CASTRO GUARICELA, Alexandra Cristina. Prototipo de invernadero inteligente con uso de Raspberry para cultivos diversos (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil, Ecuador, 2021. pp. 20-30.

CLIMATE-DATA.ORG. *Clima Riobamba* [En línea]. [Consulta: 5 de mayo 2022.]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-chimborazo/riobamba-2973/>

COMPUTER HOY. *Banana Pi*. [En línea]. [Consulta: 10 de mayo del 2022] Disponible en: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/mejores-alternativas-raspberry-pi-1007335>

DEWESOFT. *Que es un sensor*. [En línea]. [Consulta: 20 de julio de 2020]. Disponible en: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-un-sensor>

DIRECTINDUSTRY. *Actuador lineal CP 95*. [En línea]. [Consulta: 28 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/cypag-spa/product-118129-1838205.html>

ELECTRONICALUGO. *Sensor-de-humedad-tipos-y-principio-de-funcionamiento*. [En línea]. [Consulta: 28 de abril 2022]. Disponible en: <https://electronicalugo.com/sensor-de-humedad-tipos-y-principio-de-funcionamiento/>

ESCUADERO, Yanelis, & GÁLVEZ, Lisyanyh, & GARRIDO, Melissa. Cultivo Hidropónico (Trabajo de titulación). Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá. 2017.

ETIFA. *Evolucion-de-la-agricultura-en-el-mundo-a-lo-largo-de-la-historia*. [En línea]. [Consulta: 28 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.etifa.com/evolucion-de-la-agricultura-en-el-mundo-a-lo-largo-de-la-historia/>

FAO. *Factores Ambientales*. [En línea] [Consulta: 10 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x8234s/x8234s08.htm>

GENERACIONVERDE. *Tipos-de-sistemas-hidroponicos* [blog] 8 de abril, 2017. [Consulta: 10 de febrero 2022]. Disponible en: <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>

INCAP. *Hidroponía: Sistema de cultivo NFT*. [En línea]. [Consulta: 15 de junio 2022]. Disponible en: <http://www.incap.int/index.php/es/Hidroponia>

INSTRUMENTACIONDIGITAL. Actuadores eléctricos. [En línea]. [Consulta: 8 de abril 2022]. Disponible en: <https://www.instrumentaciondigital.es/actuadores-electricos-y-sus-funciones/>

LLANGANATE CORTÉS, José Luis. Implementación de un sistema de control de temperatura para los hornos de termoformado de la maquina de láminas p7 de techoluz en tubasec C.A. [En línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Electrónica. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 15-22. [Consulta: 15 de marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6748>

LUISA, C.; & IVÁN, I. Diseño e implementación de un prototipo con hmi para automatizar procesos de cultivo. [En línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Electrónica. Riobamba-Ecuador. 2013. [Consulta: 27 de febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3185>

MANZANO OCAÑA, Juan Carlos. Evaluación de tres dosis de potasio en la producción de lechuga (*lactuca sativa* L.) var. crispa bajo el sistema hidropónico en invernadero [En línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Electrónica. Riobamba-Ecuador. 2018. [Consulta: 20 de mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8176>

MONTERO VALENCIA, Jéssica Alexandra. Diseño de un prototipo de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de la calidad de agua para uso recreativo en el dique Fátima [En línea] (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingeniería Electrónica. Riobamba-Ecuador. 2017. [Consulta: 10 de abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8009>

MUHAMMAD, Daud, & VANDI, Handika, & ANDIK, Bintoro. "Design And Realization Of Fuzzy Logic Control For Ebb And Flow Hydroponic System". *International journal of scientific & technology research* [En línea], 2018, 7(9), pp. 138-141. [Consulta: 10 de marzo de 2022]. ISSN 2277-8616. Disponible en: <http://www.ijstr.org/final-print/sep2018/Design-And-Realization-Of-Fuzzy-Logic-Control-For-Ebb-And-Flow-Hydroponic-System.pdf>

NAYLAMPMECHATRONICS. *Sensores luz y sonido* [En línea]. [Consulta: 15 de febrero 2022]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/sensores-luz-y-sonido/169-modulo-sensor-de-luz-ultravioleta-uv-ml8511.html>

ON ELÉCTRICA. Hogar - Extractor de aire smart air serie. [En línea]. [Consulta: 23 de febrero 2022]. Disponible en: <https://onelectrica.mx/hogar/ventiladores/extractores/extractor-de-aire-smart-air-serie-1700-industrial-8-eco.html#ancla>

ORTIZ VÁSQUEZ, Ana Carolina, & AGUILAR MEJÍA, Francisco Javier, & PÉREZ DÍAZ, Leidy Yulieth. Desarrollo de un cultivo hidropónico de lechugas automatizado tipo flujo y reflujo, con solución nutritiva y utilizando un sustrato vegetal en la Fundación Cultivos de Amor

[En línea] (Trabajo de titulación) Instituto Tecnológico Metropolitano, Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones. Medellín - Colombia. 2015. [Consulta: 13 de mayo 2022] Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/1538>

PÉREZ, R.; & RIVEIRO, F.; & JIMÉNEZ, N.; & VEGA, L.; & COVA, R.; & MORENO, J. "Evaluación de la calidad del agua en un humedal de agua salada del Caribe". *Revista INGENIERÍA UC.*, 2(2017), (Carabobo) pp. 417-427.

PONCE, Pedro, & MOLINA, Arturo, & MATA, Omar. Controladores inteligentes para invernadero hidropónico [En línea] (Trabajo de titulación) Tecnológico de Monterrey, Ciudad de México - México. 2017. [Consulta: 20 de febrero 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339203964_Controladores_inteligentes_para_invernadero_hidroponico

PRIETO, J. "Prototipo de un sistema de automatización de invernadero basado en arduino y sensores con control de comando web". *Tecnología Diseño e Innovación* [En línea], 2017, (Paraguay) 3(1). [Consulta: 12 de abril 2022] Disponible en: <https://www.unae.edu.py/ojs/index.php/facat/article/view/52>

RASPBERRYPI. *Raspberrypi* [En línea]. [Consulta: 10 de abril 2022] Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>

SANTO. El proceso de la medición: Análisis y comunicación de datos experimentales [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad Nacional de Río Cuarto, K Facultad de Ciencias Exactas, Físicoquímicas y Naturales, Río Cuarto - Argentina. 2005. [Consulta: 1 de junio 2022]. Disponible en: https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El_proceso_de_med.pdf

SERNA RUÍZ Antonio, & ROS GARCÍA, Francisco Antonio, & RICO NORUEGA, Juan Carlos. *Guía Práctica de Sensores.* España: Creaciones Copyright, 2010.

SPÍNOLA, Manuel. *Prueba de hipótesis estadística. MGAP.* [En línea] Estadística básica, 2021. [Consulta: 1 de enero 2022]. Disponible en: [https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/obligatorias/Clase_05_\(Estadistica_Inferencial_Prueba_de_hipotesis\).pdf](https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/obligatorias/Clase_05_(Estadistica_Inferencial_Prueba_de_hipotesis).pdf)

UNAM. *Consideraciones para el diseño del sistema de control-Facultad de Ingeniería.* [En línea]. México DF, 2016. [Consulta: 2 de marzo 2022]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/1725064/>

WEATHER-ATLAS. CLima y previsión metereológica mensual Riobamba, Ecuador [En línea]. [Consulta: 03 de Mayo 2022.]. Disponible en: <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/riobamba-clima>

XATAKA. *Ordenadores* [En línea]. [Consulta: 24 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-4-analisis-caracteristicas-precio-especificaciones>

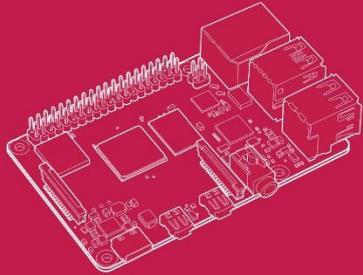
XATAKA. *Que arduino como funciona que puedes hacer uno.* [En línea]. [Consulta: 23 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

ZAMBRANO CORTÉS, Nelson H.; & BEHRENTZ PFALZ, Mery C. "Automatización de un cultivo hidropónico". *Investigaciones Agroindustriales*, (2014), (Colombia) pp. 50.

