

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, MENCIÓN CONTROL DE PROCESOS

TEMA: _____

“SISTEMA DE CONTROL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA
CULTIVOS CON LUZ ARTIFICIAL”

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister en
Electrónica y Automatización, mención Control de Procesos

Modalidad de titulación: “Proyecto de desarrollo”

Autor: Ing. Rodrigo Santiago Núñez Acosta

Director: Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.

Ambato – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Magister, e integrado por los señores: Ingeniero Carlos Diego Gordón Gallegos, Doctor, e Ingeniero Santiago Mauricio Altamirano Meléndez, Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “SISTEMA DE CONTROL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA CULTIVOS CON LUZ ARTIFICIAL”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Rodrigo Santiago Núñez Acosta, para optar por el Grado Académico de Magíster en Electrónica y Automatización, mención Control de Procesos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg

Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Carlos Diego Gordón Gallegos, PhD.

Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Santiago Mauricio Altamirano Meléndez, Mg.

Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “SISTEMA DE CONTROL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA CULTIVOS CON LUZ ARTIFICIAL”, le corresponde exclusivamente al señor Ingeniero Rodrigo Santiago Núñez Acosta, autor, bajo la Dirección del Magíster Eddie Egberto Galarza Zambrano, director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano, Mg.

Ing. Rodrigo Santiago Núñez Acosta

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Rodrigo Santiago Núñez Acosta

C.C.: 1804634143

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO	xvii
DEDICATORIA	xviii
RESUMEN EJECUTIVO	xix
EXECUTIVE SUMMARY.....	xx
1. CAPÍTULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
2. CAPÍTULO II ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
2.1 Estado del arte	3
2.2 Marco teórico	4
2.2.1 Cultivos Verticales (Vertical Farming).....	4
2.2.2 Tecnologías en Cultivos Verticales	7
2.2.3 Tipos de Cultivos	8

2.2.4 Ubicación	8
2.2.5 Hardware.....	8
2.2.6 Software	11
2.2.7 Sistema de aspersión.....	16
3. CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1 Ubicación.....	17
3.2 Equipos y materiales	17
3.3 Tipo de investigación	18
3.3.1 Tipo de investigación Cuantitativa	18
3.3.2 Diseño Metodológico Diseño Cuasi-Experimental	18
3.4 Población y Muestra	19
3.5 Recolección de información	19
3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico	19
3.7 Variables respuesta o resultados esperados	19
3.7.1 Variable Independiente	19
3.7.2 Variable Dependiente	19
4. CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 Introducción.....	20
4.2 Primera Etapa: Análisis de requerimientos técnicos del prototipo.....	20
4.2.1 Control de clima.....	21
4.2.2 Control de humedad.....	21
4.2.3 Control de luminosidad.....	21
4.2.4 Nutrientes.....	21
4.2.5 Control de crecimiento.....	21
4.2.7 Elección de componentes para el control de clima.....	23
4.2.8 Elección de Componentes para luz artificial y su control	26

4.2.9 Componentes para control de humedad del suelo	27
4.2.10 Elección de pantalla de visualización de información.....	29
4.2.11 Elección de las tarjetas programables	29
4.3 Etapa 2: Construcción del prototipo	31
4.3.1 Diseño y construcción de las estructuras	31
4.3.2 Diseño y construcción de la parte electrónica	36
4.4 Etapa 3 Resultados	61
4.4.1 Resultados de Temperatura.....	61
4.4.2 Resultados de Humedad en el Suelo.....	63
4.4.3 Resultados de Luminosidad	65
4.4.4 Resultados de crecimiento diario mediante visión artificial prototipo con luz natural	66
4.4.5 Resultados de crecimiento diario mediante visión artificial prototipo con luz artificial.....	73
4.4.6 Resultados de crecimiento entre prototipos	80
4.4.7 Presupuesto total del prototipo	81
5. CAPÍTULO V CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	83
5.1 Conclusiones	83
5.2 Recomendaciones	83
5.3 BIBLIOGRAFÍA.....	84
5.4 ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1 TIPOS DE CULTIVOS EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA (MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA, 2016).-----	8
TABLA 2-2 POTENCIAL PARA ACTIVIDAD AGROPECUARIA (MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA, 2016). -----	8
TABLA 3-1 EQUIPOS Y MATERIALES-----	17
TABLA 4-1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE VENTILADORES PARA INGRESO DE FLUJO DE AIRE -----	23
TABLA 4-2 VENTILADOR PARA EXPULSIÓN DE FLUJO DE AIRE EN EL PROTOTIPO -----	24
TABLA 4-3 CALEFACTORES DISPONIBLES Y CARACTERÍSTICAS -----	24
TABLA 4-4 DIMMERS DISPONIBLES EN ECUADOR -----	25
TABLA 4-5 SENSORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD -----	25
TABLA 4-6 LÁMPARAS LEDS -----	26
TABLA 4-7 CIRCUITOS BUCK-BOOST -----	27
TABLA 4-8 SENSORES DE LUMINOSIDAD -----	27
TABLA 4-9 SENSORES DE HUMEDAD -----	28
TABLA 4-10 ELECCIÓN DE LA BOMBA PARA RIEGO -----	28
TABLA 4-11 TABLA DE TIPOS DE PANTALLAS -----	29
TABLA 4-12 ELECCIÓN DE LAS TARJETA PROGRAMABLE 1-----	30
TABLA 4-13 COMPARACIÓN ENTRE TARJETAS PROGRAMABLES RASPERRY -----	30
TABLA 4-14 VALORES PARA ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE LUMINOSIDAD -----	42
TABLA 4-15 DATOS DE LOS SENSORES DE HUMEDAD -----	50
TABLA 4-16 PROMEDIO DE TEMPERATURA DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ NATURAL-----	62
TABLA 4-17 PROMEDIO DE TEMPERATURA DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL -----	62
TABLA 4-18 PROMEDIO DE HUMEDAD DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ NATURAL -----	63
TABLA 4-19 PROMEDIO DE HUMEDAD DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL -----	64

TABLA 4-20 PROMEDIO DE LUMINOSIDAD DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ NATURAL-----	65
TABLA 4-21 PROMEDIO DE LUMINOSIDAD DIARIA DEL PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL -----	66
TABLA 4-22 RECOLECCIÓN DE MEDIDAS DE CRECIMIENTO DIARIO PROTOTIPO CON LUZ NATURAL -----	71
TABLA 4-23 PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DIARIO POR OBJETO DE ESTUDIO-----	72
TABLA 4-24 RECOLECCIÓN DE MEDIDAS DE CRECIMIENTO DIARIO PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL-----	77
TABLA 4-25 PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DIARIO POR OBJETO DE ESTUDIO-----	79
TABLA 4-26 PRESUPUESTO TOTAL DE LOS PROTOTIPOS-----	81
TABLA 5-1 CONSUMO DE ENERGÍA DE LA PLACA -----	138

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 DISEÑO DE UN CULTIVO VERTICAL (SHARATHKUMAR ET AL., N.D.).	5
FIGURA 2-2 TECNOLOGÍA LED EN CULTIVOS (SHARATHKUMAR ET AL., N.D.).	7
FIGURA 2-3 ARDUINO MEGA (NOVILLO-VICUÑA ET AL., 2018).	9
FIGURA 2-4 ARDUINO NANO	9
FIGURA 2-5 RASPBERRY (HOLTON & FRATANGELO, N.D.).	10
FIGURA 2-6 INVERSOR DE CARGA DC-DC (BUCK)(CASTAÑER & SILVESTRE, 2006).	10
FIGURA 2-7 MÓDULO DETECTOR DE CRUCE POR CERO(MÓDULO DIMMER AC 220V/2A, N.D.)	11
FIGURA 2-8 INTERFAZ DE ARDUINO IDE	11
FIGURA 2-9 INTERFAZ DE PHYTON EN WINDOWS	12
FIGURA 2-10 INTERFAZ DE THONNY PHYTON EN RASPBERRY	12
FIGURA 2-11 OBJETO EN PRIMER PLANO (MORDVINTSEV, 2017).	15
FIGURA 2-12 OBJETO APLICADO EL MÉTODO DE EROSIÓN (MORDVINTSEV, 2017).	15
FIGURA 2-13 OBJETO APLICADO EL MÉTODO DE DILATACIÓN (MORDVINTSEV, 2017).	16
FIGURA 2-14 SISTEMA DE ASPERSIÓN DE AGUA	16
FIGURA 4-1 PROCESO DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO	20
FIGURA 4-2 REQUERIMIENTOS DEL PROTOTIPO	22
FIGURA 4-3 VISTA 1 DEL PROTOTIPO	32
FIGURA 4-4 VISTA 2 DEL PROTOTIPO	32
FIGURA 4-5 VISTA 3 DEL PROTOTIPO	32
FIGURA 4-6 COMPONENTES INTERNOS DEL PROTOTIPO	33
FIGURA 4-7 ESTRUCTURA FINAL DE PROTOTIPO SIMULADA EN CAD SOFTWARE	33
FIGURA 4-8 ESTRUCTURA DE LA PRÓTESIS CONSTRUIDA	34
FIGURA 4-9 PROTOTIPO CON LUZ NATURAL	34
FIGURA 4-10 PROTOTIPO PARA ACOPLAR LA LUZ ARTIFICIAL	34
FIGURA 4-11 PAREDES DEL PROTOTIPO	35

FIGURA 4-12 INSTALACIÓN DE MACETAS	35
FIGURA 4-13 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN	36
FIGURA 4-14 PROTOTIPO CON EL SISTEMA DE ASPERSIÓN DE AGUA ...	36
FIGURA 4-15 ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	37
FIGURA 4-16 ESQUEMA DE CONEXIONES DEL PROTOTIPO	38
FIGURA 4-17 LAMPARA DE CRECIMIENTO LED CONECTADA CON CIRCUITO BUCK.....	39
FIGURA 4-18 PRUEBA DE LUMINOSIDAD A	40
FIGURA 4-19 PRUEBA DE LUMINOSIDAD B	40
FIGURA 4-20 PRUEBA DE LUMINOSIDAD C	40
FIGURA 4-21 PRUEBA DE LUMINOSIDAD D	41
FIGURA 4-22 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LAMPARA LED Y CIRCUITO BUCK.....	41
FIGURA 4-23 CURVA CARACTERÍSTICA DEL SENSOR DE LUMINOSIDAD	42
FIGURA 4-24 SEÑAL ACONDICIONADA DEL SENSOR DE LUMINOSIDAD UTILIZANDO MATLAB	43
FIGURA 4-25 SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA	44
FIGURA 4-26 CONTROL PROPORCIONAL PID $K_P=1$ (<i>PID CONTROLLERS - ARDUINO - PAGE 137, N.D.</i>)	45
FIGURA 4-27 CONTROL PROPORCIONAL PID $K_P=7$ (<i>PID CONTROLLERS - ARDUINO - PAGE 137, N.D.</i>)	45
FIGURA 4-28 CONTROL PROPORCIONAL PID $K_P=5$ (<i>PID CONTROLLERS - ARDUINO - PAGE 137, N.D.</i>)	46
FIGURA 4-29 ESQUEMA DE CONEXIÓN PUENTE H CON DOS MOTORES .	46
FIGURA 4-30 PROGRAMACIÓN UTILIZADA PARA CONTROL DE ENTRADA Y SALIDA DE FLUJO DE AIRE EN VENTILADORES	47
FIGURA 4-31 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE ARDUINO CONECTADO CON EL CONTROL DE CRUCE POR CERO (Δ <i>CRUCE POR CERO ARDUINO / ACTUALIZADO ABRIL 2022, N.D.</i>)	47
FIGURA 4-32 PROGRAMACIÓN EN PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CALEFACTOR CON MÓDULOS CRUCE POR CERO	48

FIGURA 4-33 DTH21 CONEXIÓN A ARDUINO (<i>DHT22: SENSOR DE HUMEDAD/TEMPERATURA DE PRECISIÓN PARA ARDUINO, N.D.</i>).....	48
FIGURA 4-34 PROGRAMACIÓN DE DTH21 PARA PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	49
FIGURA 4-35 CONTROL DE TEMPERATURA CON 1% DE ERROR	49
FIGURA 4-36 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE SENSOR DE TEMPERATURA	50
FIGURA 4-37 PROGRAMACIÓN PARA PRUEBAS DE LOS SENSORES DE HUMEDAD	50
FIGURA 4-38 ALGORITMO DE FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE AGUA Y SENSORES DE HUMEDAD	51
FIGURA 4-39 ARDUINO NANO CON MÓDULO MICRO SD (<i>SD CARD TUTORIAL FOR ARDUINO, ESP8266 AND ESP32, N.D.</i>).....	52
FIGURA 4-40 PROGRAMA DE PRUEBA PARA MICRO SD.....	52
FIGURA 4-41 CONEXIONES DE DISPOSITIVOS EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL	53
FIGURA 4-42 CONEXIONES DE DISPOSITIVOS EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL.....	53
FIGURA 4-43 DISEÑO DE PLACA PARA LOS PROTOTIPOS	54
FIGURA 4-44 PLACAS CONSTRUIDAS PARA LOS SENSORES	54
FIGURA 4-45 PLACAS CONSTRUIDAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE ARDUINO MEGA EMBED, NANO Y PUENTES H.....	54
FIGURA 4-46 PLACA FINAL CONSTRUIDA EN BASE A LAS ESPECIFICACIONES DEL PROTOTIPO	55
FIGURA 4-47 SISTEMA TOTAL CONECTADO DEL PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL	55
FIGURA 4-48 SISTEMA TOTAL CONECTADO DEL PROTOTIPO CON LUZ NATURAL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	55
FIGURA 4-49 PROTOTIPO CON LUZ NATURAL PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	56
FIGURA 4-50 PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 1	56
FIGURA 4-51 PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 2	56

FIGURA 4-52 PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 3	57
FIGURA 4-53 CALIBRACIÓN DE ENTRADA DE AGUA 1	57
FIGURA 4-54 CALIBRACIÓN DE ENTRADA DE AGUA 2.....	58
FIGURA 4-55 CALIBRACIÓN DE ENTRADA DE AGUA 3.....	58
FIGURA 4-56 BALDE CON MEDIDA.....	58
FIGURA 4-57 CULTIVO DE PLANTAS.....	59
FIGURA 4-58 CONFIGURACIÓN DE DIRECCIÓN ESTÁTICA.....	59
FIGURA 4-59 INGRESO AL MENÚ DE RASPBERRY PI.....	60
FIGURA 4-60 HABILITAR LA CONEXIÓN DEL ESCRITORIO REMOTO VNC	60
FIGURA 4-61 INGRESO DE LA DIRECCIÓN IP EN LA BARRA DE DIRECCIONES DE VNC VIEWER.....	60
FIGURA 4-62 INGRESO DE USUARIO Y CONTRASEÑA	61
FIGURA 4-63 ESCRITORIO REMOTO DE RASPBERRY EN WINDOWS	61
FIGURA 4-64 LÚMENES POR DISTANCIA DE LA LÁMPARA DE CRECIMIENTO	65
FIGURA 4-65 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 1.....	67
FIGURA 4-66 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 2.....	67
FIGURA 4-67 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 3.....	67
FIGURA 4-68 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 4.....	68
FIGURA 4-69 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 5.....	68
FIGURA 4-70 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 6.....	68
FIGURA 4-71 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 7.....	69
FIGURA 4-72 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 8.....	69

FIGURA 4-73 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 9.....	69
FIGURA 4-74 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 10.....	70
FIGURA 4-75 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 11.....	70
FIGURA 4-76 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ NATURAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 12.....	70
FIGURA 4-77 ÁREA DE CRECIMIENTO TOTAL POR OBJETO DE ESTUDIO PROTOTIPO CON LUZ NATURAL	72
FIGURA 4-78 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 1	73
FIGURA 4-79 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 2	74
FIGURA 4-80 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 3	74
FIGURA 4-81 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 4	74
FIGURA 4-82 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 5	75
FIGURA 4-83 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 6	75
FIGURA 4-84 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 7	75
FIGURA 4-85 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 8	76
FIGURA 4-86 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 9	76
FIGURA 4-87 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 10	76
FIGURA 4-88 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 11	77

FIGURA 4-89 FOTOS DE OBJETOS DE ESTUDIO EN PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL APLICADA VISIÓN ARTIFICIAL DÍA 12	77
FIGURA 4-90 ÁREA DE CRECIMIENTO TOTAL POR OBJETO DE ESTUDIO PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL	79
FIGURA 4-91 CRECIMIENTO DE PLANTAS EN LUZ NATURAL VS LUZ ARTIFICIAL	80
FIGURA 5-1 FERTILIZANTES OCUPADOS.....	126
FIGURA 5-2 RESULTADOS DE COSECHA 1	126
FIGURA 5-3 RESULTADOS DE COSECHA 2	126
FIGURA 5-4 RESULTADOS DE COSECHA 3	127
FIGURA 5-5 RESULTADOS DE COSECHA 4	127
FIGURA 5-6 RESULTADOS DE COSECHA 5	127
FIGURA 5-7 PROTOTIPO CON LUZ ARTIFICIAL	128
FIGURA 5-8 ELECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN	128
FIGURA 5-9 AJUSTE DEL PORCENTAJE ILUMINACIÓN	128
FIGURA 5-10 ELECCIÓN DEL TIEMPO ILUMINACIÓN	129
FIGURA 5-11 AJUSTE DEL TIEMPO DE ILUMINACIÓN	129
FIGURA 5-12 ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA	129
FIGURA 5-13 ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA	130
FIGURA 5-14 ABRIR VCN VIEWER EN WINDOWS O MAC OS O ANDROID O IOS	130
FIGURA 5-15 ABRIR THONNY PYTHON IDE.....	130
FIGURA 5-16 PRESIONAR RUN PARA CORRER EL PROGRAMA.....	130
FIGURA 5-17 INICIAR EL SISTEMA SELECCIONANDO START	131
FIGURA 5-18 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO AL MOSTRAR PANTALLA DE RIEGO	131
FIGURA 5-19 CONTROL DEL PROTOTIPO VÍA ESCRITORIO REMOTO	131
FIGURA 5-20 PROTOTIPO CON LUZ NATURAL	132
FIGURA 5-21 ELECCIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO.....	132
FIGURA 5-22 AJUSTE DE LA HUMEDAD DEL SUELO	132
FIGURA 5-23 ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA	133
FIGURA 5-24 ELECCIÓN DE LA TEMPERATURA	133

FIGURA 5-25 ABRIR VCN VIEWER EN WINDOWS O MAC OS O ANDROID O IOS	133
FIGURA 5-26 ABRIR THONNY PYTHON IDE.....	134
FIGURA 5-27 PRESIONAR RUN PARA CORRER EL PROGRAMA.....	134
FIGURA 5-28 INICIAR EL SISTEMA SELECCIONANDO START	134
FIGURA 5-29 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO AL MOSTRAR PANTALLA DE RIEGO	135
FIGURA 5-30 CONTROL DEL PROTOTIPO VÍA ESCRITORIO REMOTO	135
FIGURA 5-31 DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA DE CONTROL.....	136

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en las mejores decisiones para tener éxito en este proyecto

A mi familia y amigos que me brindaron valiosos consejos con los cuales pude desarrollarlo de la mejor manera

Al Ingeniero Eddie Galarza Mg. que me brindó su ayuda y consejos a lo largo de la investigación y el factor fundamental fue su apoyo en cada etapa de la misma

Rodrigo Santiago Núñez Acosta

DEDICATORIA

A mis padres, familia, amigos que me apoyaron durante el transcurso de la investigación

Rodrigo Santiago Núñez Acosta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, MENCIÓN
CONTROL DE PROCESOS

TEMA:

**“SISTEMA DE CONTROL CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA CULTIVOS
CON LUZ ARTIFICIAL”**

AUTOR: Ing. Rodrigo Santiago Núñez Acosta

DIRECTOR: Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

- Tecnología de la información y sistemas de control

Fecha: 1 de abril del 2022

RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se desarrolla el diseño, construcción y funcionamiento de dos prototipos de sistemas inteligentes para cultivos verticales con la aplicación de luz artificial y luz natural, los cuales optimizan el crecimiento de las plantas y elimina la necesidad de utilización de fungicidas y plaguicidas al estar aislados y contar con un ambiente electrónicamente controlado. Se ha probado específicamente para plantaciones de lechuga, sin embargo, se puede ajustar las condiciones de control para el desarrollo de otras especies de cultivo para vegetales.

Se realizó una correlación de la aplicación de la luz natural y la luz artificial con un ambiente bajo las mismas condiciones de temperatura, humedad y sistema de cultivo por goteo; se empleó visión artificial para comprobar la optimización del crecimiento y comprobar la eficacia de la luz artificial, mediante la toma de muestras cada cierto tiempo y la aplicación de las técnicas de color y de borde de Open CV.

Descriptores: Sistema de Control, OpenCV, Luz Artificial, Cultivos Orgánicos, Visión Artificial, Sistema Automático, Python, Arduino, Monitoreo Remoto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN, MENCIÓN
CONTROL DE PROCESOS

THEME:

**“ARTIFICIAL VISION CONTROL SYSTEM FOR CROPS WITH
ARTIFICIAL LIGHT”**

AUTHOR: Ing. Rodrigo Santiago Núñez Acosta

DIRECTED BY: Ing. Eddie Egberto Galarza Zambrano Mg.

LINE OF RESEARCH:

- Information technology and control systems

DATE: April 1st, 2022

EXECUTIVE SUMMARY

The present investigation shows the design, construction and operation of two prototypes of intelligent systems for vertical crops with the application of artificial light and natural light, which optimize plant growth and eliminate the need of using fungicides and pesticides by being isolated and having an electronically controlled environment. It has been tested specifically for lettuce plantations; however, the control conditions can be adjusted for the development of other crop vegetable species.

A correlation of the application of natural light and artificial light with an environment under the same conditions of temperature, humidity and drip culture system was performed; artificial vision was used to verify the growth optimization and verify the efficacy of artificial light, by taking samples every so often and applying the Open CV color and edge techniques.