ANEXOS

ANEXO A. HOJA DE DATOS DE LA RASPBERRY PI 4B.

Raspberry Pi 4 Computer Model B



Published in June 2019
by Raspberry Pi Trading Ltd.

www.raspberrypi.org



Overview



Raspberry Pi 4 Model B is the latest product in the popular Raspberry Pi range of computers. It offers ground-breaking increases in processor speed, multimedia performance, memory, and connectivity compared to the prior-generation Raspberry Pi 3 Model B+, while retaining backwards compatibility and similar power consumption. For the end user, Raspberry Pi 4 Model B provides desktop performance comparable to entry-level x86 PC systems.

This product's key features include a high performance 64-bit quad-core processor, dual-display support at resolutions up to 4K via a pair of micro-HDMI ports, hardware video decode at up to 4Kp60, up to 4GB of RAM, dual-band 2.4/5.0 GHz wireless LAN, Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet, USB 3.0, and PoE capability (via a separate PoE HAT add-on).

The dual-band wireless LAN and Bluetooth have modular compliance certification, allowing the board to be designed into end products with significantly reduced compliance testing, improving both cost and time to market.

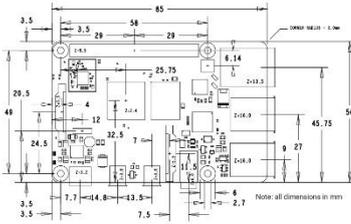
2 Raspberry Pi 4 Model B Product Brief

Specification

| | |
|-----------------------------|---|
| Processor: | Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz |
| Memory: | 1GB, 2GB or 4GB LPDDR4-2400 SDRAM (depending on model) |
| Connectivity: | 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet 2 × USB 3.0 ports 2 × USB 2.0 ports. |
| GPIO: | Standard 40-pin GPIO header (fully backwards-compatible with previous boards) |
| Video & sound: | 2 × micro HDMI ports (up to 4Kp60 supported) 2-lane MIPI DSI display port 2-lane MIPI CSI camera port 2-pole stereo audio and composite video port |
| Multimedia: | H.265 (4Kp60 decode); H.264 (1080p60 decode, 1080p30 encode); OpenGL ES, 3.0 graphics |
| SD card support: | Micro SD card slot for loading operating system and data storage |
| Input power: | 5V DC via USB-C connector (minimum 3A) 5V DC via GPIO header (minimum 3A) Power over Ethernet (PoE)-enabled (requires separate PoE HAT) |
| Environment: | Operating temperature 0–50°C |
| Compliance: | For a full list of local and regional product approvals, please visit https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/conformity.md |
| Production lifetime: | The Raspberry Pi 4 Model B will remain in production until at least January 2026. |

3 Raspberry Pi 4 Model B Product Brief

Physical Specifications



Note: all dimensions in mm

WARNINGS

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/3A DC or 5.1V/3A DC minimum*. Any external power supply used with the Raspberry Pi 4 Model B should comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- This product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface in use and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance and result in damage to the unit and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- Where peripherals are connected that do not include the cable or connector, the cable or connector must offer adequate insulation and operation in order that the relevant performance and safety requirements are met.

SAFETY INSTRUCTIONS

To avoid malfunction or damage to this product please observe the following:

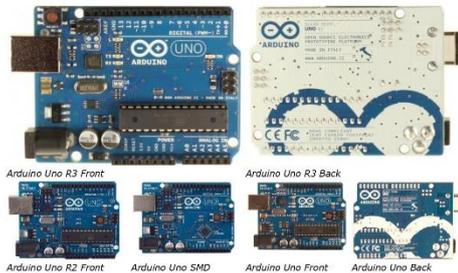
- Do not expose to water, moisture or places or a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose it to heat from any source. Raspberry Pi 4 Model B is designed for reliable operation at normal ambient room temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Avoid handling the printed circuit board whilst it is powered and only handle by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.

*A good quality 2.5A power supply can be used if downstream USB peripherals consume less than 500mA in total.

4 Raspberry Pi 4 Model B Product Brief

ANEXO B. HOJA DE DATOS DE ARDUINO UNO.

Arduino Uno



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega16U2 (ATmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

Revision 2 of the Uno board has a resistor pulling the BUZ HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

Revision 3 of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- ATmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Microcontroller | ATmega328 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |

| | |
|-------------------------|--|
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an ATmega8, 168, or 328. Current models use an ATmega328, but an ATmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno 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 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.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7-12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno 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).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** 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: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **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.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, 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 the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

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.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the ATmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The 16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, on Windows, a .inf file is required. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial 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 Uno's digital pins. The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference and tutorials](#).

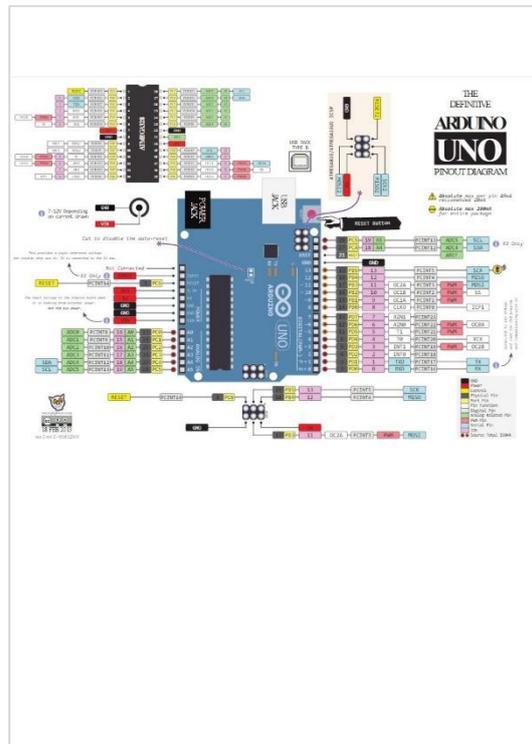
The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol (reference: [C header files](#)). You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the BUZ/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset



ANEXO C. HOJA DE DATOS DEL SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT11.



For more products visit our website www.sunrom.com

Document: Datasheet Date: 20-Jun-12 Model #: 3732 Product's Page: www.sunrom.com/p-1141.html

DHT11 - Humidity and Temperature Sensor

The DHT11 is a basic, low-cost digital temperature and humidity sensor. It uses a capacitive humidity sensor and a thermistor to measure the surrounding air, and spits out a digital signal on the data pin (no analog input pins needed).

Its fairly simple to use, but requires careful timing to grab data. The only real downside of this sensor is you can only get new data from it once every 2 seconds.

Features

- 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



Details

This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness. Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process.

The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package.



Specifications

| Item | Measurement Range | Humidity Accuracy | Temperature Accuracy | Resolution | Package |
|-------|---------------------|-------------------|----------------------|------------|------------------|
| DHT11 | 20-90%RH 0-50 °C | ±5%RH | ±2°C | 1 | 4 Pin Single Row |

| Parameters | Conditions | Minimum | Typical | Maximum |
|-------------------------|-------------------------|---------|------------|---------|
| Humidity | | 1%RH | 1%RH | 1%RH |
| | | | 8 Bit | |
| Resolution | | | ±1%RH | |
| Repeatability | | | ±4%RH | |
| Accuracy | 25 °C | | | ±5%RH |
| | 0-50 °C | | | |
| Interchangeability | Fully interchangeable | | | |
| Measurement Range | 0 °C | 30%RH | | 90%RH |
| | 25 °C | 20%RH | | 90%RH |
| | 50 °C | 20%RH | | 80%RH |
| Response Time (Seconds) | 1/e(63%)25 °C, 1m/s Air | 6.5 | 10.5 | 15.5 |
| | | | | |
| Hysteresis | | | ±1%RH | |
| Long-Term Stability | Typical | | ±1%RH/year | |
| Temperature Resolution | | 1°C | 1°C | 1°C |
| | | 8 Bit | 8 Bit | 8 Bit |
| Repeatability | | ±1°C | ±1°C | |
| Accuracy | | ±1°C | | ±2°C |
| Measurement Range | 0 °C | | | 50 °C |
| Response Time (Seconds) | 1/e(63%) | 6.5 | | 30.5 |

| Item | Condition | Min | Typical | Max | Unit |
|----------------|-----------|-----|---------|-----|------|
| Power supply | DC | 3 | 5 | 5.5 | V |
| | Measuring | 0.5 | | 2.5 | mA |
| Current supply | Stand-by | 100 | Null | 150 | uA |
| | Average | 0.2 | Null | 1 | mA |

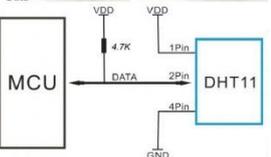


Sunrom Technologies Your Source for Embedded Systems Visit us at www.sunrom.com

Typical Application



VCC → VDD
Data → DATA
NC → 1Pin
GND → GND

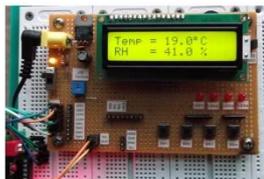


DHT11's power supply is 3-5.5V DC. When power is supplied to the sensor, do not send any instruction to the sensor in within one second in order to pass the unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for power filtering.

SDK (Software Development Kit)

Download source code + project articles by clicking following link
<http://www.sunrom.com/files/3732.zip>

It contains details for AVR, PIC and Arduino projects.





Communication Process: Serial Interface (Single-Wire Two-Way)

The interesting thing in this module is the protocol that uses to transfer data. All the sensor readings are sent using a single wire bus which reduces the cost and extends the distance. In order to send data over a bus you have to describe the way the data will be transferred, so that transmitter and receiver can understand what says each other. This is what a protocol does. It describes the way the data are transmitted. On DHT-11 the 1-wire data bus is pulled up with a resistor to VCC. So if nothing is occurred the voltage on the bus is equal to VCC.

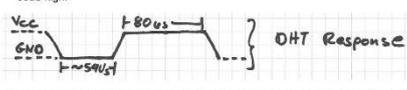
Communication Format can be separated into three stages

- 1) Request
- 2) Response
- 3) Data Reading

1) Request: To make the DHT-11 to send you the sensor readings you have to send it a request. The request is, to pull down the bus for more than **18ms** in order to give DHT time to understand it and then pull it up for **40uS**.



2) Response: What comes after the request is the DHT-11 response. This is an automatic reply from DHT which indicates that DHT received your request. The response is ~54uS low and 80uS high.



3) Data Reading: What will come after the response is the sensor data. The data will be packed in a packet of 5 segments of 8-bits each. Totally 5*8=40bits.

Packet structure:

| Integral RH | Decimal RH | Integral T | Decimal T | Check Sum |
|-------------|------------|------------|-----------|-----------|
| 8-bit | 8-bit | 8-bit | 8-bit | 8-bit |

First two segments are Humidity read, integral & decimal. Following two are Temperature read in Celsius, integral & decimal and the last segment is the Check Sum which is the sum of the 4 first



Sunrom Technologies Your Source for Embedded Systems Visit us at www.sunrom.com

ANEXO D. SENSOR LUZ ULTRAVIOLETA UV ML8511.

FEDL8511-05
Issue Date: March 06, 2013

LAPIS
Semiconductor Co., Ltd.

ML8511
UV Sensor with Voltage Output

GENERAL DESCRIPTION

The ML8511 is a UV sensor, which is suitable for acquiring UV intensity indoors or outdoors. The ML8511 is equipped with an internal amplifier, which converts photo-current to voltage depending on the UV intensity. This unique feature offers an easy interface to external circuits such as ADC. In the power down mode, typical standby current is 0.1µA, thus enabling a longer battery life.

FEATURES

- Photodiode sensitive to UV-A and UV-B
- Embedded operational amplifier
- Analog voltage output
- Low supply current (300µA typ.) and low standby current (0.1µA typ.)
- Small and thin surface mount package (4.0mm x 3.7mm x 0.7mm, 12-pin ceramic QFN)

APPLICATIONS

- Smart phone, Watch, Weather station, Bicycle navigation, Accessory, Gaming

BLOCK DIAGRAM

PIN CONFIGURATIONS

| Pin | Symbol | IO | Function |
|----------------|--------|-----|--|
| 7 | VDD | PWV | Supply voltage. Decouple this pin to ground with 0.1µF capacitor. |
| 5 | GND | PWV | Ground. |
| 4 | EN | I | Active high enable pin. (High: Active mode, Low: Standby mode) |
| 8 | OUT | O | Output (Low in power down or standby mode) |
| 9 | TP | IO | Test pin. Do not connect. |
| 10 | TR | IO | Internal reference voltage. Decouple this pin to ground with 1 nF capacitor. |
| 1,2,3, 6,11,12 | NC | - | No Connection. Do not connect. |

1/8

FEDL8511-05
Issue Date: March 06, 2013

LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

ML8511

EXAMPLE OF CONNECTING DIAGRAM

* Load resistance of OUT port is recommended more than 100 kΩ.

2/8

FEDL8511-05

LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

ML8511

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Parameter | Symbol | Condition | Rating | unit |
|----------------------|------------------|------------------------|--------------|------|
| Supply Voltage | V _{DD} | T _{amb} =25°C | -0.3 to +4.6 | V |
| Input Voltage | V _I | T _{amb} =25°C | -0.3 to +4.6 | V |
| Output Short Current | I _{OS} | T _{amb} =25°C | 5 | mA |
| Power Dissipation | P _D | T _{amb} =25°C | 30 | mW |
| Storage Temperature | T _{STG} | - | -50 to +85 | °C |

RECOMMENDED OPERATION CONDITIONS

| Parameter | Symbol | Min. | Typ. | Max. | unit |
|-----------------------|-----------------|------|------|------|------|
| Operating Voltage | V _{DD} | 2.7 | 3.3 | 3.6 | V |
| Operating Temperature | T _a | -20 | - | 70 | °C |

ELECTRO OPTICAL CHARACTERISTICS
(V_{DD}=2.7V to 3.6V, T_a=-20°C to +70°C)

| Parameter | Symbol | Condition | Min. | Typ. | Max. | unit |
|---|-----------------|---|-----------------------|------|-----------------------|------|
| Supply Current (active mode) | I _{DD} | V _{OUT} =V _{DD} | - | 300 | 500 | µA |
| Supply Current (standby mode) | I _{DD} | V _{OUT} =0 | - | 0.1 | 1 | µA |
| Input Voltage (high level) | V _{IH} | - | V _{DD} × 0.9 | - | V _{DD} + 0.3 | V |
| Input Voltage (low level) | V _{IL} | - | -0.2 | - | 0.72 | V |
| High level input current | I _{IH} | V _{DD} =V _{DD} | - | - | 1 | µA |
| Low level input current | I _{IL} | V _{DD} =0 | -1 | - | - | µA |
| Wavelength of maximum sensitivity | λ _p | T _{amb} =25°C | - | 365 | - | nm |
| Output Setup Time | T _{su} | V _{DD} =V _{DD} | - | - | 1 | ms |
| Output Voltage (Shading)* | V _{SH} | T _{amb} =25°C, V _{DD} =V _{DD} | 0.95 | 1.0 | 1.05 | V |
| Output Voltage (10mW/cm ² at λ _p)* | V _O | T _{amb} =25°C, V _{DD} =V _{DD} | 2.08 | 2.2 | 2.32 | V |

* Load resistance of OUT port is recommended more than 100 kΩ.

3/8

FEDL8511-05

LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

ML8511

PACKAGE DIMENSIONS

(Unit: mm)

LAPIS Semiconductor Co., Ltd.

| Package material | CEFRUMCS |
|--------------------|---------------|
| Case material | RESIN |
| Lead form | AP-PLATING |
| Package weight (g) | 0.08 TYP |
| Rev. | ML8511 Rev.03 |

Notes for Mounting the Surface Mount Type Package

The surface mount type packages are very susceptible to heat in reflow mounting and humidity absorbed in storage. Therefore, before you perform reflow mounting, contact our responsible sales person for the product name, package name, pin number, package code and desired mounting conditions (reflow method, temperature and time).