Keywords: Control System, Open CV, Artificial Light, Organic Crops, Artificial Vision, Automatic System, Python, Arduino, Remote monitoring.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El avance de la tecnología para el desarrollo de cultivos ha permitido el incremento de la producción agraria mundial innovando continuamente el proceso, a través de técnicas de control de temperatura y humedad. Una de las nuevas estrategias de cultivo es el uso de luz artificial, en donde estudios prueban que dependiendo la aplicación de la longitud de onda existe una aceleración en la etapa de germinación, crecimiento (Birkby, 2016).

El presente proyecto de desarrollo presenta el diseño, construcción y funcionamiento de un **“Sistema de control con Visión Artificial para Cultivos con Luz Artificial”**, el que se compone de un prototipo funcional controlado por dos placas electrónicas basadas en hardware libre. Estas placas son las encargadas del control de la temperatura, humedad y luminosidad para el cultivo, además de la toma de muestras para aplicar visión artificial.

1.2 Justificación

La agricultura tradicional ha utilizado procedimientos empíricos en donde se manejan procedimientos con el objetivo de maximizar los beneficios sin tomar en cuenta recursos como el agua y el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas que con el tiempo acaban erosionando el suelo.

El clima cambiante de cada año crea incertidumbres en el patrón de producción de un pedazo de tierra, por lo que genera preocupación sobre la seguridad alimentaria (Sahu et al., 2019).

El presente proyecto realiza una innovación de las diferentes estrategias de cultivos mediante tecnología electrónica para que se optimicen los recursos como agua, uso del suelo, fertilizantes y pesticidas, a través de la implementación de un sistema electrónico de luz artificial, utilizado en los sistemas denominados cultivos verticales, para que permitan un pronto desarrollo del cultivo, basados en las investigaciones en donde los cultivos cuenten con nutrientes y propiedades adecuadas para el consumo humano y a un bajo costo de producción.

La implementación del sistema de visión artificial será de gran ayuda porque permite el seguimiento del cultivo y por medio de las técnicas de OpenCV. Así se podrá verificar la eficacia de las nuevas tecnologías de cultivos y si es conveniente utilizarlas en la agricultura actual.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo empleando visión artificial para cultivos de luz artificial

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Examinar el estado del arte sobre luz artificial aplicada en cultivos.
- ✓ Establecer las características de diseño de un sistema electrónico de cultivo de vertical y la aplicación de luz artificial
- ✓ Seleccionar un sistema de control de longitud de onda para luz artificial
- ✓ Análisis de la eficacia del prototipo aplicando visión artificial

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1 Estado del arte

El presente plan de titulación se centró en la creación de dos prototipos de sistemas de cultivos verticales, uno con un sistema de control de luz artificial y visión artificial, y otro con luz natural y visión artificial que fueron utilizados para el proceso de cultivo de lechugas. En la actualidad existen diversas investigaciones en donde se demuestran las ventajas de este tipo de tecnología de cultivo, como es el incremento de nutrientes, mejores productos, aumento del tamaño de los productos; satisfaciendo así las necesidades de los clientes a un bajo precio, en este caso se utilizó un sistema de visión artificial que controló el crecimiento del cultivo.

Yesid Ramos, en el artículo científico “Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores – Vertical Farming (VF)” afirman que la iluminación LED proporciona a la planta la luz necesaria para poder crecer, complementan la luz en días donde no se observe la presencia de luz solar ampliando el periodo de luz con el fin de ayudar al crecimiento y la floración (Ramos Gonzalías & Ramírez Lasso, 2016). Realiza un estudio aplicando iluminación LED en relación a las mismas horas de luz solar para comprobar la eficacia del prototipo sin embargo se pueden expandir estos periodos de tiempo y verificar mediante visión artificial el progreso de crecimiento de la planta.

Devesh Singh, en su publicación “LEDs for Energy Efficient Greenhouse Lighting” sugiere la utilización de tecnología LED para reemplazar el uso de las lámparas tradicionales utilizadas para los cultivos mediante luz artificial por los costes de energía, conmutación rápida, funcionamiento en estado estable, alta eficiencia cuántica, reducción de estrés por calor en las plantas, reducción de mantenimiento (Singh et al., 2015). En la mencionada publicación se presentan varios análisis de plantas de diferentes estudios relacionados a la luz artificial en diferentes longitudes de ondas aplicadas a plantas y diferentes tiempos de exposición. Con esta información se puede aplicar visión artificial para el control de desarrollo completo de la planta aplicando tiempos de exposición y longitudes de ondas.

Basil Mohammed Al-Hadithi en su trabajo publicado “Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos” desarrolla un prototipo de sistema automatizado controlado por LabVIEW y una tarjeta inteligente en donde mediante un proceso de control predictivo y PD controla el crecimiento del cultivo a través de la intensidad lumínica suministrada (Al-Hadithi et al., 2016). Este control no fue probado en cultivos o plantas reales sin embargo se lo puede utilizar para realizar estudios con cultivos reales.

Escarabajal-Henarejos en su investigación “Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce” controla el sistema de riego de cultivos de lechugas en función del crecimiento a través de comparación de fotografías realizadas en un software pagado para realizar la segmentación de imágenes para su posterior comparación (Escarabajal-Henarejos et al., 2015). En este caso se puede realizar la comparación de imágenes mediante una segmentación en una plataforma open Source y en software libre para tener un libre acceso a la información y procesarla.

En el trabajo publicado de B. Naragasu titulado “Automatic irrigation and worm detection for peanut field using Raspberry pi with OpenCV” desarrolla un sistema de riego automático y un sistema de monitoreo de hojas secas utilizando la técnica de histograma de color y de borde de OpenCV con el cual determina si es necesario retirar las hojas secas del suelo y a parte detectar gusanos que podrían dañar el cultivo (Nagarasu & Manimegalai, 2017). Estas técnicas se pueden aplicar en la investigación para realizar una segmentación del cultivo y determinar la dimensión de las hojas del cultivo y comprobar la eficacia del sistema LED.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Cultivos Verticales (Vertical Farming)

Es un sistema de producción de frutas y vegetales para producir cosechas en calidad y cantidad garantizada independiente del clima y del suelo. Los factores, tales como luz, temperatura, humedad, agua se controlan con precisión para la producción, además de ser independientes de la luz solar y otras condiciones exteriores, y que puede funcionar correctamente sin pesticidas y herbicidas mediante la adopción de un alto nivel de higiene en conjunto con el monitoreo continuo del cultivo. En resumen, permite modificación genética ambiental para mejorar la productividad y la calidad de las plantas (Sharathkumar et al., n.d.).

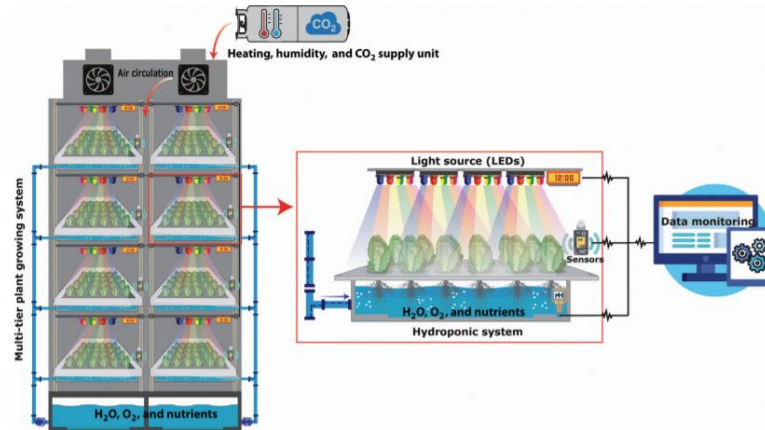


Figura 2-1 Diseño de un cultivo vertical (Sharathkumar et al., n.d.).

Los estudios realizados sobre el potencial de rendimiento, la calidad de los cultivos, la eficiencia energética y otros parámetros de los sistemas son escasos para determinar su potencial y la gama de cultivos son limitadas a verduras pequeñas y hojas de ensaladas en donde estos cultivos también tienden a mostrar un crecimiento rápido y un período de tiempo corto desde la germinación hasta la cosecha, lo que aumenta la cantidad de cultivos que se pueden producir en una temporada y maximiza aún más la rentabilidad. Los costos de puesta en marcha de los sistemas VF se consideran una limitación importante, y la selección del sitio es de gran importancia, se ha estimado que la instalación de un invernadero en la azotea requiere una inversión mínima tres veces mayor que la de un invernadero convencional en el suelo debido a la adaptación del edificio. Los cultivos verticales requieren un enfoque técnico combinado de factores que incluyen la iluminación, el sistema de cultivo, la nutrición de los cultivos, la eficiencia energética, la construcción y la selección del sitio (Beacham et al., 2019).

Cuatro consideraciones principales se deben tomar en cuenta al iniciar y mantener una granja vertical de interior. La agricultura vertical interior es la práctica de producir alimentos en un ambiente controlado con iluminación artificial. Esta técnica tiene como objetivo maximizar la producción de cultivos en espacios limitados independientemente de las condiciones climáticas. Las cuatro consideraciones principales al iniciar y mantener una granja vertical de interior son la técnica de cultivo, el tipo de cultivo, la tecnología y la ubicación.

Existen principalmente cuatro tipos diferentes de cultivo: en suelo, hidroponía, acuaponía y aeroponía.

Cultivo en el suelo

El suelo proporciona a las plantas nutrientes primarios, retiene bien la humedad y también puede proporcionar aireación, sin embargo requiere un alto grado de conocimiento en manejo de campo, fertilización y manejo de plagas, dependiendo del tipo de suelo. “El suelo, compuesto por agua, aire, material inorgánico y materia orgánica”(de Lima Holzmann, n.d.).

Hidroponía

Es el cultivo de plantas sin suelo como medio, mientras se proporciona agua y nutrientes. Las plantas se mantienen en macetas de red o en medios químicamente inertes como gránulos de arcilla, perlita, lana de roca, etc. Las raíces pueden suspenderse en solución todo el tiempo o alimentarse con un flujo de solución enriquecida con minerales nutritivos (Garrido, 2017).

Puede reducir en gran medida la pérdida de agua por evaporación no obstante el costo de los nutrientes y la electricidad son más altos en comparación con el cultivo en suelo (Beacham et al., 2019).

Aeroponía

La aeroponía es una variante de la hidroponía e implica el cultivo de plantas en un aire o niebla que se rocía sobre sus raíces varias veces por hora sustancias nutritivas para su adecuado crecimiento. Proporciona una mejor aireación a las raíces para que las plantas crezcan más rápido. Este tipo de cultivo requeriría tecnología de detección de precisión y un régimen de dosificación estricto (Hernández Salamanca & Piñeros Muñoz, 2013).

Acuaponía

La acuaponía es el cultivo de plantas y peces juntos en un sistema. La entrada de nutrientes para este sistema es alimentando a los peces y convirtiendo los desechos (sometidos a un sistema de filtrado y procesos biológicos) en nutrientes para las plantas. Esto requerirá una amplia base de conocimientos en hidroponía, acuicultura y mantenimiento de microbios y niveles de nutrientes (Candarle, 2015).

2.2.2 Tecnologías en Cultivos Verticales

Luces LED

A diferencia de los invernaderos, las plantas que crecen en el interior dependen exclusivamente del sistema de iluminación artificial para su crecimiento (Sharathkumar et al., n.d.).

Las fuentes de iluminación basadas en diodos emisores de luz (LED) se consideran las más eficientes y prometedoras entre las fuentes de iluminación artificial (Berkovich et al., 2017).

Los LED rojos tienen un gran potencial para su uso como fuente de luz para impulsar la fotosíntesis, sin embargo, las plantas están adaptadas para utilizar un amplio espectro de luz para controlar la fotomorfogénesis (Mackowiak et al., 2001).

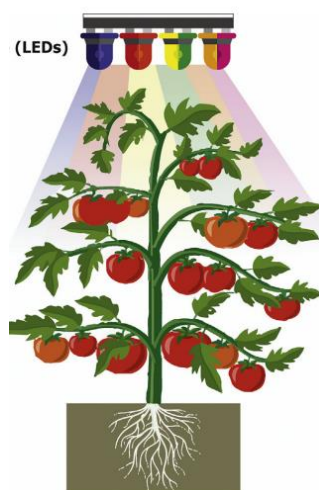


Figura 2-2 Tecnología LED en cultivos (Sharathkumar et al., n.d.).

Sensores y Actuadores

Se utilizan para recopilar información sobre los atributos físicos y ambientales, mientras que los actuadores se emplean para reaccionar ante la retroalimentación para tener control sobre las situaciones (Aqeel-Ur-Rehman et al., 2014). Se puede apreciar en la Figura 2-1 Diseño de un cultivo vertical (Sharathkumar et al., n.d.).

Los sensores hacen que la agricultura moderna sea más eficiente y sin complicaciones, es un paso más cerca de hacer que la agricultura sea autodependiente y libre de la interacción humana (Ratnaparkhi et al., 2020).

Automatización

La mejora en el rendimiento de los cultivos al realizar mejores decisiones de gestión en el campo, la reducción de los costos de fertilizantes y productos químicos y una aplicación más eficiente a través de la automatización, permiten registros agrícolas más precisos, aumentan el margen de ganancias y pueden reducir la contaminación (Sahu et al., 2019).

2.2.3 Tipos de Cultivos

Según el ministerio de agricultura ganadería y pesca los cultivos transitorios en la provincia de Tungurahua son tubérculos, hortalizas mientras que los permanentes de frutas propias de la región sierra (Ministerio de agricultura ganadería y pesca, 2016).

Tabla 2-1 Tipos de cultivos en la provincia de Tungurahua (Ministerio de agricultura ganadería y pesca, 2016).

Tipo	Cotopaxi	Tungurahua	Chimborazo	Pastaza
Permanentes	Caña de azúcar para azúcar, cacao, caña de azúcar otros usos, banano, plátano, naranja, orito, palma africana, palmito, café, limón, mora, tomate de árbol, rosa	Café, tomate de árbol, cacao, pera, café, uvilla, mora, banano, aguacate, durazno, guayaba, manzana, mandarina, naranja, babaco, claudia	Banano, cacao, naranja, palma africana, mandarina, plátano, caña de azúcar, orito, café, mora, manzana, tomate de árbol, rábano,	Caña de azúcar, plátano, cacao, naranjilla, orito, mamey, piña, toronja, caña de azúcar otros usos
Transitorios	Maíz suave seco, arroz, brócoli, cebada, papa, maíz suave choco, yuca, maíz duro seco, fréjol, cebolla blanca, soya, haba, chocho	Maíz suave choco, papa, fréjol, haba, tomate de riñón, tabaco, maíz duro seco, cebada, cebolla blanca, cebolla colorada, avena, acelga, coliflor, arveja	Papa, maíz duro seco, cebada, maíz suave choco, haba, yuca, fréjol, arroz, tomate de riñón, zanahoria amarilla, chocho, trigo, soya	Yuca, maíz duro seco, papa china, maíz duro, camote, maíz suave seco, papa, zanahoria amarilla, arveja, , cebada, tomate riñón.

2.2.4 Ubicación

Tungurahua se encuentra ubicada en la zona 3 en donde el potencial para la actividad agropecuaria es del 77% y del cual el 11% de destina a la agricultura.

Tabla 2-2 Potencial para actividad agropecuaria (Ministerio de agricultura ganadería y pesca, 2016).

Zona 3	Aptitud agrícola		Aptitud forestal		Aptitud para pastos		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
T. Zona 3	522.404	11%	2'429.153	53%	571.417	12%	3'522.975	77%
Cotopaxi	151.460	25%	193.581	32%	76.841	13%	421.882	70%
Tungurahua	48.752	14%	89.573	26%	51.701	15%	190.026	56%
Chimborazo	59.150	9%	327.406	50%	95.506	15%	482.062	74%
Pastaza	263.042	9%	1'818.594	61%	347.369	12%	2'429.005	81%

2.2.5 Hardware

Arduino Mega

Arduino desarrolla hardware con todas las facilidades necesarias para la construcción de proyectos interactivos cuenta con una variedad de implementos, proyectos y manuales que facilitan el diseño y construcción de un proyecto (Novillo-Vicuña et al., 2018).

“Es la placa con mayor cantidad de E/S permite el desarrollo de circuitos complejos, y a su vez ofrece soporte para implementos desarrollados para Arduino”(Novillo-Vicuña et al., 2018).

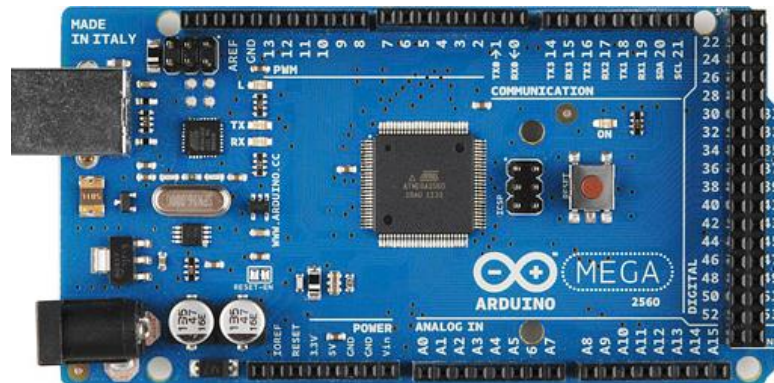


Figura 2-3 Arduino Mega (Novillo-Vicuña et al., 2018).

Arduino nano

Está construido con un microcontrolador ATmega32 con su característica primordial de ser de un tamaño reducido ideal para proyectos pequeños sin mucha complejidad (Novillo-Vicuña et al., 2018).

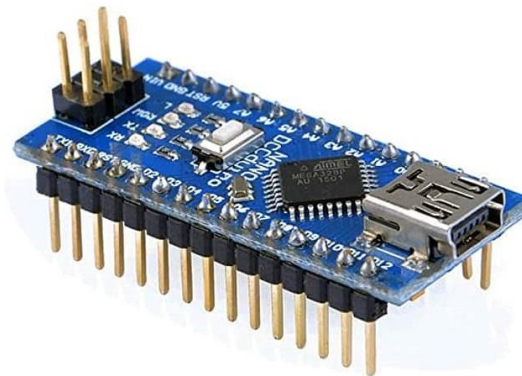


Figura 2-4 Arduino Nano

Raspberry

Es el conjunto de componentes de un nano ordenador, para dar funcionamiento a un sistema operativo Linux, cuenta con un procesador, memorias, unidades de entrada/salida y una interfaz de red y video para dar funcionalidad a infinidad de proyectos y desarrollo de software mediante el lenguaje de programación python (Mocq, 2017).



Figura 2-5 Raspberry (Holton & Fratangelo, n.d.).

Inversor de carga DC-DC (BUCK)

La impedancia de entrada del convertidor DC/DC debe adaptarse para obligar al generador fotovoltaico a trabajar en el punto de máxima potencia; la salida del convertidor también debe adaptarse a las características específicas de la carga y el convertidor DC/DC puede generar un voltaje de salida de DC variable a partir de un voltaje de entrada de DC nominalmente fijo (Castañer & Silvestre, 2006).

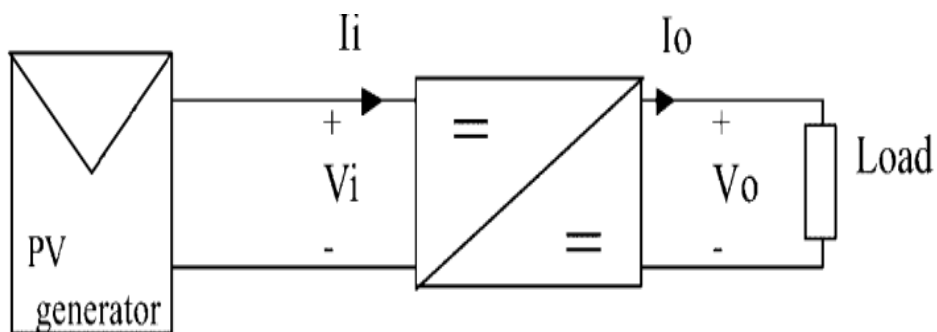


Figura 2-6 Inversor de carga DC-DC (buck)(Castañer & Silvestre, 2006).

Módulo Detector de Cruce por Cero

Por medio del procesador de un Arduino o Raspberry conectado con un circuito integrado de bajo costo se puede regular la intensidad de corriente para controlar corriente alterna mediante un relé electromecánico o un relé de estado sólido o un amplificador operacional o un optoacoplador (*Detector de Cruce Por Cero Con Arduino y Optoacoplador H11AA1*, n.d.).



Figura 2-7 Módulo detector de cruce por cero(*Módulo Dimmer AC 220V/2A*, n.d.)

2.2.6 Software

Arduino IDE

Es un entorno de programación que contiene un conjunto de herramientas de programación que permite escribir código y cargarlo en las placas de desarrollo de Arduino, contiene un editor de código además de un compilador y un depurador como se puede apreciar en la Figura 2-8 (*IDE – Aprendiendo Arduino*, n.d.).

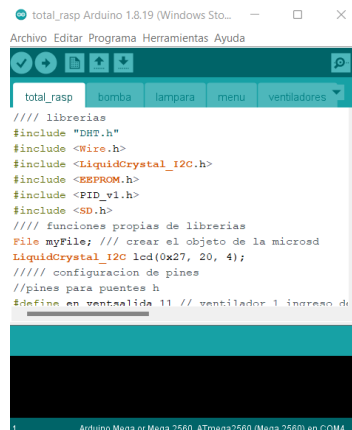


Figura 2-8 Interfaz de Arduino IDE

Fuente: Autor

Phyton

Es uno de los lenguajes de programación, orientado a objetos, más potentes que existen para el desarrollo de aplicaciones en diferentes áreas, además que el intérprete de python es compatible con ciertos tipos de funciones y datos implementados en C (*El Tutorial de Python — Documentación de Python - 3.10.2*, n.d.).