Specifications are defined without considering the UV absorption by an external cover material. Please contact our sales representatives when the cover material is applied.

Do not press or rub the surface of the resin covering the top of the package where, which is on the UV-ray is light received. In addition, do not apply pressure at high temperature.

6/8

ANEXO E. HOJA DE DATOS DE SENSOR DE PH GAOHOU PH0-14.

Información de producto

Especificaciones técnicas

| | |
|-----------------------------------|---|
| Fabricante | GAOHOU |
| Número de parte | YY6237 |
| Peso del producto | 4.8 onzas |
| Dimensiones del paquete | 8.75 x 3.75 x 1.5 pulgadas |
| Número de modelo del producto | YY6237 |
| Is Discontinued By Manufacturer | No |
| Tamaño | 4.5cmx3.2cmx20cm |
| Color | Multicolor/fantasia (As the picture show) |
| Material | Otro |
| Fuente de energía | Eléctrico con cable |
| Cantidad de paquetes de artículos | 1 |
| ¿Se incluyen las baterías? | No |
| ¿Se necesitan baterías? | No |

Información adicional

| | |
|---|--|
| ASIN | B0799BX1M7J |
| Opinión media de los clientes | ★★★★☆ 77 calificaciones 3.7 de 5 estrellas |
| Clasificación en los más vendidos de Amazon | nº54,541 en Industrial y Científico (Ver el Top 100 en Industrial y Científico) nº44 en Electrodo nº1,500 en Equipos e Instrumental de Laboratorio |
| Producto en amazon.com desde | Enero 24, 2018 |

Garantía y asistencia

Garantía del producto: Para obtener información de garantía sobre este producto, haz clic [aquí](#)

Comentarios

¿Quieres [informarnos sobre un precio más bajo?](#)

IMPORTANT TIPS:

On How to Clean pH Electrodes:

1. Do not "wipe" or rub the electrode.
2. Swirl the electrode gently in the cleaning solution.
3. Gently rinse with deionized or distilled water.
4. Store in a storage solution.
5. When possible, use a specialized electrode.

Which Cleaning Solution to use?

The cleaning solution you use will depend upon your particular process and the residues you are trying to remove. There is a wide range of pre-mixed cleaning solutions available online or you can make your own. Make sure you take care when handling any cleaning solution – some can be hazardous so make sure you follow all safety instructions and wear appropriate protection equipment!

(For more information - Please go to reference link)

Reference:

<https://www.southforkinst.com/ph-electrodes-clean-repair/>

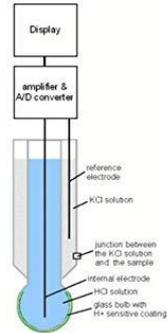


Figure 3: pH Electrode parts

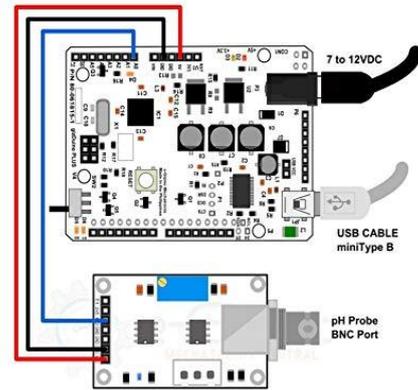


Figure 4: Sample connections.

ANEXO F. HOJA DE DATOS DE LA VÁLVULA SOLENOIDE

VP300-SMW25ES



INSTRUCCIONES ORIGINALES

Manual de instrucciones  Consulte la Declaración de Conformidad para las Directivas relevantes

Electroválvula de 3 vías
Serie VP300/500/700




El uso previsto de estas válvulas es controlar el movimiento de un actuador.

1 Normas de seguridad

El objeto de estas normas de seguridad es evitar situaciones de riesgo y/o daño del equipo. Estas normas indican el nivel de riesgo potencial mediante las etiquetas de "Precaución", "Advertencia" o "Peligro". Todas son importantes para la seguridad y deben de seguirse además de las normas internacionales (ISO/IEC¹⁾ y otros reglamentos de seguridad.

¹⁾ ISO 4414: Energía en fluidos neumáticos - Recomendaciones generales para los sistemas.
ISO 4413: Energía en fluidos hidráulicos - Recomendaciones generales para los sistemas.
IEC 60204-1: Seguridad de las máquinas - Equipo eléctrico de las máquinas. (Parte 1: Requisitos generales)
ISO 10218-1: Manipulación de robots industriales - Seguridad, etc.

- Para más información, consulte el catálogo de producto, el manual de funcionamiento y las precauciones de manejo de productos SMC.
- Guarde este manual en un lugar seguro para futuras consultas.

2 Características técnicas (continuación)

| | |
|------------|---------------------------------------|
| Filtración | Filtración a 5 µm o menos |
| Protección | A prueba de polvo (IP65 para D, Y, T) |

Tabla 1

Notas:
Nota 1) **Resistencia a los impactos:** Supera la prueba de impacto en direcciones paralela y normal al eje con respecto a la válvula principal y al cuerpo, tanto en estado activado como desactivado. (Valores en el periodo inicial)
Resistencia a vibraciones: Supera prueba de barrido de frecuencias entre 45 y 2000 Hz. Las pruebas se llevaron a cabo una vez en la dirección axial y otra en ángulo recto respecto a la válvula principal y la armadura, tanto en estado activado como en estado desactivado. (Valores en el periodo inicial)

2.2 Características técnicas del solenoide

| | | |
|--|---|---|
| Entrada eléctrica | Salida directa a cable (G), (H) Conector enchufable tipo L (L) Conector enchufable tipo M (M) | Conector DIN (D) Conector DIN (Y) (EN175301-803) Caja de conexiones (T) |
| Tensión nominal de la bobina (V) | DC AC (50 / 60 Hz) | 24, 12 24, 100, 110, 200, 220, 240 |
| Fluctuación de tensión admisible | ±10 % de la tensión nominal ^{Nota 2, 3, 4)} | |
| Consumo de potencia (W), DC | Estándar Con circuito de ahorro energético | 1.5 (Con LED indicador: 1.55) 0.55 (Solo con LED) [Arranque 1.55, Mantenimiento 0.55] 1.5 (Con LED indicador: 1.55) 1.5 (Con LED indicador: 1.75) 0.75 (Solo con LED) [Arranque 1.75, Mantenimiento 0.75] |
| Potencia aparente (VA) ^{Nota 1)} , AC | 24 V 100 V 110 V [115 V] 200 V 220 V [230 V] 240 V | 1.55 (Con LED indicador: 1.65) 1.55 (Con LED indicador: 1.7) |
| Supresor de picos de tensión | Diodo (modelo no polar: varistor) | |
| LED indicador | LED (Bombilla de neón utilizada para el modo AC de D, Y, T) | |

Tabla 2

3 Instalación (continuación)

3.2 Entorno

 **Advertencia**

- Evite utilizar el producto en entornos donde esté expuesto a gases corrosivos, productos químicos, agua salina o vapor.
- Evite los ambientes explosivos.
- No lo exponga directamente a la luz solar. Utilice una cubierta protectora adecuada.
- Tenga en cuenta que la válvula no está diseñada para uso en exteriores.
- No instale el producto en zonas sometidas a vibraciones o impactos superiores a los definidos en las especificaciones del producto.
- Evite realizar el montaje del producto en lugares expuestos a calor radiante que provocará un aumento de la temperatura más allá de las especificaciones del producto.
- Tome medidas de protección adicionales en lugares donde estén en contacto directo con salpicaduras de agua, aceite, soldadura etc.
- Si la electroválvula se monta en un panel de control o se activa durante un largo periodo de tiempo, asegúrese de que la temperatura ambiente está dentro del rango especificado para la válvula.
- No debe usarse en lugares con alta humedad en los que pueda producirse condensación.
- Para más detalles sobre las limitaciones de altitud, consulte con SMC.