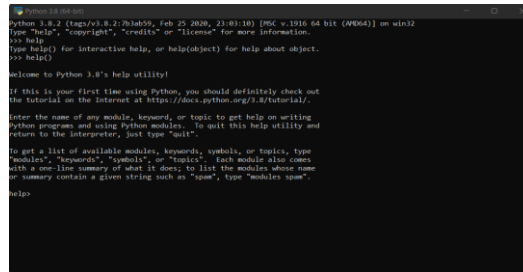


Figura 2-9 Interfaz de Python en Windows

Fuente: Autor

Thonny python IDE

Es un nuevo IDE de Python para aprender y enseñar programación, entre sus características destacadas se encuentran diferentes formas de recorrer el código paso a paso, evaluación de expresiones paso a paso, visualización intuitiva de la pila de llamadas y modo para explicar los conceptos de referencias (Annamaa, 2015).

El editor de Thonny es compatible con las características estándar de IDE, como coloración de sintaxis, finalización de código, coincidencia de paréntesis, sangría automática, sangría/eliminación de sangría de bloque, comentario de bloque y descomentación, y es posible cambiar entre varios archivos abiertos en diferentes pestañas (Annamaa, 2015).

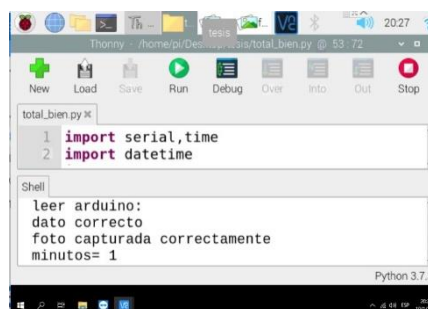


Figura 2-10 Interfaz de Thonny Python en Raspberry

Fuente: Autor

OpenCV-Python

Es una biblioteca de software para solucionar problemas de visión de computadora en código abierto (OpenCV: OpenCV-Python Tutorials, n.d.).

Podríamos usarlo en un editor de fotos o videos, un juego controlado por movimiento, la IA (Inteligencia Artificial) de un robot o un experimento de psicología en el que registramos los movimientos oculares de los participantes (Howse, 2013).

Tiene varios cientos de algoritmos de visión artificial. La API de OpenCV permite la asignación y desasignación automática de memoria. Esto reduce la cantidad de complejidades de programación para los programadores. OpenCVPython es una integración de OpenCV con el lenguaje de programación Python. La sintaxis de Python es simple y fácil de usar. Hace énfasis en la legibilidad y utiliza palabras clave estándar. OpenCV-Python proporciona una infraestructura común para las aplicaciones de visión por computadora y para acelerar el uso de la percepción de la máquina en los productos comerciales. OpenCV-Python se enfoca principalmente en el procesamiento de imágenes en tiempo real (Binti et al., n.d.).

Entre las librerías más importantes de OpenCV se tiene

NumPy: Esta es una dependencia de los enlaces de Python de OpenCV. Proporciona funcionalidad de computación numérica, incluidas matrices eficientes y es una biblioteca optimizada para cálculos de matrices rápidos

SciPy: Esta es una biblioteca de computación científica que está estrechamente relacionada con NumPy. OpenCV no lo requiere, pero es útil para manipular los datos en las imágenes de OpenCV

OpenNI: Esta es una dependencia opcional de OpenCV. Agrega soporte para ciertas cámaras de profundidad, como Asus XtionPRO

SensorKinect: Este es un complemento de OpenNI y una dependencia opcional de OpenCV. Agrega soporte para la cámara de profundidad Microsoft Kinect (Howse, 2013).

La mayor parte de la funcionalidad de OpenCV que usamos está en el módulo cv2.

El soporte de Numpy facilita la tarea. Numpy una biblioteca altamente optimizada para operaciones numéricas. Proporciona una sintaxis de estilo MATLAB. Todas las estructuras de arreglos de OpenCV se convierten a y desde arreglos Numpy

independientemente de las operaciones que pueda hacer en Numpy (Mordvintsev, 2017).

Por convención, en Python, las variables que tienen un prefijo con un solo guión bajo deben tratarse como protegido (solo se accede dentro de la clase y sus subclases), mientras que las variables que tienen el prefijo con un doble guión bajo deben tratarse como privado (solo se accede dentro de la clase) (Howse, 2013).

Lectura/escritura de un archivo de imagen

Proporciona funciones que admiten varios formatos de archivo para imágenes fijas a través de las líneas de código:

```
imread()  
  
imwrite()
```

Y para mostrar una imagen en una ventana se utiliza `cv2.imshow()` y se lo puede ocupar con el siguiente código:

```
cv2.imshow('image', img)  
cv2.waitKey(0)  
cv2.destroyAllWindows()
```

A continuación, se muestra un código que permite el cambio de formato de imagen

```
import cv2  
  
image = cv2.imread('MyPic.png')  
cv2.imwrite('MyPic.jpg', image)
```

Captura de Frames (imágenes) de cámaras

Un flujo de cuadros de cámara y su captura de imágenes está representado por:

```
cameraCapture = cv2.VideoCapture(0)
```

Dibujar un polígono en base a coordenadas de los píxeles

Para dibujar un polígono, primero se requiere de las coordenadas de los vértices y que convierta esos puntos en una matriz de formas FILASx1x2 donde FILAS son el número de vértices y debe ser de tipo int32 o depende de la necesidad del usuario:

```
pts = np.array([[10,5],[20,30],[70,20],[50,10]], np.int32)
```

Detección de Borde con Canny

Es un algoritmo que permite la detección de bordes y su estructura es de la siguiente manera:

```
canny = cv2.Canny(mascara_verde1, 10,150) ## buscar contornos de la figura
```

Erosión

Erosiona los límites del objeto en primer plano como se indica en la Figura 2-11, un píxel en la imagen original (ya sea 1 o 0) se considerará 1 solo si todos los píxeles debajo del núcleo son 1; de lo contrario, se erosiona (se hace cero) como se muestra en la Figura 2-12.



Figura 2-11 Objeto en primer plano (Mordvintsev, 2017).



Figura 2-12 Objeto aplicado el método de erosión (Mordvintsev, 2017).

Dilatación

Un elemento de píxel es '1' si al menos un píxel debajo del kernel es '1' , es justo lo contrario de la erosión y es útil para unir partes rotas de un objeto como se puede visualizar en la Figura 2-13



Figura 2-13 Objeto aplicado el método de dilatación (Mordvintsev, 2017).

Encontrar los contornos de una Imagen

Los contornos se pueden explicar simplemente como una curva que une todos los puntos continuos (a lo largo del límite), que tienen el mismo color o intensidad (Mordvintsev, 2017).

2.2.7 Sistema de aspersión

Sistema de aspersión de agua

Sistema de aspersión es un conjunto de mangueras y goteros mediante los cuales se produce un riego continuo de agua los cuales pueden ser regulados mediante la necesidad del usuario.



Figura 2-14 Sistema de Aspersión de Agua

Fuente: Autor

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

El presente trabajo de desarrollo fue realizado en la provincia de Tungurahua específicamente en el cantón Ambato ubicado a una altitud de 2580 msnm con una temperatura promedio de 9° a 20° Centígrados.

3.2 Equipos y materiales

El proyecto de desarrollo fue realizado con componentes de hardware y software libre sin embargo se utilizaron otros dispositivos electrónicos que fueron acondicionados para su correcto funcionamiento como se detalla en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Equipos y Materiales

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
2	Arduino mega pro Embed
4	Tubos cuadrados de Metal 3 metros
2	Web Cam 720p
2	Raspberry Pi 3 B +
2	Módulos Dimmer de 15A
2	DTH22
1	Lampara LED de crecimiento de plantas
1	Led luz Roja Azul
2	Sensores de LUZ OPT101
4	Puentes H TB6612
1	Inversor DC-DC Buck
2	Arduinos nano
2	Bombas de agua
3	Módulos relé de 1 canal
2	LCD 20x4 con I2C
4	Sensores de Humedad pequeños
2	Adaptadores de corriente de 5v 3A
2	Módulos micro sd CARD
4	Ventiladores de 8x8cm
2	Ventiladores de 4x4cm
2	Fuentes de Poder
1	Placa de fibra de vidrio 30x20
6	Espadines dobles para arduino Mega
1	Espadin 40 tipo L
4	Espadines rectos para Arduino nano y TB6612
6	Conectores Hembra /macho
0,50	Metro de cable Dupont 16 hilos

0,50	Metro de cable Dupont 24 hilos
16	Metros de cable utp cat 5E
10	Metros de cable violeta
2	Metros de cable amarillo
4	Metro de cable rojo
4	Metros de cable negro
4	Cables de Arduino 20cm
1	Bornera eléctrica
6	Molex de 3 pines
10	Molex de 4 pines
12	Molex de 2 pines
4	Molex de 6 pines
2	Molex de 7 pines
10	Resistencias
10	Pulsadores
2	Swicht de palanca
1	Rollo de velcro blanco
1	Juego de 40 tornillos y rodelas
1	Cemento de contacto
1	Kit de implementos de sistema de agua
1	Trasporte gasolina
1	Tornillo de 8cm
3	Rodelas y tornillos varios tamaños
2	Planchas MDF 244x213,5
8	Tuercas
3	Tornillos 3 cm
1	Tornillo sin fin
1	Canaleta plástica 1 metro
2	Plástico transparente
1	Tubos de silicona Fría
1	Tubo de permatex
1	Saco de tierra preparada
2	Calefactores pequeños

Fuente: Autor

3.3 Tipo de investigación

3.3.1 Tipo de investigación Cuantitativa

Se cuantificará en registros el desarrollo del cultivo con luz natural y otro cultivo con luz artificial para constatar la eficacia de la tecnología.

3.3.2 Diseño Metodológico Diseño Cuasi-Experimental

La elaboración de un prototipo es necesario para analizar la funcionalidad de la luz artificial a la de la luz natural y comprobar el crecimiento del cultivo.

3.4 Población y Muestra

El proyecto de desarrollo tiene características experimentales por lo que no es necesaria el cálculo de población y muestra

3.5 Recolección de información

Para recolectar la información se consideraron los siguientes pasos:

- Adquisición de las imágenes mediante de la captura de imágenes automatizada mediante la utilización de visión artificial y Opencv.
- Filtrado de imágenes para realizar la elección en base a las condiciones similares de los prototipos. En este caso se consideraron a la hora, la temperatura y la humedad que se deben tomar cuenta para el registro de datos.
- Aplicación de las técnicas de dilatación, erosión, búsqueda de contornos, aplicación de filtros y finalmente extraer el área de los contornos de las plantas y evaluar su crecimiento.

3.6 Procesamiento de la información y análisis estadístico

La puesta en marcha del prototipo proporciona variables de estudio como son

- La humedad del suelo.
- La temperatura a la exposición de la luz natural y la artificial.
- La luminosidad proporcionada a las diferentes exposiciones de luz.
- El área de los contornos de las plantas estudiadas.

Al analizar estos datos, se pueden realizar tablas comparativas de crecimiento y rendimiento de los sistemas para constatar la eficacia

3.7 Variables respuesta o resultados esperados

3.7.1 Variable Independiente

Desarrollo de un prototipo empleando visión artificial para cultivos de luz artificial

3.7.2 Variable Dependiente

Verificación de crecimiento del cultivo

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Introducción

El desarrollo final del prototipo fue el resultado de un proceso de investigación profunda que se lo ha dividido en tres etapas fundamentales como se muestra en la Figura 4-1



Figura 4-1 Proceso de desarrollo del prototipo

Fuente: Autor

En la primera etapa del prototipo se investigaron los requerimientos técnicos mediante un análisis bibliográfico de los diferentes componentes que debe contar un cultivo vertical para poder realizar un diseño propio, en base a un algoritmo de funcionamiento desarrollado por el investigador de este proyecto de desarrollo.

La segunda etapa se centró en la construcción con los resultados expuestos en la primera etapa para la implementación de los diferentes componentes con los que debe contar el prototipo, las simulaciones de hardware y software para finalmente realizar la puesta en marcha y corrección de errores de funcionamiento.

La tercera etapa se centra en los resultados de funcionamiento del prototipo en donde se observa el crecimiento continuo de las plantas y la recolección de datos en base a una programación realizada en OpenCV, además de una correlación de los dos prototipos y el análisis final de las tablas de datos recogidos a lo largo del funcionamiento de los mismos.

4.2 Primera Etapa: Análisis de requerimientos técnicos del prototipo

Los sistemas de cultivos verticales están basados en cultivos de precisión en donde se controlan todas sus variables como son:

- ✓ El clima
- ✓ La humedad
- ✓ La luminosidad

- ✓ La cantidad de nutrientes

Sin embargo, en el presente proyecto existe una variable más que es el “control de crecimiento”. La técnica eficiente es la utilización de visión artificial con el objetivo que en el prototipo no tenga que intervenir la mano del hombre y que simplemente se rija a controlarlo cuando exista algún inconveniente mediante alertas programadas y el sistema de visión artificial integrado para constatar su crecimiento adecuado.

4.2.1 Control de clima

Los dos prototipos deben contar con las mismas especificaciones en este caso la temperatura, la cual se controla por medio de ventiladores y también una fuente de calor interna que se controla por medio de un control PID el cual se encarga de llevar la temperatura al punto establecido.

4.2.2 Control de humedad

La humedad influye primordialmente en el crecimiento de las plantas. Cada una de las plantas tiene un requerimiento de humedad promedio de crecimiento y dependiendo del objeto de estudio a elección se tiene que establecer el nivel de la humedad.

4.2.3 Control de luminosidad

La luminosidad tiene que ser controlada para que provea la longitud de onda adecuada y los lúmenes correctos para el desarrollo de las plantas, por lo cual es necesario el uso de sensores especiales que ayuden a controlar que la longitud de onda sea la correcta y pueda funcionar el prototipo de la manera más adecuada.

4.2.4 Nutrientes

Las plantas necesitan cierta cantidad de nutrientes para su correcto desarrollo, por lo cual se debe realizar un pequeño análisis en base a la experiencia de agricultores y dueños de viveros en donde explican la manera en la que estos deben agregarse al cultivo, en este caso se lo debe aplicar directamente al agua para que el prototipo realice un riego en base a las necesidades de los objetos de estudio.

4.2.5 Control de crecimiento

Las nuevas técnicas de visión artificial son necesarias para poder realizar este proceso debido a que los prototipos deben estar sellados y solamente abiertos para su cosecha y deben contar con un dispositivo de captura de imágenes que sirva para que una

microcomputadora realice un análisis de las fotografías y se indique si hay problemas o no en el crecimiento que será explicada de mejor manera en la etapa de recolección de datos.

4.2.6 Análisis requerimientos del prototipo

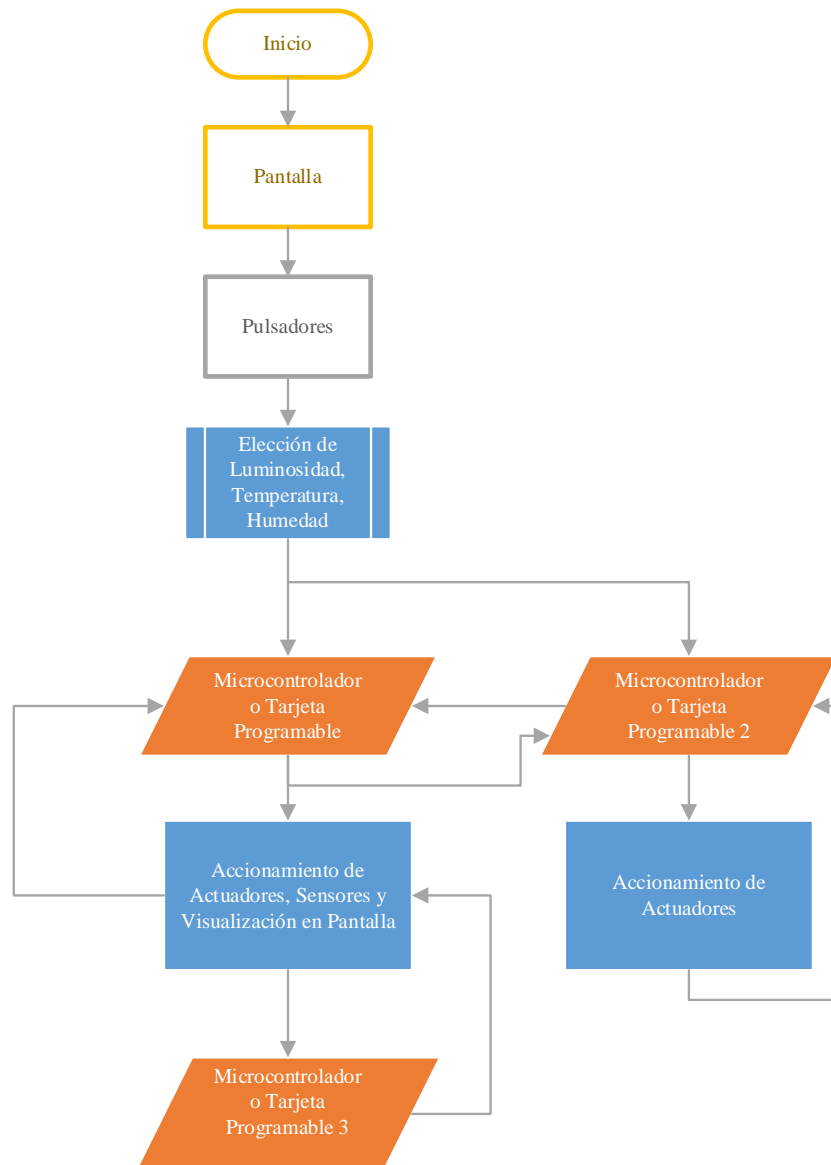


Figura 4-2 Requerimientos del prototipo

Fuente: Autor

- ✓ Un centro de control constituido por una pantalla que muestre el estado del proceso es indispensable además de proporcionar información en tiempo real de lo que suceda.
- ✓ Los teclados de membrana suelen dañarse con el tiempo por lo que se ha optado por una serie de botoneras que nos ayudan a la elección de la

temperatura, humedad y luminosidad que se debe precargar al dispositivo antes de su funcionamiento, sin embargo, puede ya estar definida una rutina de funcionamiento.

- ✓ Para controlar el sistema de control de temperatura, luminosidad y humedad es necesaria una tarjeta programable que cuente con la mayor cantidad de entradas, salidas y memoria.
- ✓ Para el sistema de visión artificial es necesaria una tarjeta inteligente compatible con el lenguaje de programación en Python y OpenCV siendo la mejor alternativa una Raspberry Pi que es una microcomputadora compatible hasta con la interfaz de una webcam necesaria para el proceso de visión artificial además de emitir las alertas del sistema en caso de fallo.
- ✓ Para tener un mejor registro de datos se ha optado por integrar un data logger que cada cierto tiempo registre los valores de humedad, temperatura y luminosidad y como es independiente del proceso, para no sobrecargar el dispositivo principal, es necesario otra tarjeta programable.

4.2.7 Elección de componentes para el control de clima

Ventilador para flujo de aire que ingresa al prototipo

Los ventiladores son primordiales para el control de la temperatura, por lo cual se han tomado en cuenta tres aspectos fundamentales que son el consumo de corriente, voltaje y el flujo de aire (Pies Cúbicos por Minuto) que ingresan al sistema como se muestra en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Características técnicas de ventiladores para ingreso de flujo de aire

Características Técnicas	Tipos de Ventiladores		
	DC FAN 8025	TACENS	ANERA
Tamaño	80x80x25 mm	80x80x25 mm	80x80x25 mm
Flujo de Aire	26.03 CFM	30.5 CFM	28.5 CFM
Alimentación	12 V DC	12 V DC	12 V DC
Consumo de Corriente	0.2 A	0.12 A	0.14 A
Velocidad	2200 RPM	1800 RPM	1900 RPM
Número de Pines	3	3	3

Fuente: Autor

La mejor alternativa fue la tercera de la marca ANERA que proporciona el suficiente flujo de aire con un menor consumo de corriente.

Ventilador para flujo de aire que se expulsa del prototipo

Es necesario contar con un ventilador de mayor potencia en caso de que se necesite mayor ventilación para los días calurosos con lo que en este punto se necesita contar con un mayor CFM (Pies Cúbicos por Minuto). En la Tabla 4-2 se presenta la mejor opción.

Tabla 4-2 Ventilador para expulsión de flujo de aire en el prototipo

Características Técnicas	TFB0612GHE
	Tamaño
Flujo de Aire	64.31 CFM
Alimentación	12 V DC
Consumo de Corriente	1.68 A
Velocidad	10000 RPM
Número de Pines	3

Fuente: Autor

La opción escogida fue el ventilador cuya serie es TFB0612GHE ya que cumple con las condiciones de flujo de aire necesarias, está disponible en el país **Anexo 1**.

Emisor de calor

Para la entrada de calor al prototipo se ha optado por la compra de un calefactor controlador por un circuito de cruce por cero, las características en las que se ha hecho énfasis es en el consumo de energía y la posibilidad de acople a un circuito controlado por una tarjeta inteligente. En la Tabla 4-3 se pueden observar los calefactores disponibles en Ecuador.

Tabla 4-3 Calefactores disponibles y Características

Características Técnicas	Calefactores Disponibles		
	Handy Heater	Portable Heater	Vasser
Tamaño	160x100x90 mm	165x115x95 mm	165x115x95 mm
Flujo de Aire	6.03 CFM	-----	15 CFM
Alimentación	110 V AC	110 V AC	110 V AC
Consumo de Energía	400 W	1000 W	400 W
Precio	\$ 12	\$ 15	\$ 30
Posibilidad de Acople	Si	Si	Si

Fuente: Autor

Para el control del dispositivo, es necesario de un circuito de control, en este caso se utilizó un circuito de cruce por cero de una lista que se presenta en la Tabla 4-4 **Anexo 2**.