 **Precaución**

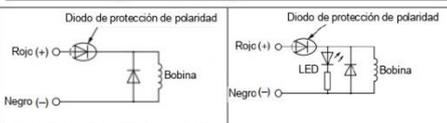
- **Temperatura de condiciones ambientales**
Utilice la válvula dentro del rango de temperatura ambiente especificado para cada válvula. Además, preste atención cuando use la válvula en ambientes donde la temperatura cambia bruscamente.
- **Humedad de condiciones ambientales**
Cuando utilice la válvula en entornos con baja humedad, tome medidas para evitar la electricidad estática.
Si la humedad aumenta, tome medidas para evitar la adherencia de gotas de agua sobre la válvula.

3.3 Conexión

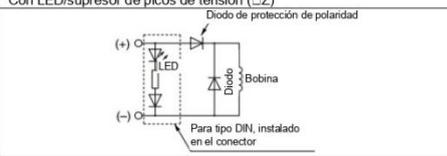
 **Precaución**

- Antes de realizar el conexionado, limpie cualquier rastro de virutas, aceite de corte, polvo, etc.
- Cuando realice la instalación de tuberías o racores, asegúrese de que el material de sellado no penetre en la conexión. Cuando utilice cinta de sellado, deje 1 hilo al final de la tubería o racor sin cubrir.
- Consulte el manual de instrucciones de cada aparato para evitar posibles errores de conexionado, etc.

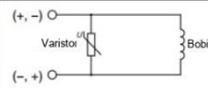
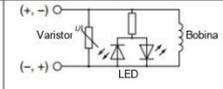
3 Instalación (continuación)



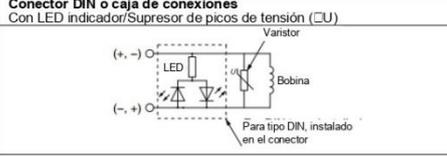
Conector DIN o caja de conexiones
Con LED/Supresor de picos de tensión (□)



■ Tipo no polar

| | |
|--|---|
| Con supresor de picos de tensión (□R) | Salida directa a cable o conector enchufable tipo L/M Con LED indicador/Supresor de picos de tensión (U) |
|  |  |

Conector DIN o caja de conexiones
Con LED indicador/Supresor de picos de tensión (□U)



ANEXO G. HOJA DE DATOS DE VENTILADOR-EXTRACTOR DE AIRE

Serie 1700 Industrial



| Código | Ducto | Motaje | Ruido | Dimensiones | Flujo de aire | Consumo | Accesorios |
|------------|-------|----------------------------------|-------|-------------|------------------------------------|-------------------|---|
| 1708 (eco) | 8" | | 43dB | 295*300mm | 548m ³ /hr (322.4 CFM) | 35W 127V~ 60Hz | Cable, clavija y rejilla trasera de apertura automática |
| 1710 (eco) | 10" | Instalación en muro o en ventana | 41dB | 345*350mm | 769m ³ /hr (452.4 CFM) | 42W 127V~ 60Hz | |
| 1712 (eco) | 12" | | 48dB | 400*405mm | 1015m ³ /hr (597.1 CFM) | 46W 127V~ 60Hz | |

Extractor de aire / Blanco / Industrial / 5 años de garantía.

ANEXO H. HOJA DE DATOS DE MÓDULO RELAY X8.

SONGLE RELAY

松乐继电器 SONGLE RELAY

RELAY ISO9002 SRD

1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for high-density P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
- (Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

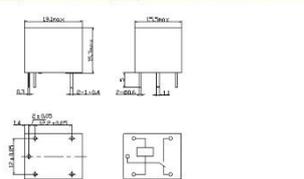
3. ORDERING INFORMATION

| SRD | XX VDC | S | L | C |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|
| Model of relay | Nominal coil voltage | Structure | Coil sensitivity | Contact form |
| SRD | 03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC | S Sealed type F Flux free type | L 0.36W D 0.45W | A-1 form A B-1 form B C-1 form C |

4. RATING

| CCC | FILE NUMBER: CH0052885-2000 | 7A/240VDC |
|--------|-----------------------------|------------------|
| CCC | FILE NUMBER: CH0036746-99 | 10A/250VDC |
| UL/CUL | FILE NUMBER: E167996 | 10A/125VAC 28VDC |
| TUV | FILE NUMBER: R9633789 | 10A/240VAC 28VDC |

5. DIMENSION (unit:mm) **DRILLING (unit:mm)** **WIRING DIAGRAM**



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

| Coil Sensitivity | Coil Voltage Code | Nominal Voltage (VDC) | Nominal Current (mA) | Coil Resistance (Ω) ±10% | Power Consumption (W) | Pull-In Voltage (VDC) | Drop-Out Voltage (VDC) | Max. Allowable Voltage (VDC) |
|------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| SRD (High Sensitivity) | 03 | 03 | 120 | 25 | abt. 0.36W | 75% Max. | 10% Min. | 120% |
| | 05 | 05 | 71.4 | 70 | | | | |
| | 06 | 06 | 60 | 100 | | | | |
| | 09 | 09 | 40 | 255 | | | | |
| | 12 | 12 | 30 | 400 | | | | |
| SRD (Standard) | 24 | 24 | 15 | 1600 | | abt. 0.45W | 75% Max. | 10% Min. |
| | 48 | 48 | 7.5 | 6400 | | | | |
| | 03 | 03 | 150 | 20 | | | | |
| | 05 | 05 | 89.3 | 55 | | | | |
| | 09 | 09 | 50 | 180 | | | | |
| 12 | 12 | 37.5 | 320 | | | | | |
| 24 | 24 | 18.7 | 1280 | | abt. 0.51W | | | |

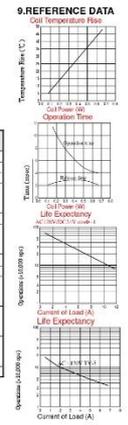
7. CONTACT RATING

| Item | FORM C | SRD FORM A |
|---|---------------|---------------|
| Contact Capacity | 7A 28VDC | 10A 28VDC |
| Resistive Load (cosφ=1) | 10A 125VAC | 10A 240VAC |
| Inductive Load (cosφ=0.4 L_R=7msec) | 3A 120VAC | 5A 120VAC |
| Max. Allowable Voltage | 3A 28VDC | 5A 28VDC |
| Max. Allowable Power Force | 250VAC/110VDC | 250VAC/110VDC |
| Contact Material | AgCdO | AgCdO |

8. PERFORMANCE (at initial value)

| Item | Type | SRD |
|------------------------|------|---|
| Contact Resistance | | 100mΩ Max. |
| Operation Time | | 10msec Max. |
| Release Time | | 5msec Max. |
| Dielectric Strength | | 1500VAC 50/60Hz (1 minute) |
| Between coil & contact | | 1000VAC 50/60Hz (1 minute) |
| Between contacts | | 100 MΩ Min. (500VDC) |
| Max. ON/OFF Switching | | 300 operation/min |
| Mechanically | | 30 operation/min |
| Electrically | | 25°C to +70°C |
| Ambient Temperature | | 45 to 95% RH |
| Operating Humidity | | 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm |
| Endurance | | 10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm |
| Error Operation | | 100G Min. |
| Shock | | 10G Min. |
| Endurance | | 10 ⁶ operations Min. (no load) |
| Error Operation | | 10 ⁶ operations Min. (at rated coil voltage) |
| Life Expectancy | | abt. 10gms. |
| Mechanically | | |
| Electrically | | |
| Weight | | |

9. REFERENCE DATA



ANEXO I. HOJA DE DATOS DE CALEFACTOR HANDY HEATHER

HANDY HEATER® TURBO 800

Wall-Outlet Space Heater

Congratulations!

Thank you for choosing Handy Heater® Turbo 800!
Customer Satisfaction is our #1 Priority!
If you have any questions or problems, go to
www.HandyHeaterTurboFAQ.co
or email HandyHeaterTurbo@rephelpdesk.com

If you can't find the answer or do not have access to the internet,
call our customer service line Monday-Friday 9am to 6pm EST:
1-888-528-9252

IMPORTANT INSTRUCTIONS SAVE THESE INSTRUCTIONS

Please read and understand this entire manual before attempting
to operate or install the product.