Tabla 4-4 Dimmers Disponibles en Ecuador

Características Técnicas	Circuito de Cruce Por Cero		
	BTA16	Dimmer Arduino	Dimmer Regulador AC
Diseño	Compuesto por optoacoplador	Compuesto por optoacoplador y 4N25	Compuesto por SCR TRIAC
Alimentación	600 V AC / 3.3 – 5 V DC	110 - 220 V AC / 3.3 – 5 V DC	50 - 220 V AC
Corriente	16 A	5 A	5 A
PWM	Si	Si	no
Número de Pines	4	4	4

Fuente: Autor

El circuito seleccionado para realizar la función de control de calor por medio de PWM fue el dimmer Arduino porque cuenta con las características de funcionamiento ideales para el prototipo **Anexo 3**.

Temperatura y Humedad Ambiente

La temperatura es uno de los factores fundamentales para el correcto funcionamiento del prototipo para lo cual se han investigado diferentes opciones que se presentan en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5 Sensores de Temperatura y Humedad

Características Técnicas	DTH21	DTH11
	Tamaño	14X18X5.5 mm
Error	1%	2%
Alimentación	3.3 a 6 V DC	3 a 5 V DC
Rango de Temperatura	-40 a 80 °c	0 a 50 °c
Rango de Humedad	0 – 100%	20-80%
Numero de Pines	4	4

Fuente: Autor

El sensor DTH21 tiene el error más bajo y el rango más alto de funcionamiento por lo que fue seleccionado **Anexo 4**.

4.2.8 Elección de Componentes para luz artificial y su control

Lámpara Led para Cultivo

Según la información disponible en las diferentes fuentes bibliográficas para el desarrollo de cultivos se necesitan lámparas de crecimiento que proporcionen espectros de luz específicos para lo cual se ha realizado la importación de dos dispositivos que se pueden apreciar en la Tabla 4-6

Tabla 4-6 Lámparas Leds

Características Técnicas	Lámparas Led	
	GIIXER	LED Grow Light
Tamaño	310x210x6 mm	130x130x135 mm
Leds	32 Leds Rojos 8 Leds Azules 20 Leds Blancos	130 Leds Blancos 15 Leds Blancos cálidos 5 Leds Rojos Lejanos
Alimentación	110 V AC	110 V AC
Consumo de Energía	600 W	100 W
Precio	\$ 70	\$ 40
Longitudes de Onda	Rojo (620-630 nm, 655-660 nm) Azul (440-450 nm, 450-460 nm) Naranja (605-610nm) Blanco (300 K-6500 K)	Morado (380-400nm) Azul (400-499 nm) Verde (500-599 nm) Rojo (600-699nm)

Fuente: Autor

La elección fue la lámpara de crecimiento GIIXER porque tiene un mayor rango de funcionamiento y cubre un espacio mayor **Anexo 5**.

Circuito Inversor DC/DC para control de la longitud de onda de los Leds

El control de la longitud de onda debe estar controlado por medio de un circuito Buck – Boss o más conocido como inversor DC/DC para el correcto funcionamiento del circuito debido a que se realiza un control de Leds en DC. En la Tabla 4-7 se presentan los circuitos encontrados:

Tabla 4-7 Circuitos Buck-Boost

Características Técnicas	Circuitos Buck-Boost		
	Drock Dc	H0de	GOLD-38
Tamaño	146 x 109 x 88 mm	60x53x22 mm	110x50x15mm
Potencia Máxima de Salida	720 W	240 W	260 w
Alimentación	10 a 65 V DC	5 a 30 V DC	10 a 28 V DC
Amperaje	12 A	8 A	10 A
Voltaje de Salida	24 – 12-5 V DC	5 V DC	8 a 165 V DC
PWM	NO	NO	SI

Fuente: Autor

El circuito de la marca GOLD-38 proporciona un control PWM con el cual se puede regular la entrada de corriente y voltaje a los diodos con los cuales se puede observar un control preciso de luminosidad **Anexo 6**.

Sensor de luminosidad

Para asegurarnos del correcto funcionamiento del control de luminosidad fue necesaria la implementación de un sensor que realice la tarea de proporcionarnos la información del índice de luminosidad. En la Tabla 4-8 se presentan los sensores de luminosidad disponibles en el mercado

Tabla 4-8 Sensores de Luminosidad

Características Técnicas	Sensores de Luminosidad	
	OPT101	TSL2561
Tamaño	20x20 mm	22x25 mm
Ancho de Banda	14 kHz	100 kHz
Alimentación	2.7 a 36 V DC	2.7 a 3.5 V DC
Amperaje	120 uA	20 mA
Pines	8	6

Fuente: Autor

La elección fue el opt101 debido a su menor frecuencia y mayor eficacia en el trabajo de detectar luz **Anexo 7**.

4.2.9 Componentes para control de humedad del suelo

Sensor de Humedad del Suelo

Cada variedad de cultivo tiene una humedad específica de crecimiento por lo que ésta debe estar regulada. En la Tabla 4-9 se presentan los diferentes sensores de humedad disponibles en el mercado

Tabla 4-9 Sensores de Humedad

Características Técnicas	Sensores de Humedad		
	Sensor de Humedad Capacitivo	SHT10	Fc-32 Higrómetro
Tamaño	100x23 mm	150 mm	60x20 mm
Tipo se Sensor	Analógico	Digital	Analógica
Alimentación	3.3 a 5.5 V DC	3.3 a 5.5 V DC	5 V DC
Voltaje de Salida	0 – 3 VDC	-----	0 – 3 VDC

Fuente: Autor

La elección fue el Fc-32 Higrómetro debido a su mejor desempeño en comparación al capacitivo, además de contar con un sensor de temperatura para realizar una retroalimentación al circuito **Anexo 8**.

Bomba para Riego

El sistema de aspersión de agua necesita una bomba conectada a un suministro de agua para lo cual se han investigado las diferentes opciones disponibles que se encuentran en la Tabla 4-10

Tabla 4-10 Elección de la bomba para riego

Características Técnicas	Bomba para Riego		
	Bomba de diafragma R385	Bomba con motor brushless ad20p-1230c	Mini Bomba de agua
Tamaño	86x43 mm	55x41x36mm	24x33 mm
Corriente de Operación	0.5 – 0.7 A	0.4 A	0.13-0.22 A
Alimentación	6 a 12 V DC	12 V DC	3-9 V DC
Caudal Máximo	1.5-2.2L/min	4L/min	1.3-2L/min

Fuente: Autor

La elección se basó en el caudal y el consumo de corriente en donde se ocupó la bomba con motor brushless ad20p-1230c **Anexo 9**.

4.2.10 Elección de pantalla de visualización de información

El prototipo cuenta con varios datos de salida como son la humedad, la temperatura, la luminosidad y la información de un LDR, por lo que se necesita una pantalla grande y económica. En la Table 4.11 se presenta una comparación de las pantallas disponibles

Tabla 4-11 Tabla de tipos de Pantallas

Características Técnicas	Tipos de Pantallas		
	Pantalla OLED 0.98	Pantalla OLED 0.96	Pantalla LCD 2004A 20x4
Driver Interno	SH1106	SSD1306	HD44780
Comunicación	SPI	SPI-I2C	I2C
Alimentación	3 – 5 V DC	3.3 – 5 V DC	5 V DC
Consumo de Corriente	80 mA	20 mA	360 mA
Tamaño Pulgadas	1.3´	1.3´	98x60x20 mm
Número de Pines	4	4	4

Fuente: Autor

La elección fue la pantalla LCD 2004A que es la más grande y económica del mercado además de venir con un módulo I2C que facilita la programación de la comunicación **Anexo 10.**

4.2.11 Elección de las tarjetas programables

Tarjeta Programable 1

En el prototipo se necesitan 3 tarjetas, la primera que realiza el control de temperatura y recaba los datos de todos los sensores, por tanto, tiene que tener la capacidad de memoria necesaria para que su trabajo sea el adecuado. En la Tabla 4-12 se puede observar a detalle los tipos de tarjetas programables tomando en cuenta que serán necesarios 2 puertos PWM que controlen la temperatura del calefactor y de la luminosidad de la lampara led para cultivos.

Tabla 4-12 Elección de las Tarjeta Programable 1

Características Técnicas	Comparación entre Controlador y Tarjetas Programables		
	PIC 18F4550	ATmega328P	Arduino Mega Embed
Fabricante	Microchip	Mircrochip	Robotdym
Puertos Serie	1	1	4
Alimentación	4.2–5.5 VDC	7–12 V DC	7-9 V DC
Velocidad del CPU	8 MHz	16 MHz	16 MHz
Entradas/Salidas Análogas	2	2	16
Puertos PWM	1	6	15
Memoria EEPROM [Kb]	0.256	1	4
Memoria RAM [Kb]	2	2	8
Memoria de Programa [Kb]	32	32	256

Fuente: Autor

La elección fue de Arduino Mega Embed por la memoria y los puertos necesarios para el funcionamiento correcto del prototipo **Anexo 11**.

Elección de la Tarjeta Programable 2

La segunda tarjeta programable es la encargada del control de visión artificial por tanto tiene que contener las características de una microcomputadora, en este caso será la tarjeta programable Raspberry Pi, sin embargo, se debe realizar un análisis para la elección de la mejor opción en base a los requerimientos.

Tabla 4-13 Comparación entre tarjetas programables Raspberry

Características Técnicas	Comparación entre Tarjetas Programables Raspberry Pi		
	Raspberry Pi 3A+	Raspberry Pi 3B+	Raspberry Pi A+
Procesador	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2835
Puertos USB	1 USB 2.0	4 USB 2.0	1 USB 2.0
Alimentación	5 V DC – 2.5A	5 V DC – 2.5A	5 V DC – 2.5A
Velocidad del CPU	1.4Ghz Quad Core	1.4Ghz Quad Core	700Mhz Single Core
Video	HDMI	HDMI	HDMI
RAM	512 MB	1 GB	512 MB
GPIO	40	40	40
WIFI	2.4 y 5 Ghz Bluetooth 4.2BLE	2.4 y 5 Ghz Bluetooth 4.2BLE	-----
GPU	400 Mhz	400 Mhz	400 Mhz

Fuente: Autor

La Raspberry 3 Pi B+ cuenta con una mayor cantidad de puertos USB con los que se pueden conectar diferentes dispositivos de entrada y salida que facilitan el trabajo de programación **Anexo 12**.

Elección de la tarjeta programarle 3

El datalogger es necesario para tener un registro de los datos con un circuito pequeño y conectado a la tarjeta programable principal y grabarlos en una memoria por medio de un módulo micro SD card.

Características Técnicas	Comparación entre Controlador y Tarjetas Programables		
	PIC 18F4550	Arduino Nano	Arduino UNO
Fabricante	Microchip	Mircrochip	Microchip
Puertos Serie	1	1	1
Alimentación	4.2–5.5 VDC	7–12 V DC	7-12 V DC
Velocidad del CPU	8 MHz	16 MHz	16 MHz
Entradas/Salidas Análogas	2	2	20
Puertos PWM	1	6	6
Memoria EEPROM [Kb]	0.256	1	1
Memoria RAM [Kb]	2	2	2
Memoria de Programa [Kb]	32	32	32

Fuente: Autor

La elección fue el Arduino nano el cual cuenta con las características y las dimensiones necesarias para poder realizar el proceso **Anexo 13**.

4.3 Etapa 2: Construcción del prototipo

4.3.1 Diseño y construcción de las estructuras

Se realizo el diseño para dos estructuras:

- ✓ La primera totalmente sellada y que impide la entrada de la luz natural
- ✓ La segunda con una cubierta especial para invernaderos que da paso al ingreso de la luz natural

En la Figura 4-3, Figura 4-4 y Figura 4-5 se puede ver el diseño de la estructura que se diseñó en base a las características para acoplarlo de mejor manera. Dentro de la estructura interna se puede observar ciertos objetos que serán explicados posteriormente.

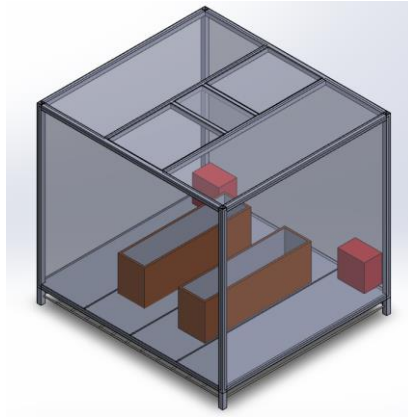


Figura 4-3 Vista 1 del Prototipo

Fuente: Autor

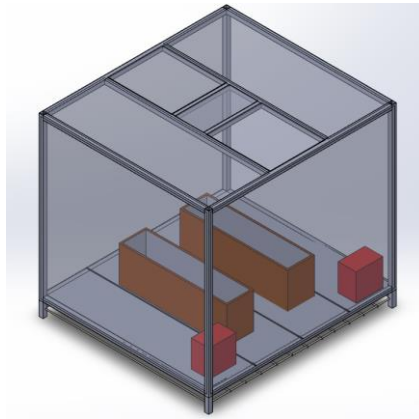


Figura 4-4 Vista 2 del Prototipo

Fuente: Autor

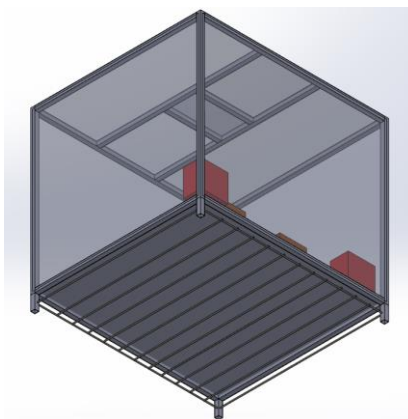


Figura 4-5 Vista 3 del Prototipo

Fuente: Autor

En la Figura 4-6 se pueden observar los componentes internos del prototipo enumerados de la siguiente manera:

- ✓ 1. Maceta para ubicación de 3 objetos de estudio
- ✓ 2. Maceta para ubicación de 3 objetos de estudio
- ✓ 3. Sistema de Calefacción
- ✓ 4. Sistema de Enfriamiento

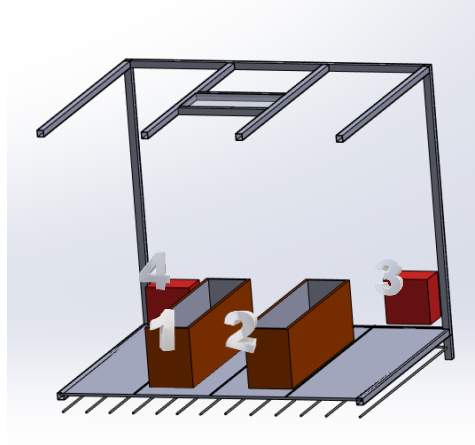


Figura 4-6 Componentes internos del prototipo

Fuente: Autor

Una vez terminado el diseño que se observa en la Figura 4-7 procedemos a la construcción como se observa en la Figura 4-8

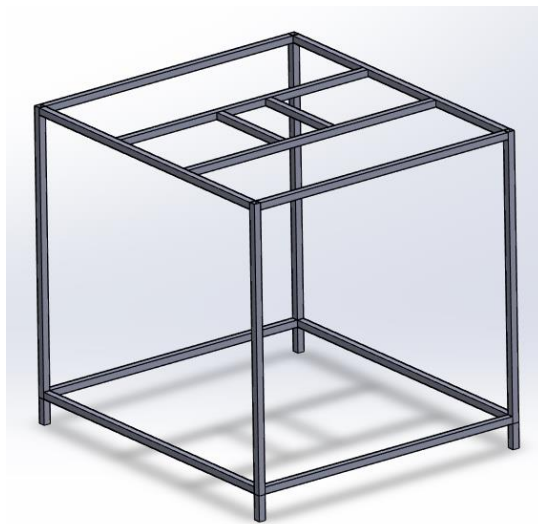


Figura 4-7 Estructura final de prototipo simulada en CAD software

Fuente: Autor



Figura 4-8 Estructura de la prótesis construida

Fuente: Autor

La cubierta de los prototipos fue hecha en MDF y cortada según las medidas del plano disponible en el **Anexo 14** para tener como resultado la estructura que se visualiza en la Figura 4-10 Prototipo para acoplar la luz Artificial



Figura 4-9 Prototipo con luz natural

Fuente: Autor



Figura 4-10 Prototipo para acoplar la luz Artificial

Fuente: Autor

Para mantener el calor en la noche, se ha cubierto de un material especial la madera, de un material compuesto de espuma de polipropileno y aluminio como se muestra en la Figura 2-1



Figura 4-11 Paredes del prototipo

Fuente: Autor

Terminada la construcción de las paredes se procedió a la colocación de las macetas en cada uno de los prototipos y ubicación del sistema de ventilación.



Figura 4-12 Instalación de macetas

Fuente: Autor

Y en la Figura 4-13 se observa la instalación del sistema de ventilación



Figura 4-13 Instalación del sistema de ventilación

Fuente: Autor

Finalmente se instaló el sistema de aspersión de agua como se muestra en la Figura 2-14 y se obtuvo el siguiente resultado:



Figura 4-14 Prototipo con el sistema de aspersión de agua

Fuente: Autor

4.3.2 Diseño y construcción de la parte electrónica

Algoritmo de funcionamiento del prototipo

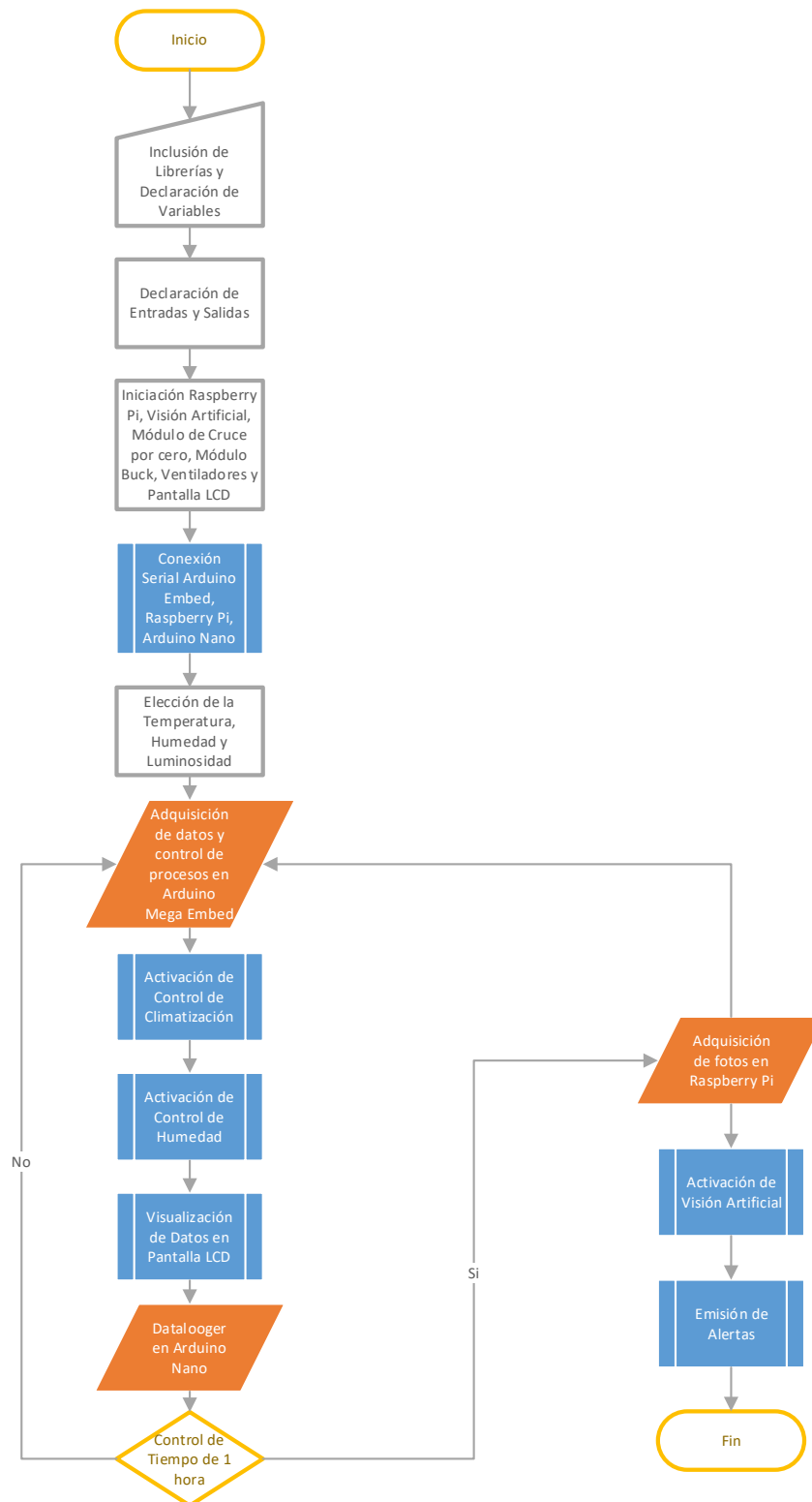


Figura 4-15 Algoritmo de funcionamiento del prototipo

Fuente: Autor

Circuito Electrónico del Prototipo

En la Figura 4-16 se puede apreciar el esquema de conexiones del prototipo, en donde la parte primordial es el control de Arduino Mega Embed y la conexión con los diferentes sensores y actuadores. Cada uno de estos dispositivos fue sometido a pruebas de funcionamiento y rendimiento, especialmente en el caso de los sensores de humedad y luminosidad.

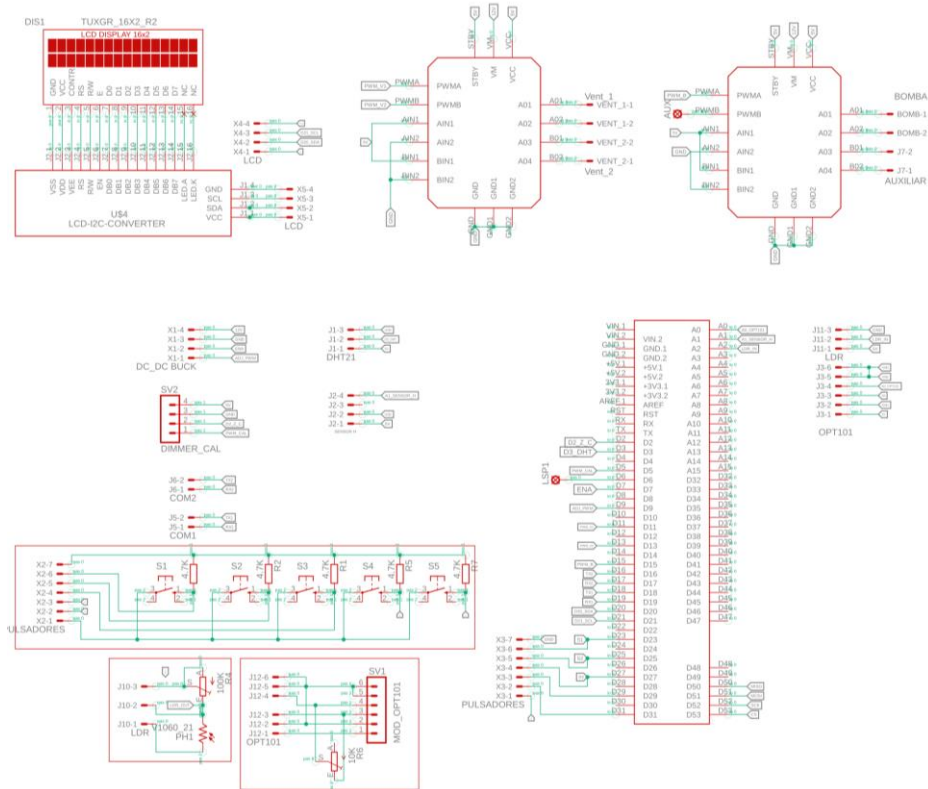


Figura 4-16 Esquema de conexiones del prototipo

Fuente: Autor

La visualización del correcto funcionamiento se lo puede ver en la pantalla LCD instalada que se conecta al prototipo por medio de una comunicación I2C, los sensores analógicos se conectan a las entradas análogas del Arduino directamente a excepción del OPT101, que antes de su conexión tienen que ser acondicionadas sus señales antes del ingreso. Se ocuparon para el primer prototipo tres puertos pwm: uno para el circuito de control de cruce por cero, el control de luminosidad para obtener la longitud de onda deseada y finalmente el control del ventilador de alta potencia. De igual manera cada uno de los circuitos conexiones y pruebas se explican a continuación.

Diseño y pruebas del control de luminosidad

En este caso como se requiere de la cantidad de radiación o la cantidad de luz que emite esta lámpara, la mejor opción sería un sensor de luz infrarroja, sin embargo estos sensores son muy caros y puede que no nos sirvan para nuestra longitud de onda que emite la lámpara led de crecimiento, entonces la fotocelda si puede servirnos porque tiene un espectro muy grande de censado puede medir luz infrarroja, roja, blanca, etc, con tal que sea iluminación que cense porque va a variar su resistencia; el problema es que no vamos a tener en el datasheet en el que se presente la curva característica para cada uno de los colores o los efectos que vamos a medir, entonces ahí viene la necesidad de realizar el modelamiento del sensor en función a las necesidades del prototipo.

Primero se debe tener bien calibrado al actuador, por ejemplo, para poder controlar desde el 0% al 100% su iluminación y aislarle de todo cualquier otro agente externo.

La lámpara, que en este caso se le varió de 5% en 5% empieza en 0% y así termina hasta 100% y si se quiere tener valores más exactos se lo puede bajar sin embargo se demora más tiempo, entonces una variación del 5% es aceptable y no existe error excesivo cuando se la varia o cuando se la ubica en 0%. Se puede observar las pruebas de control de luminosidad con el circuito Buck y Arduino Mega Pro Embed en la Figura 4-18, Figura 4-19, Figura 4-19, Figura 4-20, Figura 4-21.

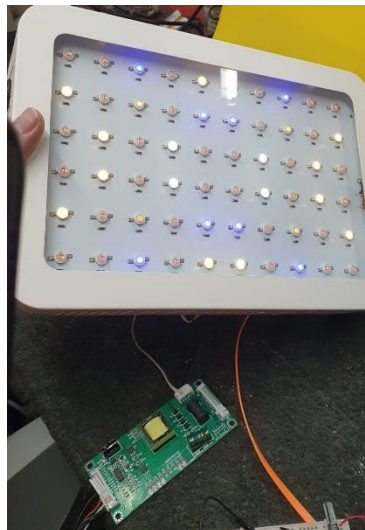


Figura 4-17 Lámpara de Crecimiento Led conectada con circuito Buck

Fuente: Autor



Figura 4-18 Prueba de Luminosidad A

Fuente: Autor



Figura 4-19 Prueba de Luminosidad B

Fuente: Autor



Figura 4-20 Prueba de Luminosidad C

Fuente: Autor



Figura 4-21 Prueba de Luminosidad D

Fuente: Autor

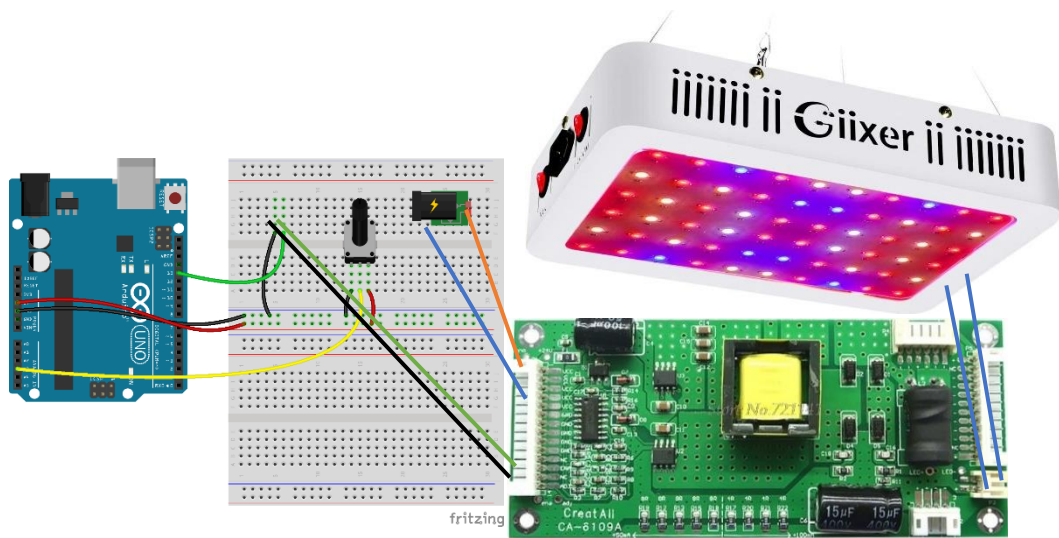


Figura 4-22 Esquema de conexión de Lámpara Led y Circuito BUCK

Fuente: Autor

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento de la lámpara Led con el esquema de conexión de la Figura 4-22 se procedió a la calibración del sensor de luminosidad.

Primero se mide el valor de la fotocelda y en la medición se presentan datos que por ejemplo toman en cuenta este dato como la caída de voltaje y luego se lo transforman a una variación de bits, es decir le paso por el conversor analógico digital.

Estas muestras se las ingresó al programa desarrollado en Matlab y se determina la curva característica de este sensor; conforme va aumentando la luminosidad también va aumentando los valores del sensor de luminosidad Figura 4-23.

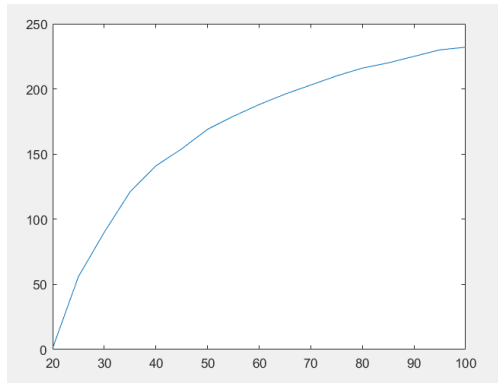


Figura 4-23 Curva característica del sensor de luminosidad

Fuente: Autor

Acondicionamiento de la señal

Consiste en aplicar filtros ya sea electrónicos o ya sea a través de software. En este caso aplicaremos un filtro por software es decir que se va a sacar un promedio de varias señales medidas, para lo cual se toman 10 señales en un mismo punto en este caso cada 5% y se ha calculado un valor promedio. Se ha tomado en cuenta 10 señales porque en ese punto se repiten los mismos valores de censado.

Tabla 4-14 Valores para acondicionamiento de la señal del sensor de luminosidad

Número de Datos	Porcentaje de Iluminación Circuito Buck	Valor Sensor de Luminosidad
1	5%	4
2	10%	42
3	15%	-232
4	20%	1
5	25%	56
6	30%	90
7	35%	121
8	40%	141
9	45%	154
10	50%	169
11	55%	179
12	60%	188
13	65%	196

14	70%	203
15	75%	210
16	80%	216
17	85%	220
18	90%	225
19	95%	230
20	100%	232

Fuente: Autor

Con los valores típicos de la señal por medio del programa desarrollado en Matlab realizamos el acondicionamiento de la señal a partir del 20% de la señal cuyos datos se pueden observar en la Tabla 4-14.

Al utilizar la herramienta “curve fitting tool” de Matlab modelamos el comportamiento ya sea de un sensor o un sistema en función de la curva de respuesta que se puede visualizar en la Figura 4-23, cargamos los datos en un vector y se procede a realizar las pruebas para escoger el modelo que más se adecúa. Se ubican los datos necesarios en el programa y escogemos la ecuación que se ajuste a los datos ingresados, como se trabajó en un sistema micro controlador, siempre se recomienda utilizar ecuaciones exponenciales. Los puntos que me grafica el programa deben tener una aproximación casi exacta a los requerimientos del sistema como se muestra en la figura 4-24.

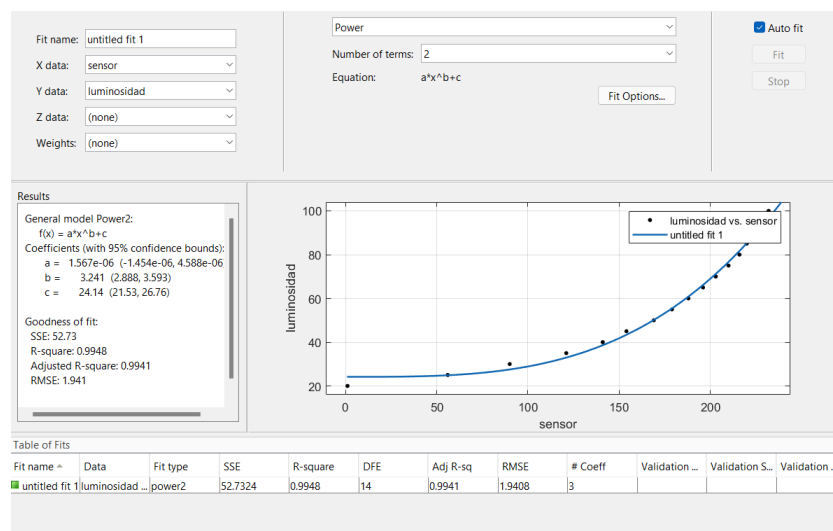


Figura 4-24 Señal Acondicionada del Sensor de Luminosidad Utilizando Matlab

Fuente: Autor

Estos resultados los debemos cargar en el sistema Arduino para obtener la información del porcentaje de luminosidad y también tener una retroalimentación del lazo de control de luminosidad.

Diseño y pruebas del control de temperatura

El control de temperatura fue diseñado en base a un sistema de control proporcional, integral y derivativo en la plataforma de desarrollo de Arduino. El control de la temperatura establece diferentes equipos de hardware con su respectiva programación y puede controlar la temperatura con un error del $\pm 1\%$ en base a un set point o punto de ajuste.

El algoritmo PID es un proceso simple, que es fácil comprender conceptualmente e implementar en la práctica. La ventaja relación costo/beneficio, proporcionada por los controladores PID, los convierte en las herramientas de control más utilizadas en la industria (Bista, 2016).

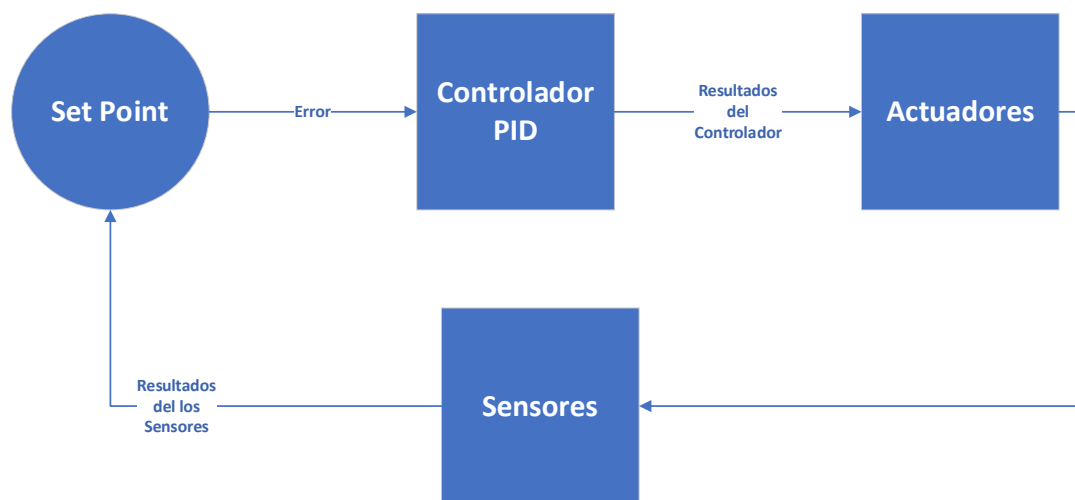


Figura 4-25 Sistema de control de Temperatura

Fuente: Autor

En la Figura 4-25 se puede observar cómo se constituye el sistema de control de temperatura, en este caso se analizó el funcionamiento tanto de los actuadores como de los sensores además de la configuración y sintonización del PID para obtener como resultado el mínimo error posible.

En la etapa de actuadores se analizaron dos comportamientos, primero del sistema de ventilación y segundo del sistema de calefacción.

Hay muchas formas de implementar un PID, las matemáticas ayudan a mantener la confiabilidad constante. Sin embargo, puede ser necesario algún control lógico adicional para lograr el sistema deseado.

Los sistemas de control de temperatura pueden requerir otra lógica para controlar los elementos de calefacción y refrigeración, con la utilización de relés para los sistemas on/off. En este caso se utilizó PWM para controlar la velocidad de los ventiladores y de igual manera mediante el módulo de cruce por cero controlar por medio de PWM la temperatura del calefactor.

En la afinación de un PID se pueden utilizar muchos métodos o modelos matemáticos para poder realizar una sintonización casi perfecta, sin embargo, no existe un ajuste totalmente correcto y el ajuste realizado en una aplicación no puede servir para otra.

Una vez que la salida es controlable con el lazo de retroalimentación existen tres parámetros que se deben controlar que son:

- ✓ K_p : ganancia proporcional
- ✓ K_i : ganancia integrativa
- ✓ K_d : ganancia derivativa

El control proporcional produce una respuesta agresiva y mientras aumenta su valor el sistema se hace más inestable como se visualiza en la Figura 4-27

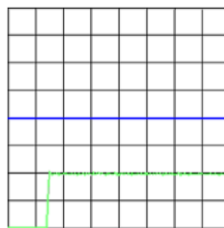


Figura 4-26 Control Proporcional PID $K_p=1$ (*PID Controllers - Arduino - Page 137, n.d.*)

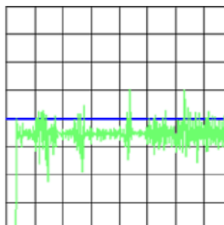


Figura 4-27 Control proporcional PID $K_p=7$ (*PID Controllers - Arduino - Page 137, n.d.*)

Para un mejor resultado se busca el punto donde exista una estabilización Figura 4-28

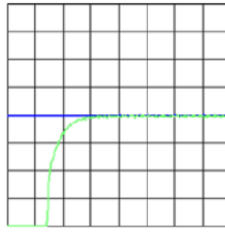


Figura 4-28 Control Proporcional PID $K_p=5$ (*PID Controllers - Arduino - Page 137, n.d.*)

Por cuestiones de diseño y de tiempo se optó por utilizar un control PID proporcional de la plataforma Arduino configurado en modo automático que como resultado fue el 1% de error.

Para utilizarlo se incluye la librería <PID_v1.h> y los parámetros de control Setpoint, Input, y Output. Se añade la línea de código:

```
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
```

Se añaden de igual manera las ganancias K_p , K_i , K_d y se inicia de manera automática con `myPID.SetMode(AUTOMATIC);` y una vez adquirida la información de los sensores se calcula mediante `myPID.Compute()` (*PID Controllers - Arduino - Page 137, n.d.*).

Sistema de Ventilación

El sistema de ventilación está compuesto por 4 dispositivos: dos ventiladores, un puente H y una tarjeta programable de los cuales el primer ventilador provee ventilación externa constante mientras el segundo ventilador expulsa el aire del interior del prototipo.

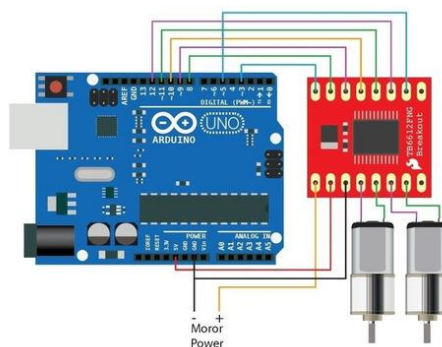


Figura 4-29 Esquema de conexión puente H con dos Motores

Fuente: MGSYSTEM

En la Figura 4-29 se puede observar el esquema de conexión que fue utilizado para las pruebas del control de la ventilación por medio de un puente H y el control PWM.

```

vent

#define pwm_a 8 //
#define lag_1 8
#define lag_2 8

#define pwm_d 10 //
#define der_1 6
#define der_2 7

void setup() {
  delay(1000);
  pinMode(lag_1, OUTPUT);
  pinMode(lag_2, OUTPUT);
  pinMode(der_1, OUTPUT);
  pinMode(der_2, OUTPUT);
}

void loop() {
  motoron(150,150);
}

void motoron(int lag, int der)
{
  if(lag==0)
  {
    digitalWrite(lag_1,HIGH);
    digitalWrite(lag_2,LOW);
    analogWrite(pwm_a,lag);
  }
  if(lag==1)
  {
    digitalWrite(lag_2,HIGH);
    digitalWrite(lag_1,LOW);
    lag=lag+1;
    analogWrite(pwm_a,lag);
  }
  if(der==0)
  {
    digitalWrite(der_1,HIGH);
    digitalWrite(der_2,LOW);
    analogWrite(pwm_d,der);
  }
  if(der==1)
  {
    digitalWrite(der_2,HIGH);
    digitalWrite(der_1,LOW);
    der=der+1;
    analogWrite(pwm_d,der);
  }
}

```

Compilado

El sketch usa 2164 bytes (9%) del espacio de almacenamiento de programa. El uso de variables globales usa 9 bytes (14%) de la memoria dinámica, dejando 510 bytes libres.

Arduino Mega or Mega 2560: ATmega2560 (Mega 2560) en COM4

Figura 4-30 Programación utilizada para control de entrada y salida de flujo de aire en ventiladores

Fuente: Autor

En la Figura 4-30 se muestra la programación con la que se probó el funcionamiento de los ventiladores para la entrada y salida del flujo de aire en el prototipo.

Sistema de calefacción

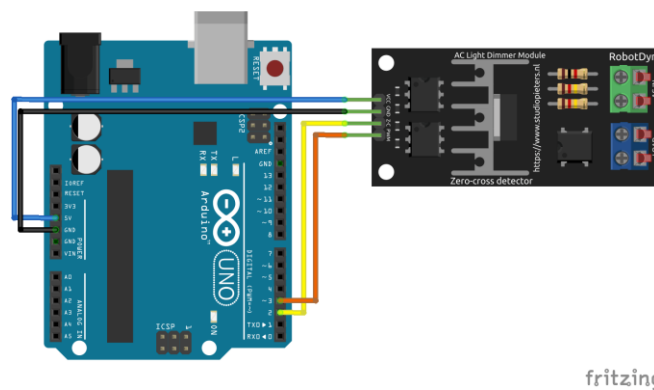


Figura 4-31 Esquema de Conexión de Arduino conectado con el control de cruce por cero (▷ *Cruce Por Cero Arduino | Actualizado Abril 2022, n.d.*)

En el sistema de calefacción se utilizó un control de cruce por cero y un control pwm para apagar y encender la calefacción según el set point establecido. En la Figura 4-31 se observa el esquema de conexión con el cual fueron realizadas las pruebas de funcionamiento.



Figura 4-34 Programación de DTH21 para pruebas de funcionamiento

Fuente: Autor



Figura 4-35 Control de Temperatura con 1% de error

Fuente: Autor

Control de humedad del suelo

El control de humedad del suelo se lo realizó por medio de un sensor en cada maceta el cual fue previamente linealizado mediante pruebas de humedad aplicadas a cada maceta. Los sensores se deben linealizar por separado debido a que cada sensor emite diferentes datos para lo cual se debió realizar una linealización de la señal para cada sensor y solo se lo pudo realizar mediante dos pruebas, una con tierra totalmente sin

humedad y otra con la tierra totalmente húmeda obteniendo así los datos de la Tabla 4-15.

Tabla 4-15 Datos de los sensores de humedad

		Sensores en macetas				
		Sensor 1 (Prototipo 1)	Sensor 2 (Prototipo 1)	Sensor 3 (Prototipo 2)	Sensor 4 (Prototipo 2)	Porcentaje de Humedad
Condiciones para adquisición de datos	Valor sin Humedad	249 bits	50 bits	260 bits	110 bits	0 %
	Valor máximo con humedad	533 bits	251 bits	400 bits	350 bits	100%

Fuente: Autor

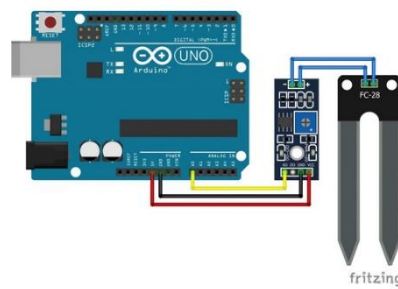


Figura 4-36 Esquema de conexión de sensor de temperatura

Fuente: Autor

Los datos fueron adquiridos según el esquema de conexión de la Figura 4-36 a partir de la programación de la Figura 4-37.