DESIGNED FOR IN-WALL OUTLET USE ONLY

CAUTION: To reduce the risk of fire or electric shock connect
directly to a grounded three-prong wall outlet.

WARNING: To reduce the risk of fire or electric shock do not use
with an extension cord.

**WARNING: POTENTIAL ELECTRICAL HAZARD IF NOT
ADHERED TO.**

IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

Read all instructions before using this heater.

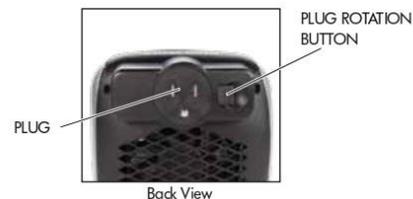
When using electrical appliances, basic precautions should always be
followed to reduce the risk of fire, electric shock, and injury to persons,
including the following:

- This heater must be plugged into a 120 V, 15 amp (or more) circuit
of its own. Do not plug anything else into the same circuit. If unsure
if your home meets this specification, consult a certified electrician
prior to use. Risk of fire, overheating, malfunction, property
damage, injury, or even death may result if not adhered to!
- Connect to a properly grounded, 3-prong outlet only. Do not
connect the heater to extension cords, surge protectors, timers,
direct breakers, or an outlet with other appliances connected
to the same outlet. Risk of fire, overheating, malfunction, property
damage, injury, or even death may result if not adhered to!
- This heater is hot when in use. To avoid burns, do not let bare skin
touch hot surfaces. If provided, use handles when moving this heater.
- Keep combustible materials, such as furniture, pillows, bedding,
papers, clothes, and curtains at least 3 ft. (0.9 m) from the front
of the heater and keep them away from the sides and rear of
the heater.
- Extreme caution is necessary when any heater is used by or near
children, invalids, pets, or when the heater is left operating
unattended.
- Always unplug the heater when not in use.
- Do not operate any heater with a damaged plug or after the heater
malfunctions, has been dropped, or damaged in any manner.
Discard heater, or return to authorized service facility for
examination and/or repair.
- Do not use outdoors. Exposure to outdoor elements such as rain,
snow, sun, wind, or extreme temperatures may cause the heater to
become a safety hazard.

IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

- This heater is not intended for use in bathrooms, laundry areas and
similar indoor locations. This heater is not intended for use in any
locations that use GFCI outlets.
- Never place the heater where it may fall into a bathtub or other
water receptacles.
- To disconnect the heater, first turn the power button to the OFF
position and then remove from the wall outlet.
- Do not allow foreign objects to enter or block any ventilation or
exhaust opening as this may cause electric shock, fire, or damage
the heater.
- To prevent a possible fire, do not block air intakes or exhaust in any
manner. Do not use on soft surfaces, like a bed, where openings
may become blocked.
- Allow at least 3 feet of unobstructed space to the front, rear or sides
of the heater to allow for maximum heat, air, and ventilation flow.
- A heater has hot and arcing or sparking parts inside. Do not use
heater in areas where gasoline, paint or flammable liquids are used
or stored, nor use flammable solvents to clean the heater. Keep the
heater dry at all times.
- Use this heater only as described in this manual. Any other use not
recommended by the manufacturer may cause fire, electric shock,
or injury to persons.

WARNING: This heater has a voltage rating of 120 volts. It has a
threeblade, grounding-type plug. An adapter should not be used if
a three-slot grounded receptacle is not available. **DO NOT DEFEAT
THE SAFETY PURPOSE OF THE GROUNDED PLUG.**



SAVE THESE INSTRUCTIONS

ANEXO J. HOJA DE DATOS DEL PUENTE H-L298N



L298

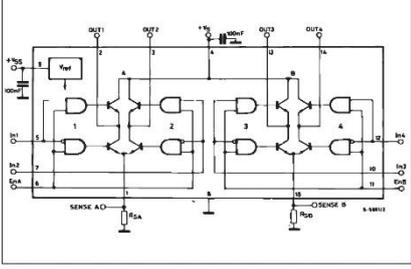
DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

• OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
 • TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
 • LOW SATURATION VOLTAGE
 • OVERTEMPERATURE PROTECTION
 • LOGICAL '0' INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM



ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.), L298N (Multiwatt Horiz.), L298P (PowerSO20)

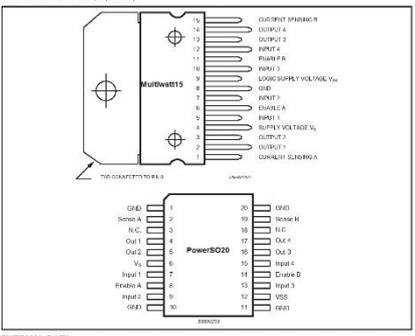
January 2002 1/13

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|-------------|---|------------|-------------|
| V_{DD} | Power Supply | 50 | V |
| V_{SS} | Logic Supply Voltage | 7 | V |
| $V_{I,EN}$ | Input and Enable Voltage | -0.3 to 7 | V |
| I_{O1} | Peak Output Current (each Channel) | 3 | A |
| | - Non Repetitive ($t = 100\mu s$) | 2.5 | A |
| | - Repetitive (80% on -20% off, $t_{on} = 10ms$) | 2 | A |
| | -DC Operation | 2 | A |
| V_{SENSE} | Sensing Voltage | -1 to 2.3 | V |
| P_{tot} | Temp Power Dissipation ($T_{case} = 75^{\circ}C$) | 25 | W |
| T_{op} | Junction Operating Temperature | -25 to 150 | $^{\circ}C$ |
| T_{stg} | Storage and Junction Temperature | -40 to 150 | $^{\circ}C$ |

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

| Symbol | Parameter | PowerSO20 | Multiwatt15 | Unit |
|------------------|-------------------------------------|-----------|-------------|---------------|
| $R_{\theta(jc)}$ | Thermal Resistance Junction-case | Max | 3 | $^{\circ}C/W$ |
| $R_{\theta(ja)}$ | Thermal Resistance Junction-ambient | Max | 13 (1) | $^{\circ}C/W$ |

(1) Mounted on aluminum substrate

2/13 

L298

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

| MW.15 | PowerSO | Name | Function |
|-------|------------|--------------------|--|
| 1,15 | 2,19 | Sense A; Sense B | Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load. |
| 2,3 | 4,5 | Out 1; Out 2 | Outputs of the Bridge A. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1. |
| 4 | 6 | V_{SS} | Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100Vf capacitor must be connected between this pin and ground. |
| 5,7 | 7,9 | Input 1; Input 2 | TTL Compatible Inputs of the Bridge A. |
| 6,11 | 8,14 | Enable A; Enable B | TTL Compatible Enable Input. The L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B). |
| 8 | 1,10,11,20 | GND | Ground. |
| 9 | 12 | VSS | Supply Voltage for the Logic Blocks. A 100Vf capacitor must be connected between this pin and ground. |
| 10,12 | 13,15 | Input 3; Input 4 | TTL Compatible Inputs of the Bridge B. |
| 13,14 | 16,17 | Out 3; Out 4 | Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15. |
| - | 3,18 | N.C. | Not connected. |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{DD} = 42V$; $V_{SS} = 5V$; $T_j = 25^{\circ}C$, unless otherwise specified)