Figura 4-37 Programación para pruebas de los sensores de humedad

Fuente: Autor

Para el control de humedad se optó por contar con una bomba de agua conectada con el esquema de la Figura 4-29. Una vez contemplados todos los componentes del sistema se realizó un pequeño control en base a comparaciones.

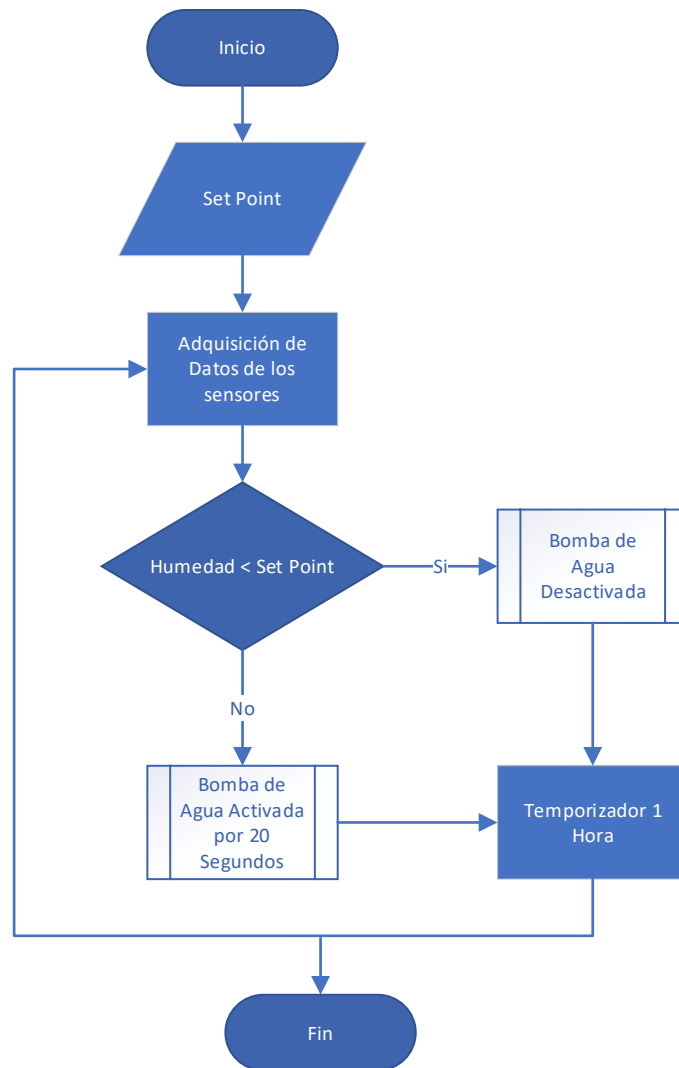


Figura 4-38 Algoritmo de funcionamiento de la bomba de agua y sensores de humedad

Fuente: Autor

En la Figura 4-38 se muestra el algoritmo utilizado para el control de humedad, al realizar un proceso de adquisición de datos de los sensores cada hora se pudo observar que la humedad se mantiene y al utilizar el riego en base a condiciones pre establecidas y controladas se mantuvo la humedad deseada en los prototipos.

Sistema de Registro de Datos

Los prototipos cuentan con un registro de datos para tener un mejor control de la información, cada uno cuenta con variables de luminosidad, temperatura, humedad ambiente y la humedad del suelo. Estos datos fueron grabados en una micro SD para poder estudiarlos.

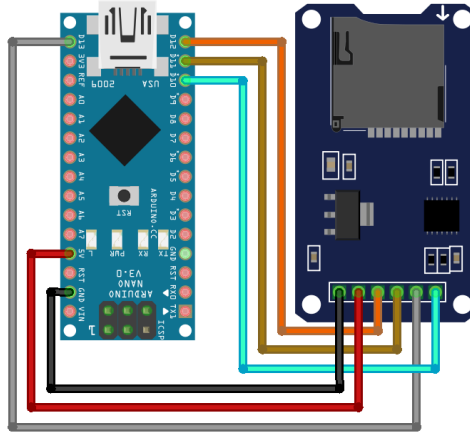


Figura 4-39 Arduino Nano con Módulo Micro SD (*SD Card Tutorial for Arduino, ESP8266 and ESP32*, n.d.)



Figura 4-40 Programa de Prueba para Micro SD

Fuente: Autor

En la Figura 4-39 y Figura 4-40 se muestran las formas de conexión de los dispositivos además de su programación que de igual manera está disponible en el **Anexo 16**.

Finalmente, en la parte electrónica, los componentes se adecuaron de acuerdo a las necesidades de cada prototipo tanto con luz artificial como con luz natural como se muestra en la Figura 4-41 y Figura 4-42.

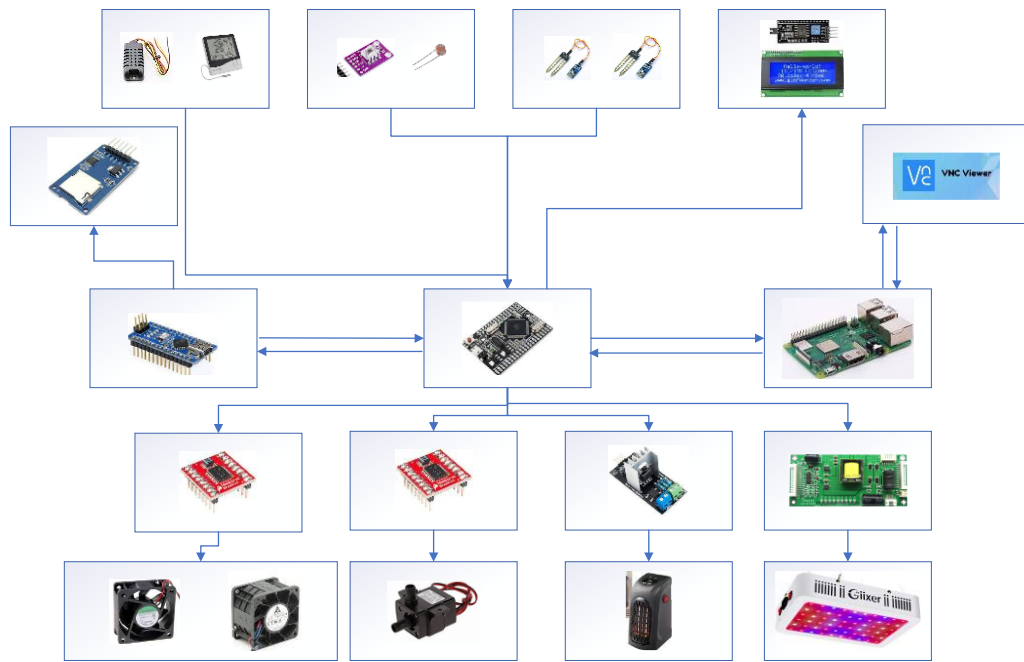


Figura 4-41 Conexiones de dispositivos en Prototipo con luz artificial

Fuente: Autor

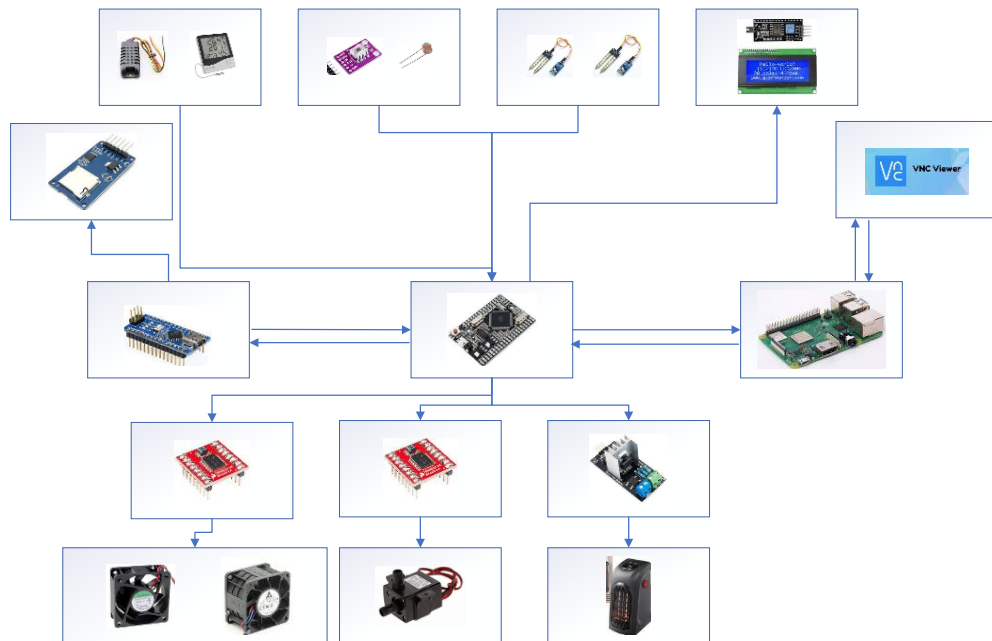


Figura 4-42 Conexiones de dispositivos en Prototipo con luz natural

Fuente: Autor

La información de la Figura 4-16 y en base a los dispositivos que se utilizaron en los diferentes prototipos, se pudo diseñar y construir el modelo esquemático del dispositivo para su posterior construcción de la placa como se muestran en la Figura 4-43, Figura 4-44, Figura 4-45, Figura 4-46 y Figura 4-47.

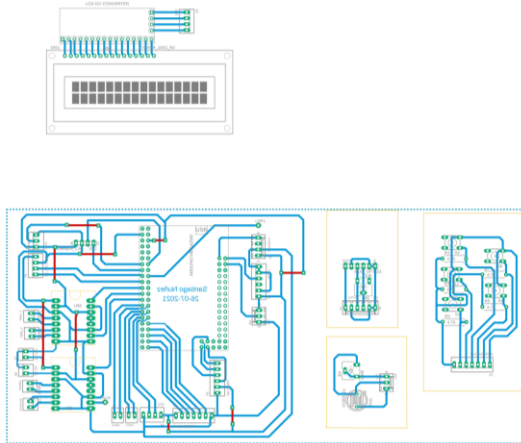


Figura 4-43 Diseño de placa para los prototipos

Fuente: Autor

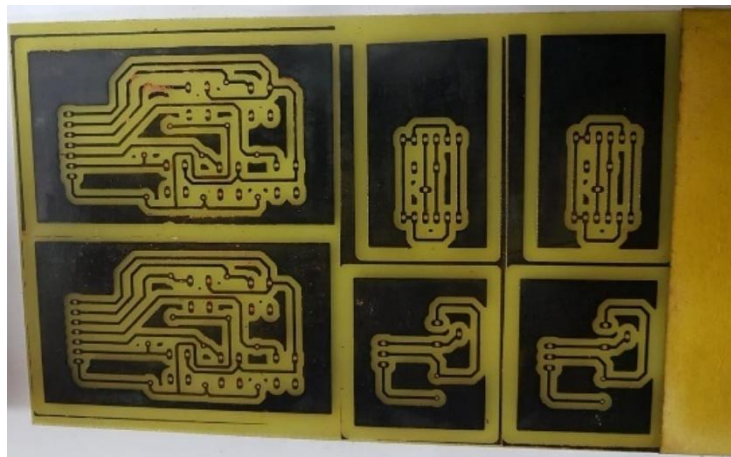


Figura 4-44 Placas construidas para los sensores

Fuente: Autor

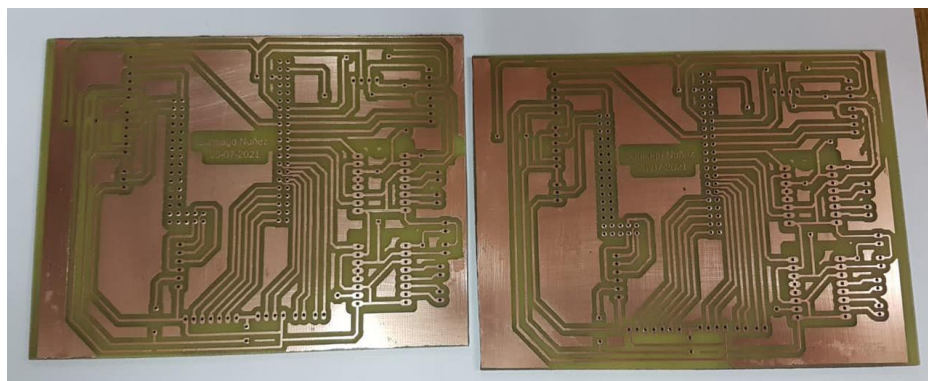


Figura 4-45 Placas construidas para el funcionamiento de Arduino mega Embed, Nano y Puentes H

Fuente: Autor

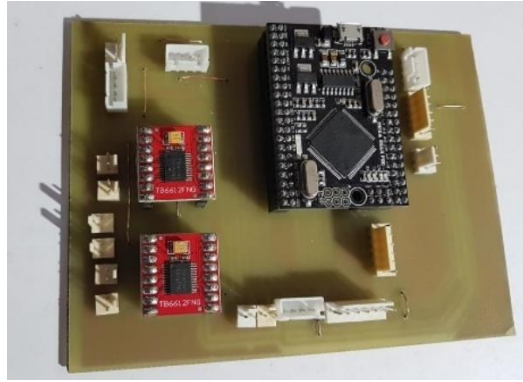


Figura 4-46 Placa Final Construida en base a las especificaciones del prototipo

Fuente: Autor

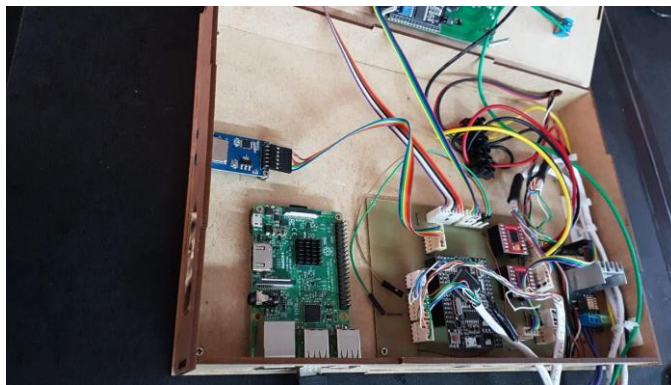


Figura 4-47 Sistema total conectado del prototipo con luz Artificial

Fuente: Autor

Una vez terminada la construcción y puesta en funcionamiento de las placas se procedió a realizar la calibración de los sistemas y realizar las pruebas de rendimiento.



Figura 4-48 Sistema total conectado del prototipo con luz Natural y Pruebas de Funcionamiento

Fuente: Autor



Figura 4-49 Prototipo con luz natural pruebas de Funcionamiento

Fuente: Autor

En la Figura 4-48 y Figura 4-49 se puede apreciar la puesta en marcha y pruebas de funcionamiento del prototipo con luz natural

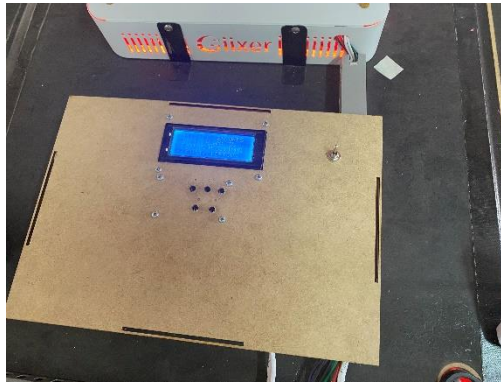


Figura 4-50 Prototipo con luz artificial pruebas de funcionamiento 1

Fuente: Autor

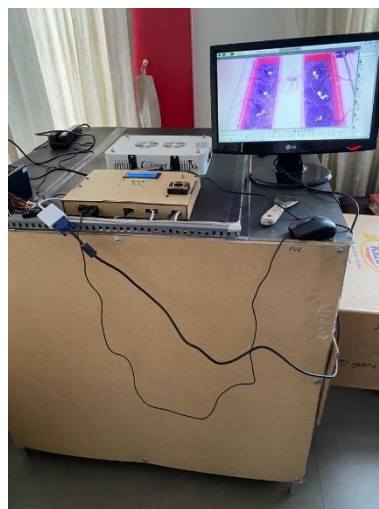


Figura 4-51 Prototipo con luz artificial pruebas de funcionamiento 2

Fuente: Autor



Figura 4-52 Prototipo con luz artificial pruebas de funcionamiento 3

Fuente: Autor

Una vez que se realizó la calibración del prototipo con luz natural se procedió a la calibración del prototipo con luz artificial como se puede ver en la Figura 4-50, Figura 4-51 y Figura 4-52.

Calibración de entrada de agua

El sistema de aspersión de agua que fue utilizado se lo puede visualizar en la Figura 2-14 y se lo pudo calibrar de la siguiente manera. Se ajustaron cada uno de los goteros poniendo una funda en cada uno de ellos para luego proceder a encender la bomba como se puede observar en la Figura 4-53. Una vez llenas las fundas de agua con cuidado se las extrae del prototipo, se las pesa y se ajusta los goteros hasta obtener un control específico. Para tener un mejor control, se adquirió valdes con medidas específicas, así se tiene un mejor control del agua que ocupa el prototipo.



Figura 4-53 Calibración de entrada de agua 1

Fuente: Autor



Figura 4-54 Calibración de entrada de agua 2

Fuente: Autor



Figura 4-55 Calibración de entrada de agua 3

Fuente: Autor



Figura 4-56 Balde con medida

Fuente: Autor

Cultivo de Plantas en el prototipo

Una vez terminadas las fases de diseño, construcción y calibración de los sistemas, se procedió a desarrollar la etapa de cultivo de las plantas con los requerimientos específicos tanto de humedad, temperatura y nutrientes.



Figura 4-57 Cultivo de plantas

Fuente: Autor

Administración remota del prototipo y configuración VNC VIEWER

Para un mejor control de funcionamiento y corrección de errores se configuró en la Raspberry Pi 3 b+ el sistema de administración remota VNC Viewer y se puede administrar tanto de un computador como de un móvil. La configuración de una dirección estática es primordial para la configuración de VNC viewer debido a que se conectar directamente a la dirección de red específica. En las versiones recientes del sistema operativo de Raspberry Pi, está instalado por defecto el escritorio remoto y se lo puede configurar siguiendo los pasos de la Figura 4-58, Figura 4-59 y Figura 4-60.

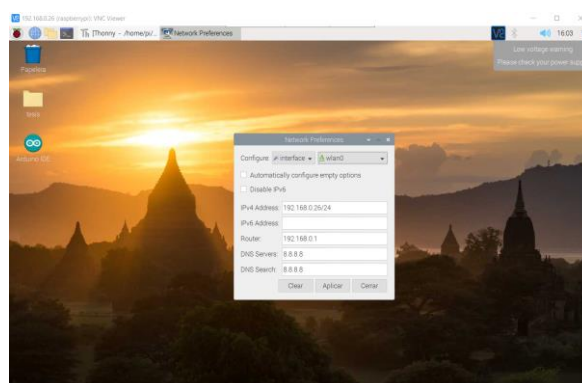


Figura 4-58 Configuración de dirección estática

Fuente: Autor

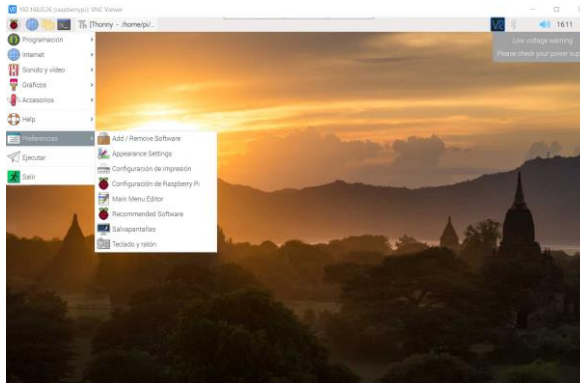


Figura 4-59 Ingreso al menú de Raspberry Pi

Fuente: Autor

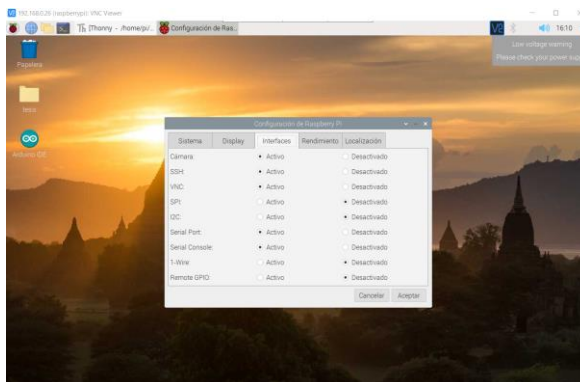


Figura 4-60 Habilitar la conexión del escritorio remoto VNC

Fuente: Autor

Una vez terminada la configuración se procede a realizar un reinicio y estará configurado el escritorio remoto. Para acceder en Windows se tiene que descargar la aplicación de VNC viewer que es totalmente gratuita y una vez instalada ingresamos la dirección de destino en este caso es 192.168.0.26 que se configuró en el Raspberry.

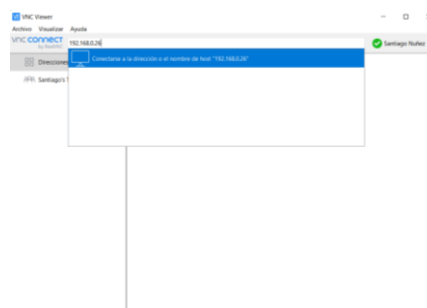


Figura 4-61 Ingreso de la dirección IP en la barra de direcciones de VNC viewer

Fuente: Autor

Al momento de establecer la conexión es necesario un usuario y contraseña en este caso es “pi” y “raspberry” (Figura 4-62), y se lo puede cambiar en las configuraciones ssh de raspberry. Al finalizar se tendrá el escritorio remoto de Raspberry en Windows como se visualiza en la Figura 4-63.

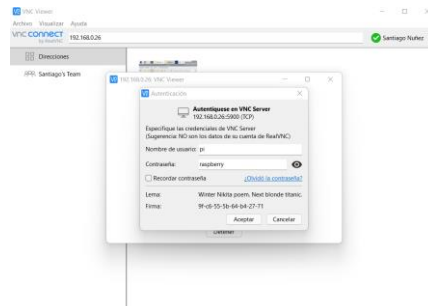


Figura 4-62 Ingreso de usuario y contraseña

Fuente: Autor

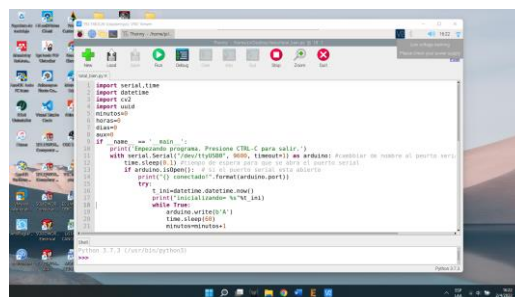


Figura 4-63 Escritorio remoto de Raspberry en Windows

Fuente: Autor

4.4 Etapa 3 Resultados

En base a estudios de rendimiento y pruebas se calibraron los diferentes dispositivos bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Temperatura: 16 – 20 °C
- ✓ Humedad: 80% a 85%
- ✓ Luminosidad: 100% en prototipo con luz artificial
- ✓ Agua: 8 litros cada 15 días con un riego diario de 30 gramos de agua.

4.4.1 Resultados de Temperatura

Por medio del datalogger se pudieron obtener los siguientes datos de temperatura de los dos prototipos.

En la Tabla 4-16 y Tabla 4-17 se puede apreciar los resultados del promedio de temperatura en 12 días de trabajo a la misma hora, en el caso prototipo que fue expuesto a la luz natural, la temperatura promedio en el día es de 19 °C, mientras en el prototipo expuesto a la luz artificial su temperatura promedio fue de 17 °C. Esto se debe a que al estar en un cultivo de precisión tipo invernadero y expuesto al sol, la temperatura es mayor porque la lampara led de crecimiento no provee el mismo calor que provee el sol.

Tabla 4-16 Promedio de temperatura diaria del prototipo con luz natural

Hora	Temperatura Prototipo con luz natural
13:00	20
14:00	20
15:00	20
16:00	20
17:00	20
18:00	20
19:00	20
20:00	19
21:00	19
22:00	19
23:00	19
0:00	19
1:00	19
2:00	19
3:00	19
4:00	19
5:00	19
6:00	19
7:00	20
8:00	19
9:00	20
10:00	19
11:00	19
12:00	20
Promedio	19,41666667

Fuente: Autor

Tabla 4-17 Promedio de temperatura diaria del prototipo con luz artificial

Hora	Temperatura Prototipo con luz natural
13:00	17
14:00	17
15:00	17
16:00	17

17:00	18
18:00	17
19:00	17
20:00	17
21:00	17
22:00	17
23:00	17
0:00	17
1:00	17
2:00	17
3:00	17
4:00	17
5:00	17
6:00	18
7:00	17
8:00	17
9:00	17
10:00	17
11:00	17
12:00	17
Promedio	17,08333333

Fuente: Autor

4.4.2 Resultados de Humedad en el Suelo

En el caso de la humedad, se obtuvieron mejores resultados con el prototipo expuesto a luz artificial debido a que el calor dentro del prototipo es menor y la humedad del suelo se conserva mejor con un 84% mientras que en el prototipo expuesto a luz natural su humedad promedio fue de 82.5%

Tabla 4-18 Promedio de humedad diaria del prototipo con luz natural

Hora	Humedad Prototipo con luz natural
13:00	82
14:00	82
15:00	82
16:00	82
17:00	81
18:00	81
19:00	81
20:00	81
21:00	81
22:00	81
23:00	81

0:00	81
1:00	81
2:00	81
3:00	81
4:00	81
5:00	80
6:00	80
7:00	80
8:00	100
9:00	85
10:00	85
11:00	85
12:00	100
Promedio	82,5

Fuente: Autor

Tabla 4-19 Promedio de humedad diaria del prototipo con luz artificial

Hora	Humedad Prototipo con luz natural
13:00	84
14:00	85
15:00	83
16:00	83
17:00	84
18:00	83
19:00	84
20:00	84
21:00	83
22:00	83
23:00	83
0:00	85
1:00	84
2:00	83
3:00	83
4:00	83
5:00	84
6:00	84
7:00	83
8:00	83
9:00	84
10:00	83
11:00	83
12:00	100
Promedio	84,20833333

Fuente: Autor

4.4.3 Resultados de Luminosidad

El rango máximo de medida del sensor es de 978 que equivale a los 978 lúmenes, esta información se la adquirió a partir de la hoja de datos que se puede visualizar en la Figura 4-64, la cual es la máxima medida que provee el sensor mientras que la mínima medida es 300 que equivale a un espacio sin luz por lo que en el prototipo expuesto a luz artificial nos dio un promedio de 667 lúmenes. Esto se puede constatar en el prototipo expuesto a la luz natural en donde el valor del sensor no llega a 300 y el valor promedio fue de 419 lúmenes.



Figura 4-64 Lúmenes por distancia de la lámpara de crecimiento

Fuente: Autor

Tabla 4-20 Promedio de Luminosidad diaria del prototipo con luz natural

Hora	Luminosidad Prototipo con luz natural
13:00	583
14:00	564
15:00	501
16:00	520
17:00	500
18:00	496
19:00	332
20:00	359
21:00	346
22:00	339
23:00	360
0:00	339
1:00	357
2:00	358
3:00	353
4:00	353
5:00	319
6:00	436
7:00	427

8:00	439
9:00	427
10:00	439
11:00	434
12:00	477
Promedio	419,0833333

Fuente: Autor

Tabla 4-21 Promedio de Luminosidad diaria del prototipo con luz artificial

Hora	Luminosidad Prototipo con Luz Artificial
13:00	978
14:00	978
15:00	978
16:00	978
17:00	978
18:00	978
19:00	978
20:00	978
21:00	978
22:00	978
23:00	978
0:00	978
1:00	978
2:00	300
3:00	300
4:00	300
5:00	300
6:00	300
7:00	300
8:00	300
9:00	300
10:00	300
11:00	300
12:00	300
Promedio	667,25

Fuente: Autor

4.4.4 Resultados de crecimiento diario mediante visión artificial prototipo con luz natural

Día 1

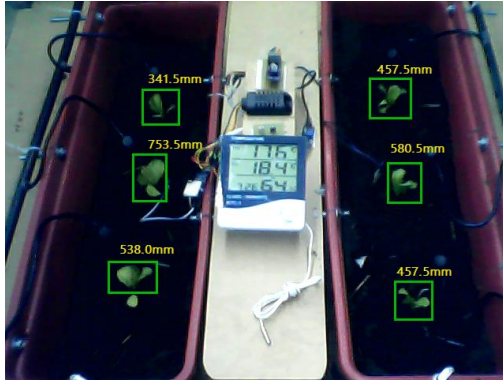


Figura 4-65 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 1

Fuente: Autor

Día 2

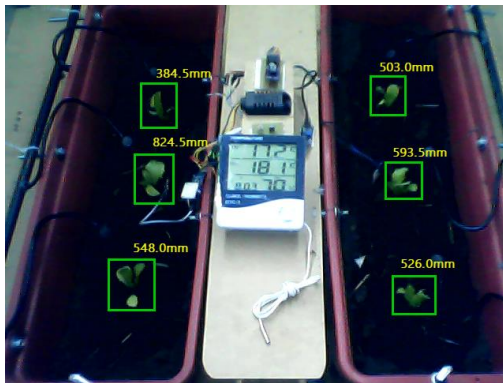


Figura 4-66 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 2

Fuente: Autor

Día 3

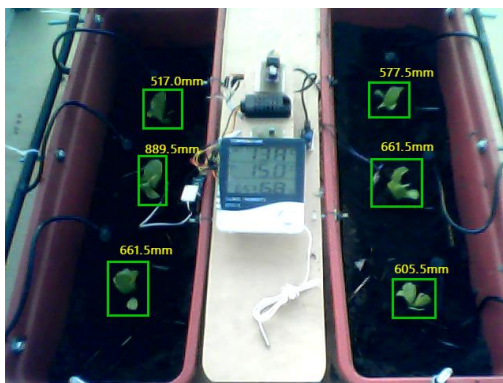


Figura 4-67 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 3

Fuente: Autor

Día 4

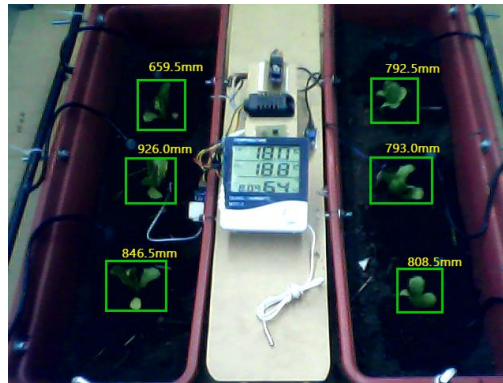


Figura 4-68 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 4

Fuente: Autor

Día 5

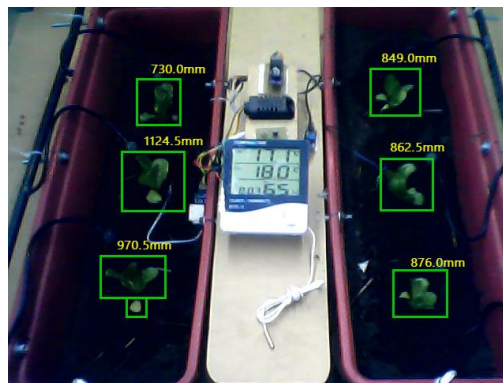


Figura 4-69 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 5

Fuente: Autor

Día 6

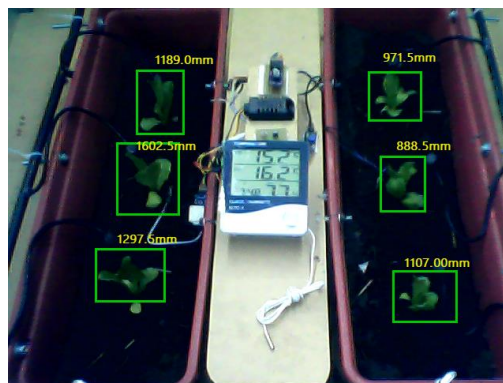


Figura 4-70 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 6

Fuente: Autor

Día 7

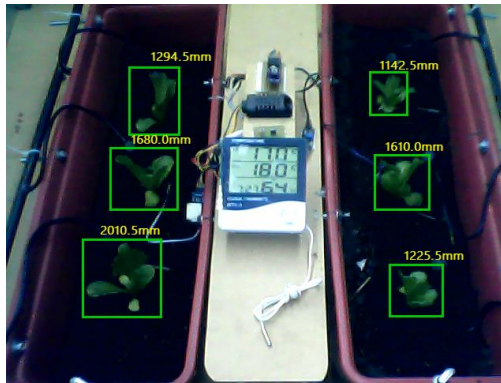


Figura 4-71 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 7

Fuente: Autor

Día 8

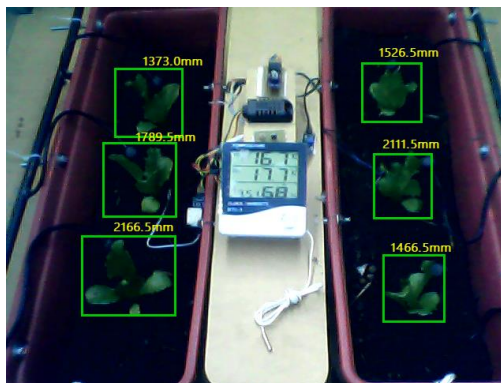


Figura 4-72 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 8

Fuente: Autor

Día 9

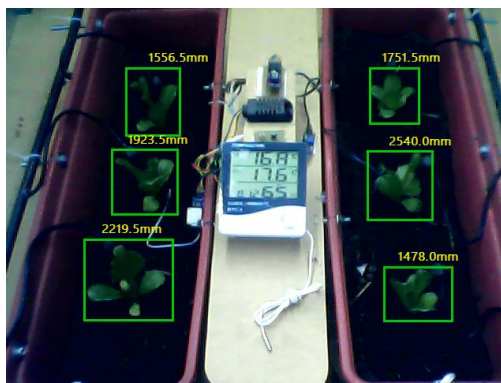


Figura 4-73 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 9

Fuente: Autor

Día 10

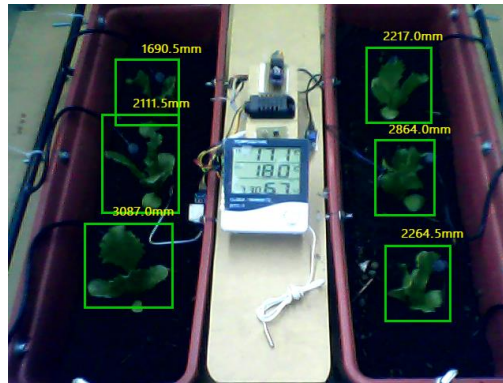


Figura 4-74 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 10

Fuente: Autor

Día 11

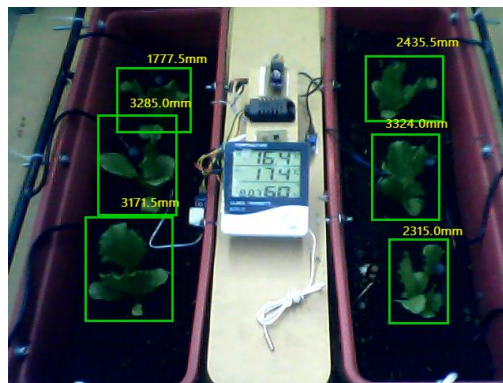


Figura 4-75 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 11

Fuente: Autor

Día 12

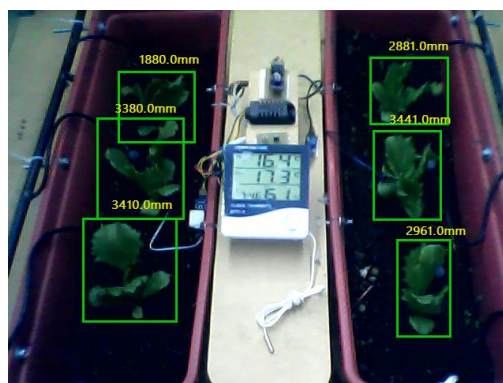


Figura 4-76 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz natural aplicada visión artificial día 12

Fuente: Autor

El programa de adquisición de imágenes que se programó en Raspberry Pi realiza el proceso de identificación del área de crecimiento al realizar la toma de fotografías cada hora. Se visualiza en las imágenes el progreso de crecimiento diario de las lechugas y para una mejor percepción los datos se ven reflejados en la Tabla 4-22.

Tabla 4-22 Recolección de medidas de crecimiento diario prototipo con luz natural

RECOLECCIÓN DE MEDIDAS DE CRECIMIENTO DIARIO						
	Objeto de estudio 1	Objeto de estudio 2	Objeto de estudio 3	Objeto de estudio 4	Objeto de estudio 5	Objeto de estudio 6
DÍA 1	538.0 mm	753.5 mm	341.5 mm	457.5 mm	580.5 mm	457.5 mm
DÍA 2	548.0 mm	824.5 mm	384.5 mm	526.0 mm	593.5 mm	503.0 mm
DÍA 3	661.5 mm	889.5 mm	517.0 mm	605.5 mm	661.5 mm	577.5 mm
DÍA 4	846.5 mm	926.0 mm	659.5 mm	808.5 mm	793.0 mm	792.5 mm
DÍA 5	970.5 mm	1124.5 mm	730.0 mm	876.0 mm	862.5 mm	849.0 mm
DÍA 6	1297.5 mm	1602.5 mm	1189.0 mm	1107.0 mm	888.5 mm	971.5 mm
DÍA 7	2010.5 mm	1680.0 mm	1294.5 mm	1225.5 mm	1610.0 mm	1142.5 mm
DÍA 8	2166.5 mm	1789.5 mm	1373.0 mm	1466.5 mm	2111.5 mm	1526.5 mm
DÍA 9	2219.5 mm	1923.5 mm	1556.5 mm	1478.0 mm	2540.0 mm	1751.5 mm
DÍA 10	3087.0 mm	2111.5 mm	1690.5 mm	2264.5 mm	2864.0 mm	2217.0 mm
DÍA 11	3171.5 mm	3285.0 mm	1777.5 mm	2315.0 mm	3324.0 mm	2435.5 mm
DÍA 12	3410.0 mm	3380.0 mm	1880.0 mm	2961.0 mm	3441.0 mm	2881.0 mm
Área de crecimiento	2872,00 mm	2626,50 mm	1538,50 mm	2503,50 mm	2860,50 mm	2423,50 mm

Fuente: Autor

Se realizó una relación entre el área medida el día uno y el día 12 para constatar el área de crecimiento (Figura 4-77).

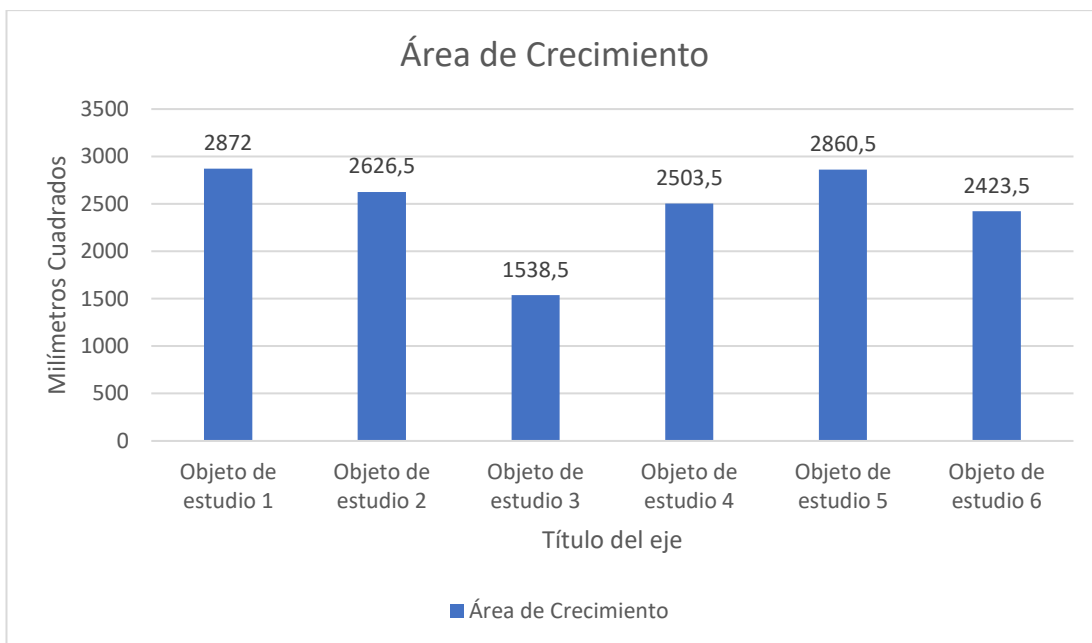


Figura 4-77 Área de crecimiento total por objeto de estudio prototipo con luz natural

Fuente: Autor

Finalmente se realizó una relación entre el área total de crecimiento con el crecimiento diario para obtener la Tabla 4-23 donde se observa el progreso de crecimiento de cada objeto de estudio.