| Symbol | Parameter | Test Conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------|--|--------------------------------|------------------|------|----------|---------|
| V_{DD} | Supply Voltage (pin 4) | Operative Condition | $V_{DD} \pm 2.5$ | 46 | 50 | V |
| V_{SS} | Logic Supply Voltage (pin 9) | | 4.5 | 5 | 7 | V |
| I_{O1} | Quiescent Supply Current (pin 4) | $V_{DD} = H$; $V_i = 0$ | 13 | 22 | 50 | mA |
| | | $V_i = H$ | 50 | 70 | 100 | mA |
| I_{O2} | Quiescent Current from V_{DD} (pin 9) | $V_{DD} = L$ | $V_i = X$ | 4 | 10 | mA |
| | | $V_{DD} = H$; $V_i = 0$ | $V_i = H$ | 24 | 36 | mA |
| | | $V_i = H$ | $V_i = X$ | 7 | 12 | mA |
| V_{IL} | Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12) | | -0.3 | | 1.5 | V |
| V_{IH} | Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12) | | 2.3 | | 15.5 | V |
| I_{L1} | Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12) | $V_i = L$ | | | -10 | μA |
| I_{L2} | High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12) | $V_i = H$ & $V_{DD} < 0.6V$ | | 30 | 100 | μA |
| $V_{EN} = L$ | Enable Low Voltage (pins 6, 11) | | -0.3 | | 1.5 | V |
| $V_{EN} = H$ | Enable High Voltage (pins 6, 11) | | 2.3 | | V_{DD} | V |
| $I_{EN} = L$ | Low Voltage Enable Current (pins 6, 11) | $V_{DD} = L$ | | | -10 | μA |
| $I_{EN} = H$ | High Voltage Enable Current (pins 6, 11) | $V_{DD} = H$ & $V_{DD} < 0.6V$ | | 30 | 100 | μA |
| $V_{CSAT(ON)}$ | Source Saturation Voltage | $I_s = 1A$ | 0.95 | 1.35 | 1.7 | V |
| | | $I_s = 2A$ | 2 | 2.7 | 3.2 | V |
| $V_{CSAT(O)}$ | Sink Saturation Voltage | $I_s = 1A$ (S) | 0.85 | 1.2 | 1.6 | V |
| | | $I_s = 2A$ (S) | 1.7 | 2.3 | 2.9 | V |
| V_{DROD} | Total Drop | $I_s = 1A$ (S) | 1.80 | 3.2 | 4.9 | V |
| | | $I_s = 2A$ (S) | - | - | - | V |
| V_{SENSE} | Sensing Voltage (pins 1, 15) | | -1 | (1) | 2 | V |

3/13 

L298

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of Fig. 8 (1:1 scale).

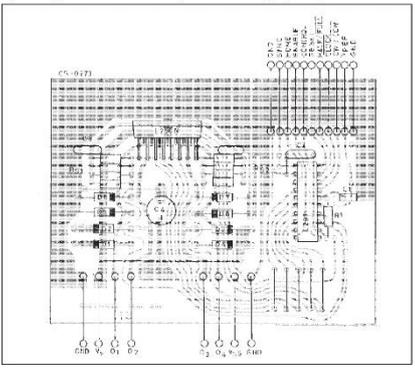
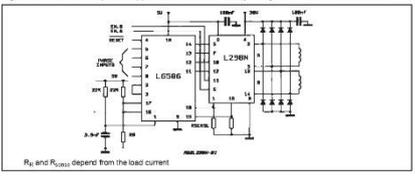


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

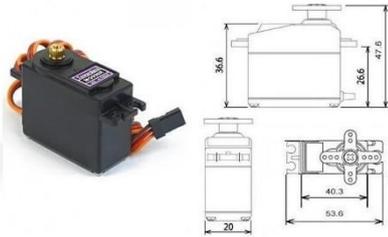


R_{θ} and $R_{\theta(jc)}$ depend from the load current

9/13 

ANEXO K. HOJA DE DATOS SERVO MOTOR TOWER PRO MG996R.

MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwidth and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

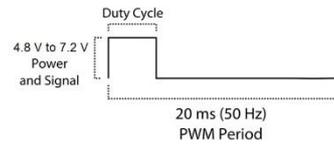
This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf/cm (4.8 V), 11 kgf/cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
- Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
- Stall Current 2.5 A (6V)
- Dead band width: 5 μ s
- Stable and shock proof double ball bearing design
- Temperature range: 0°C – 55°C

PWM=Orange (\square)
Vcc = Red (+)
Ground=Brown (-)



ANEXO P. CÓDIGO PYTHON

```
import tkinter as tk
import serial
import time
import sqlite3
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
GPIO20 = 20
GPIO21 = 21
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(GPIO20, GPIO.OUT)
GPIO.setup(GPIO21, GPIO.OUT)
thing = ''
ser = Serial('/dev/ttyACM0', 9600)
print("Reset Arduino")
time.sleep(2)
ser.write(bytes('L', 'UTF-8'))
counter = 0
contador1= 0
GPIO20_State = True
GPIO21_State = True
def counter_label(self):
    def count():
        global counter
        global contador1
        counter += 1
        contador1 += 1
        data = ser.readline#read the data from the arduino
        print (data)
        label.config(text=str(data))
        label.after(1000, count)
        con = sqlite3.connect('sample.db')
        cur.execute("""CREATE TABLE IF NOT EXISTS sample(id serial,test real)""")
        if contador1 == 0:
            cur.execute("""INSERT INTO sample(test) VALUES(?)""",(data,))
        if contador1 == 30:
            cur.execute("""INSERT INTO sample(test) VALUES(?)""",(data,))
            contador1=0
        con.commit()
    count()
def set_button_state():
    global b
    b = '|||ON|||'
    varLabel4.set("LAVADO SISTEMA")
    varLabel12.set("ILUMINACIÓN SISTEMA")
    varLabel5.set("TEMP.(°C)")
    varLabel6.set("HUMD.(%)")
    varLabel7.set("UV.(mW/cm2)")
    varLabel8.set("PH")
    varLabel9.set("| ALERTAS")
    varLabel10.set("FECHA")
```

```

    varLabel11.set("
")
    varLabel.set("ACTUADORES")
    ser.write(bytes('H', 'UTF-8'))
    varLabel2.set(b)
    print(b)

def set_button1_state():
    global b
    b = '||OFF||'
    ser.write(bytes('L', 'UTF-8'))
    varLabel2.set(b)
    print(b)
def set_button2_state():
    global root
    ser.write(bytes('L', 'UTF-8'))
    root.destroy()
    ser.close()

def set_button3_state():
    global GPIO20_State
    if GPIO20_State == True:
        GPIO.output(GPIO20, GPIO20_State)
        GPIO20_State = False
    global c
    c = '|||OFF|||'
    varLabel3.set(c)
    print(c)

def set_button4_state():
    global GPIO20_State
    if GPIO20_State == False:
        GPIO.output(GPIO20, GPIO20_State)
        GPIO20_State = True
    global c
    c = '||ON||'
    varLabel3.set(c)
    print(c)

def set_button5_state():
    global GPIO21_State
    if GPIO21_State == True:
        GPIO.output(GPIO21, GPIO21_State)
        GPIO21_State = False
    global d
    d = '|||OFF|||'

```

```

    varLabel13.set(d)
    print(d)

def set_button6_state():
    global GPIO21_State
    GPIO.output(GPIO21, GPIO21_State)
    GPIO21_State = True
    global d
    d = '| | ON | |'
    varLabel13.set(d)
    print(d)
root = tk.Tk()
root.title("CULTIVO HIDROPÓNICO NFT- J.PORRAS")
root.geometry('480x225')
root.config(bg="deep sky blue")
label = tk.Label(root, fg="black",font=("Helvetica", 11,'bold'),bg = 'deep sky blue',)
label.pack()
label.place(x=3, y=25)
label2 = tk.Label(root, fg="dark green",font=("Helvetica", 11,'bold'),bg = 'lawn green', )
label2.pack()
counter_label(label2)
varLabel = tk.IntVar()
tkLabel = tk.Label(textvariable=varLabel,bg = "purple4",font=("Helvetica", 7,'bold'),fg="snow" )
tkLabel.pack()
tkLabel.place(x=12, y=70)
varLabel2 = tk.IntVar()
tkLabel2 = tk.Label(textvariable=varLabel2,bg = 'gray2',font=("Helvetica", 15,'bold'),fg="red" )
tkLabel2.pack()
tkLabel2.place(x=10, y=190)
varLabel3 = tk.IntVar()
tkLabel3 = tk.Label(textvariable=varLabel3,bg = 'black',font=("Helvetica", 15,'bold'),fg="red" )
tkLabel3.pack()
tkLabel3.place(x=140, y=190)
varLabel4 = tk.IntVar()
tkLabel4 = tk.Label(textvariable=varLabel4,bg = "Blue4",font=("Helvetica",
7,'bold'),fg="white",)
tkLabel4.pack()
tkLabel4.place(x=135, y=70)
varLabel5 = tk.IntVar()
tkLabel5 = tk.Label(textvariable=varLabel5,bg = "deep sky blue",font=("Helvetica",
10,'bold'),fg="blue2",)
tkLabel5.pack()
tkLabel5.place(x=115, y=7)
varLabel6 = tk.IntVar()
tkLabel6 = tk.Label(textvariable=varLabel6,bg = "deep sky blue",font=("Helvetica",
10,'bold'),fg="blue2",)
tkLabel6.pack()
tkLabel6.place(x=185, y=7)
varLabel7 = tk.IntVar()
tkLabel7 = tk.Label(textvariable=varLabel7,bg = "deep sky blue",font=("Helvetica",
10,'bold'),fg="blue2",)
tkLabel7.pack()

```

```

tkLabel7.place(x=255, y=7)
varLabel8 = tk.IntVar()
tkLabel8 = tk.Label(textvariable=varLabel8,bg = "deep sky blue",font=("Helvetica",
10,'bold'),fg="blue2",)
tkLabel8.pack()
tkLabel8.place(x=352, y=7)
varLabel9 = tk.IntVar()
tkLabel9 = tk.Label(textvariable=varLabel9,bg = "SlateBlue4",font=("Helvetica",
10,'bold'),fg="ghost white",)
tkLabel9.pack()
tkLabel9.place(x=400, y=7)
varLabel10 = tk.IntVar()
tkLabel10 = tk.Label(textvariable=varLabel10,bg = "deep sky blue",font=("Helvetica",
5,'bold'),fg="gray4",)
tkLabel10.pack()
tkLabel10.place(x=4, y=7)
varLabel11 = tk.IntVar()
tkLabel11 = tk.Label(textvariable=varLabel11,bg = "steel blue",font=("Helvetica",
5,'bold'),fg="blue2",)
tkLabel11.pack()
tkLabel11.place(x=2, y=50)
varLabel12 = tk.IntVar()
tkLabel12 = tk.Label(textvariable=varLabel12,bg = "DeepPink4",font=("Helvetica",
7,'bold'),fg="white",)
tkLabel12.pack()
tkLabel12.place(x=270, y=70)
varLabel13 = tk.IntVar()
tkLabel13 = tk.Label(textvariable=varLabel13,bg = "black",font=("Helvetica",
15,'bold'),fg="red",)
tkLabel13.pack()
tkLabel13.place(x=278, y=190)
button = tk.IntVar()
text='ON',
width=5,
command=set_button_state,
height = 1,
font=("Helvetica", 13,'bold'),
fg = "snow",
bd = 5,
activebackground='purple4',
bg = 'SlateBlue2',

)
button.pack(side='left', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button.place(x=13, y=95)
button1 = tk.Button(root,
text='OFF',
width=5,
command=set_button1_state,
height = 1,
fg = "snow"

```

```
font=("Helvetica", 13,'bold'),
bd = 5,
activebackground='purple4',
bg = 'SlateBlue2',
)
button1.pack(side='left', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button1.place(x=13, y=140)
```

```
button2 = tk.Button(root,
text='SALIR',
width=5,
command=set_button2_state,
height = 1,
fg = "black",
bd = 5,
font=("Helvetica", 5,'bold'),
activebackground='green',
bg = 'Red',
)
button2.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button2.place(x=420, y=200)
```

```
button3 = tk.Button(root,
text='OFF',
width=5,
command=set_button3_state,
height = 1,
fg = "white",
bd = 5,
font=("Helvetica", 13,'bold'),
activebackground='royal blue',
bg = 'blue2',
```

```
button3.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button3.place(x=143, y=95)
```

```
button4 = tk.Button(root,
text='ON',
width=5,
command=set_button4_state,
height = 1,
fg = "white",
bd = 5,
font=("Helvetica", 13,'bold'),
activebackground='royal blue',
bg = 'blue2',
```

```
)
button4.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button4.place(x=143, y=140)
```

```
button5 = tk.Button(root,
text='OFF',
width=5,
command=set_button5_state,
height = 1,
```

```
fg = "white",
bd = 5,
font=("Helvetica", 13,'bold'),
activebackground='green',
bg = 'DeepPink4',
)
button5.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button5.place(x=280, y=95)

button6 = tk.Button(root,
text='ON',
width=5,
command=set_button6_state,
height = 1,
fg = "white",
bd = 5,
activebackground='lime green',
font=("Helvetica", 13,'bold'),
bg = 'DeepPink4',
)
button6.pack(side='right', ipadx=10, padx=10, pady=15)
button6.place(x=280, y=140)

root.mainloop()
```

ANEXO Q. CÓDIGO ARDUINO

```
Serial.print(fecha.hour());
Serial.print(":");
Serial.print(fecha.minute());

int h = dht.readHumidity();
int t = dht.readTemperature();
int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0);

Serial.print("  ");
Serial.print(t);
Serial.print("  ");
Serial.print(h);
Serial.print("  ");
Serial.print(uvIntensity);
Serial.print("  ");
Serial.print("7.1");

////////////////////////////////////

if (t >= 0) {
digitalWrite(4, LOW);
}
if (t < 0) {
digitalWrite(4, HIGH);
}

if (t >= tempmx) {
Serial.print("  VENT-ON");
digitalWrite(5, LOW);
}
if (t < tempmx) {
digitalWrite(5, HIGH);
}

if (h <= tempmin) {
digitalWrite(7, LOW);
Serial.print("  CALF-ON");
}
if (h > tempmin){
digitalWrite(7, HIGH);
}

if ( uvIntensity >= radmax) {
digitalWrite(6, LOW);
Serial.print("  TECH-ON");
delay(4000);
}
```

```

///cultivo NFT jessica Porras///
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
#include "DHT.h"

RTC_DS3231 rtc;
DHT dht(2, DHT11);

const int relay = 3;
int actrelay;
int temprmx=21, temprmin=14, temp, radmax=2, i=0, p=15;
int UVOUT = A0;
int REF_3V3 = A1;

void setup (){
Serial.begin(9600);
rtc.begin();
dht.begin();
pinMode(relay, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);
pinMode(UVOUT, INPUT);
pinMode(REF_3V3, INPUT);

if (! rtc.begin()) {
Serial.println("Módulo RTC no encontrado!");
while (1);
}
rtc.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
}

void loop (){

actrelay = Serial.read();
if (actrelay == 'H') {
digitalWrite(relay , HIGH);

}
if (actrelay == 'L') {
digitalWrite(relay , LOW);
}

DateTime fecha = rtc.now();
Serial.print(fecha.day());
Serial.print("/");
Serial.print(fecha.month());
Serial.print("/");
Serial.print(fecha.year());
Serial.print(" ");
}

```

```
digitalWrite(6, HIGH);
if ( fecha.hour() == p) {
digitalWrite(6, LOW);
delay(4000);
}
digitalWrite(6, HIGH);
```

```
Serial.println("");
delay(1000);
}
```

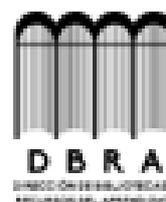
```
int averageAnalogRead(int pinToRead)
{
  byte numberOfReadings = 8;
  unsigned int runningValue = 0;
  for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
  runningValue += analogRead(pinToRead);
  runningValue /= numberOfReadings;
  return(runningValue);
}
```

```
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max)
{
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
```



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCION DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TECNICOS
REVISION DE NORMAS TECNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFIA

Fecha de entrega: 09/11/2022

| |
|--|
| INFORMACION DE LA AUTORA |
| Nombres – Apellidos: JESSICA PAOLA PORRAS PUMALEMA |
| INFORMACION INSTITUCIONAL |
| Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRONICA |
| Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACION |
| Título a optar: INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M. |