Tabla 4-23 Porcentaje de crecimiento diario por objeto de estudio

PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DIARIO POR OBJETO DE ESTUDIO						
	Objeto de estudio 1	Objeto de estudio 2	Objeto de estudio 3	Objeto de estudio 4	Objeto de estudio 5	Objeto de estudio 6
DÍA 1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
DÍA 2	0,35 %	2,70 %	2,79 %	2,74 %	0,45 %	1,88 %
DÍA 3	3,95 %	2,47 %	8,61 %	3,18 %	2,38 %	3,07 %
DÍA 4	6,44 %	1,39 %	9,26 %	8,11 %	4,60 %	8,87 %
DÍA 5	4,32 %	7,56 %	4,58 %	2,70 %	2,43 %	2,33 %
DÍA 6	11,39 %	18,20 %	29,83 %	9,23 %	0,91 %	5,05 %
DÍA 7	24,83 %	2,95 %	6,86 %	4,73 %	25,22 %	7,06 %

DÍA 8	5,43 %	4,17 %	5,10 %	9,63 %	17,53 %	15,84 %
DÍA 9	1,85 %	5,10 %	11,93 %	0,46 %	14,98 %	9,28 %
DÍA 10	30,21 %	7,16 %	8,71 %	31,42 %	11,33 %	19,21 %
DÍA 11	2,94 %	44,68 %	5,65 %	2,02 %	16,08 %	9,02 %
DÍA 12	8,30 %	3,62 %	6,66 %	25,80 %	4,09 %	18,38 %

Fuente: Autor

4.4.5 Resultados de crecimiento diario mediante visión artificial prototipo con luz artificial

Día 1



Figura 4-78 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 1

Fuente: Autor

Día 2

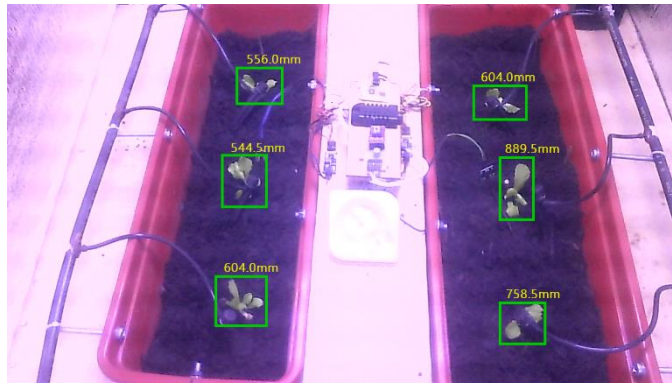


Figura 4-79 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 2

Fuente: Autor

Día 3

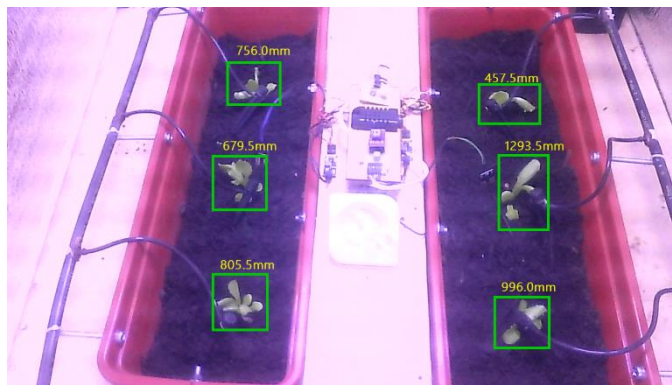


Figura 4-80 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 3

Fuente: Autor

Día 4

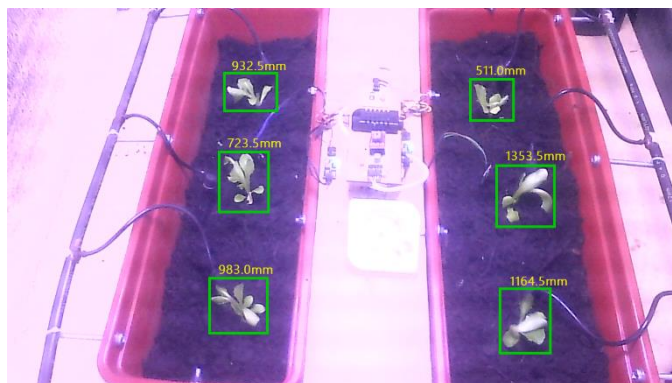


Figura 4-81 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 4

Fuente: Autor

Día 5



Figura 4-82 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 5

Fuente: Autor

Día 6



Figura 4-83 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 6

Fuente: Autor

Día 7



Figura 4-84 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 7

Fuente: Autor

Día 8

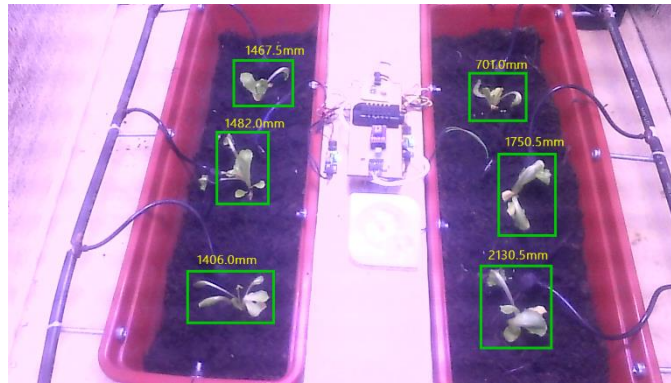


Figura 4-85 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 8

Fuente: Autor

Día 9

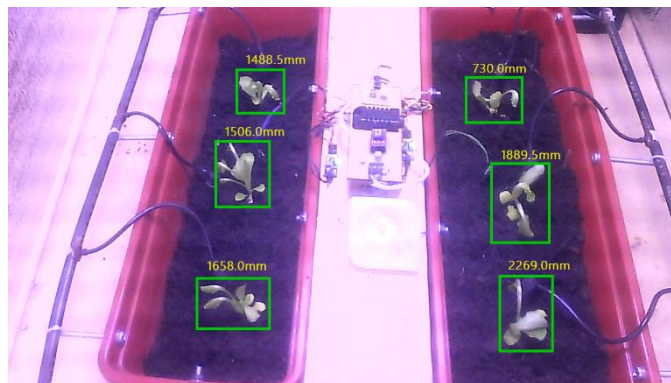


Figura 4-86 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 9

Fuente: Autor

Día 10

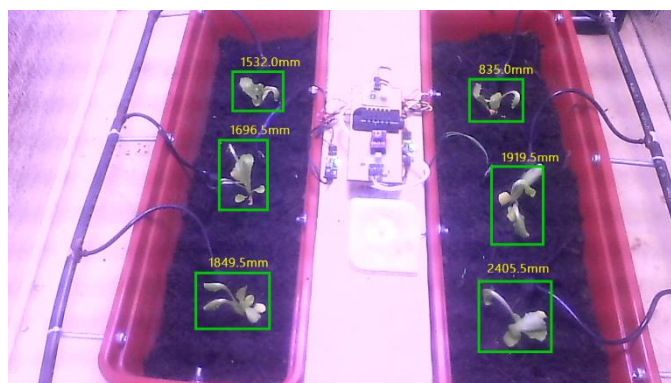


Figura 4-87 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 10

Fuente: Autor

Día 11

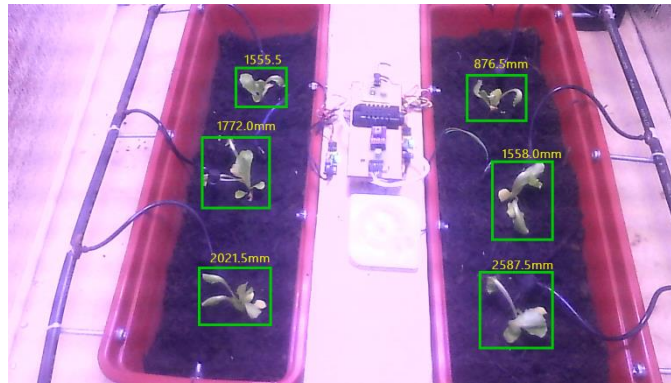


Figura 4-88 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 11

Fuente: Autor

Día 12

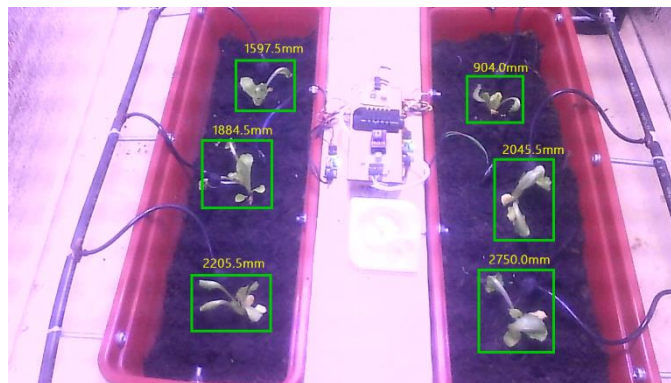


Figura 4-89 Fotos de objetos de estudio en prototipo con luz artificial aplicada visión artificial día 12

Fuente: Autor

Una vez adquiridas las imágenes con visión artificial aplicada tanto para la toma de imágenes como para el análisis del área, se detectó problemas por el espectro de luz que es diferente al de la exposición de la luz natural por lo que no detectó en un principio el área de la planta por lo que se debe recalibrar el programa para las diferentes exposiciones de luz. Una vez que se resolvió el problema se pudo obtener los datos que se encuentran en la Tabla 4-24.

Tabla 4-24 Recolección de medidas de crecimiento diario prototipo con luz Artificial

RECOLECCIÓN DE MEDIDAS DE CRECIMIENTO DIARIO
--

	Objeto de estudio 1	Objeto de estudio 2	Objeto de estudio 3	Objeto de estudio 4	Objeto de estudio 5	Objeto de estudio 6
DÍA 1	523,50 mm	422,00 mm	439,00 mm	600,00 mm	672,50 mm	391,50 mm
DÍA 2	604,00 mm	544,50 mm	556,00 mm	758,50 mm	889,50 mm	404,00 mm
DÍA 3	805,50 mm	679,50 mm	756,00 mm	996,00 mm	1293,50 mm	457,50 mm
DÍA 4	983,00 mm	723,50 mm	932,50 mm	1164,50 mm	1353,50 mm	511,00mm
DÍA 5	1098,50 mm	913,50 mm	1048,50 mm	1389,00 mm	1460,50 mm	556,00 mm
DÍA 6	1203,50 mm	1034,50 mm	1208,00 mm	1548,00 mm	1580,00 mm	567,00 mm
DÍA 7	1295,00 mm	1233,50 mm	1348,50 mm	1898,00 mm	1660,50 mm	656,00 mm
DÍA 8	1406,00 mm	1482,00 mm	1467,50 mm	2130,50 mm	1750,50 mm	701,00 mm
DÍA 9	1658,00 mm	1506,00 mm	1488,50 mm	2269,00 mm	1889,50 mm	731,00 mm
DÍA 10	1849,50 mm	1696,50 mm	1532,00 mm	2405,50 mm	1919,50 mm	835,00 mm
DÍA 11	2021,50 mm	1772,00 mm	1555,50 mm	2587,50 mm	1958,00 mm	876,50 mm
DÍA 12	2205,50 mm	1884,50 mm	1597,50 mm	2750,00 mm	2045,50 mm	904,00 mm
Área de crecimiento	1682,00 mm	1462,50 mm	1158,50 mm	2150,00 mm	1373,00 mm	512,50 mm

Fuente: Autor

En la que se puede ver el área de crecimiento de las plantas en el prototipo con luz artificial

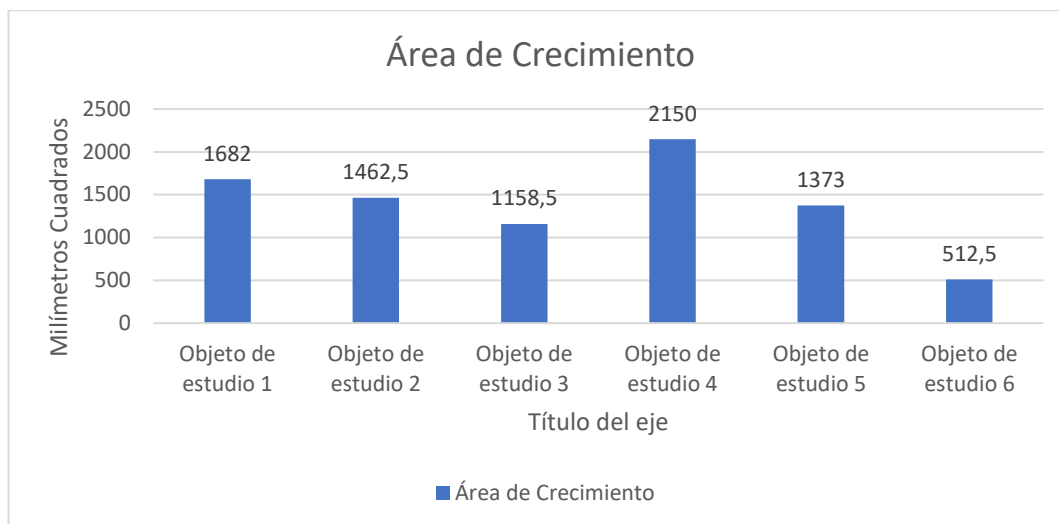


Figura 4-90 Área de crecimiento total por objeto de estudio prototipo con luz artificial

Fuente: Autor

De igual manera se realizó un análisis de crecimiento diario en la Tabla 4-25

Tabla 4-25 Porcentaje de crecimiento diario por objeto de estudio

PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DIARIO POR OBJETO DE ESTUDIO						
	Objeto de estudio 1	Objeto de estudio 2	Objeto de estudio 3	Objeto de estudio 4	Objeto de estudio 5	Objeto de estudio 6
DÍA 1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
DÍA 2	4,79 %	8,38 %	10,10 %	7,37 %	15,80 %	2,44 %
DÍA 3	11,98 %	9,23 %	17,26 %	11,05 %	29,42 %	10,44 %
DÍA 4	10,55 %	3,01 %	15,24 %	7,84 %	4,37 %	10,44 %
DÍA 5	6,87 %	12,99 %	10,01 %	10,44 %	7,79 %	8,78 %
DÍA 6	6,24 %	8,27 %	13,77 %	7,40 %	8,70 %	2,15 %
DÍA 7	5,44 %	13,61 %	12,13 %	16,28 %	5,86 %	17,37 %
DÍA 8	6,60 %	16,99 %	10,27 %	10,81 %	6,55 %	8,78 %
DÍA 9	14,98 %	1,64 %	1,81 %	6,44 %	10,12 %	5,85 %
DÍA 10	11,39 %	13,03 %	3,75 %	6,35 %	2,18 %	20,29 %

DÍA 11	10,23 %	5,16 %	2,03 %	8,47 %	2,80 %	8,10 %
DÍA 12	10,94 %	7,69 %	3,63 %	7,56	6,37 %	5,37 %

Fuente: Autor

4.4.6 Resultados de crecimiento entre prototipos

Los objetos de estudio fueron sometidos a similares condiciones de temperatura y humedad del suelo además de ser ubicados estratégicamente a la exposición de luminosidad de la misma manera por consiguiente el objeto de estudio 1 del primer prototipo tiene relación directa con el objeto de estudio 1 del segundo prototipo y así sucesivamente hasta completar con los 6 objetos de estudio. En la Figura 4-91 se muestra un gráfico donde se relaciona los crecimientos de las plantas de los dos prototipos.

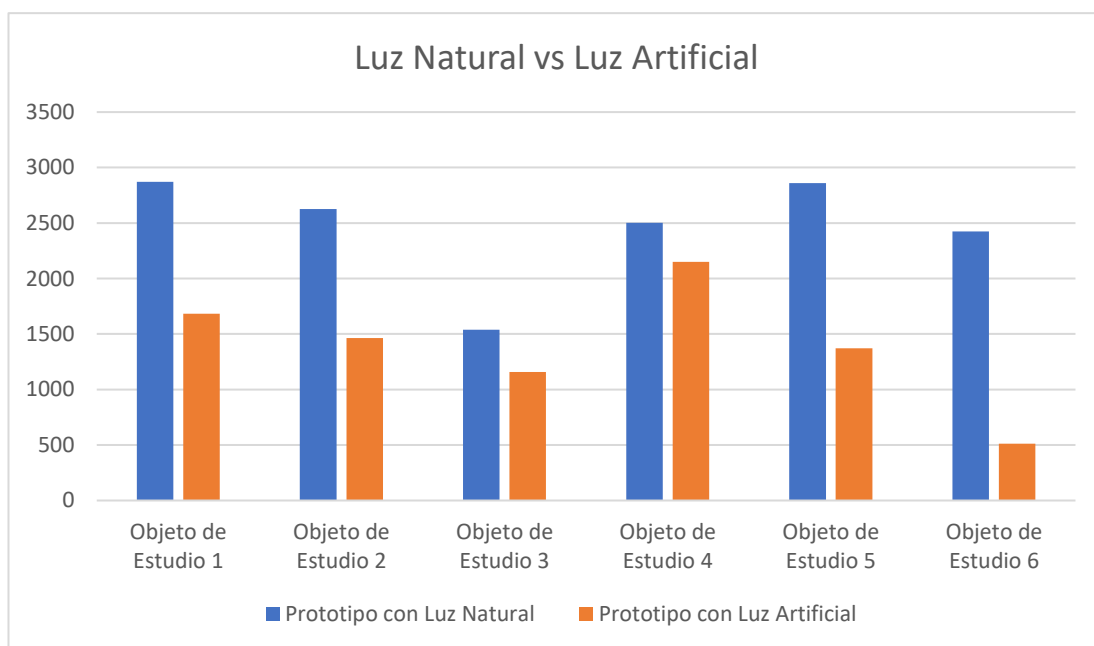


Figura 4-91 Crecimiento de plantas en Luz Natural vs Luz Artificial

Fuente: Autor

Finalmente, en el **Anexo 17** se encuentran los resultados finales de crecimiento en un tiempo de 40 días además del fertilizante ocupado con los datos de composición química.

4.4.7 Presupuesto total del prototipo

El presupuesto total para la construcción de los dos prototipos fue de novecientos ochenta y ocho dólares con 45 centavos que fueron financiados por el investigador del presente proyecto de desarrollo.

Tabla 4-26 Presupuesto total de los Prototipos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
2	Arduinos mega pro Embed	18	36
4	Tubos cuadrados de Metal 3 metros	6	24
2	Web Cam 720p	12	24
2	Raspberry Pi 3 B +	75	150
2	Módulos Dimmer de 15A	22	44
2	DTH22	8	16
1	Lampara LED de crecimiento de plantas	60	60
1	Led luz Roja Azul	40	40
2	Sensores de LUZ OPT101	20	40
4	Puentes H TB6612	6	24
1	Inversor DC-DC Buck	40	40
2	Arduinos nano	12	24
2	Bombas de agua	17	34
3	Módulos relé de 1 canal	2,5	7,5
2	LCD 20x4 con I2C	10,5	21
4	Sensores de Humedad pequeños	2,5	10
2	Adaptadores de corriente de 5v 3A	10	20
2	Módulos micro sd CARD	2,5	5
4	Ventiladores de 8x8cm	4,5	18
2	Ventiladores de 4x4cm	2	4
2	Fuentes de Poder	15	30
1	Placa de fibra de vidrio 30x20	7,5	7,5
6	Espadines dobles para Arduino Mega	1,4	8,4
1	Espadín 40 tipo L	0,6	0,6
4	Espadines rectos para Arduino nano y TB6612	0,6	2,4
6	Conectores Hembra /macho	1,25	7,5
0,5	Metro de cable Dupont 16 hilos	1,95	0,975
0,5	Metro de cable Dupont 24 hilos	5,5	2,75
16	Metros de cable utp cat 5E	0,45	7,2
10	Metros de cable violeta	0,35	3,5
2	Metros de cable amarillo	0,35	0,7
4	Metro de cable rojo	0,35	1,4
4	Metros de cable negro	0,35	1,4
4	Cables de Arduino 20cm	0,1	0,4

1	Bornera eléctrica	1,2	1,2
6	Molex de 3 pines	0,5	3
10	Molex de 4 pines	0,6	6
12	Molex de 2 pines	0,45	5,4
4	Molex de 6 pines	1,2	4,8
2	Molex de 7 pines	1,3	2,6
10	Resistencias	0,05	0,5
10	Pulsadores	0,15	1,5
2	Swicht de palanca	0,65	1,3
1	Rollo de velcro Blanco	9	9
1	Juego de 40 tornillos y rodela	3,2	3,2
1	Cemento de contacto	1	1
1	Kit de implementos de sistema de agua	11,42	11,42
1	Trasporte gasolina	40	40
1	Tornillo de 8cm	1,8	1,8
3	Rodelas y tornillos varios tamaños	4,45	13,35
2	Planchas MDF 244x213,5	35	70
8	Tuercas	1,5	12
3	Tornillos 3 cm	4	12
1	Tornillo sin fin	4,5	4,5
1	Canaleta Plástica 1 metro	2	2
2	Plástico transparente	3,5	7
1	Tubos de silicona Fría	1	1
1	Tubo de Permatex	1,7	1,7
1	Saco de tierra preparada	7	7
2	Calefactores Pequeños	12	24
1	Suelda de Tubos	25	25
Presupuesto Total			988,495

Fuente: Autor

CAPÍTULO V CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1 Conclusiones

- ❖ Al aplicar un cultivo de precisión y un ambiente controlado se observa resultados en una menor cantidad de tiempo, menor uso de recursos, mayor calidad en los productos y eliminación del uso de pesticidas.
- ❖ La luz LED aplicada en los cultivos de esta investigación realiza la función de un sol artificial y ayuda al crecimiento del cultivo, sin embargo, la luz del sol proporciona mejores resultados en el crecimiento de las plantas.
- ❖ El control de la lámpara LED tiene que ser exacto y proporcionar la longitud de onda necesaria para el crecimiento del cultivo caso contrario las plantas se marchitan.
- ❖ En un ambiente cerrado sin exposición a la luz natural se mantiene la humedad del suelo por lo que se pudo constatar un menor consumo de agua en relación al prototipo expuesto a la luz natural.
- ❖ La visión artificial ayuda a un mejor control del crecimiento del cultivo al analizar en este proyecto el color verde de las plantas y cuando las plantas tienden a marchitarse este color verde disminuye lo que lleva al prototipo a emitir una alerta.
- ❖ La elección del tipo de cultivo es importante debido a que debe basarse en investigaciones previas en cultivos de precisión para de esta manera calibrar los dispositivos tanto de temperatura, humedad y luz.

5.2 Recomendaciones

- ❖ Para el cambio de cultivo se debe realizar una investigación de la cantidad de nutrientes que necesitará el nuevo cultivo y programar el riego en el prototipo
- ❖ Para trabajos futuros cambiar el tipo de lámpara LED para comprobar el trabajo de longitudes de onda diferentes.
- ❖ Es necesario la implementación de un sensor de PH para tener un mejor control del cultivo.
- ❖ Las alertas en el cultivo deben analizarse en base a la investigación del tipo de plantas que se ha cultivado, para programar así una mayor o menor exposición a la luz artificial y un mayor o menor periodo de riego.

5.3 BIBLIOGRAFÍA

- ▷ *Cruce por cero arduino | Actualizado abril 2022*. (n.d.). Retrieved March 31, 2022, from <https://arduinoque.com/arduino/cruce-por-cero-arduino/>
- Al-Hadithi, B. M., Cena, C. E. G., León, R. C., & Loor, C. L. (2016). Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 13(4), 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.07.005>
- Annamaa, A. (2015). Introducing thonny, a python ide for learning programming. *ACM International Conference Proceeding Series, 19-22-Nov-2015*, 117–121. <https://doi.org/10.1145/2828959.2828969>
- Aqeel-Ur-Rehman, Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A. (2014). A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards and Interfaces*, 36(2), 263–270. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.03.004>
- Beacham, A. M., Vickers, L. H., & Monaghan, J. M. (2019). Vertical farming: a summary of approaches to growing skywards. In *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* (Vol. 94, Issue 3, pp. 277–283). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1574214>
- Berkovich, Y. A., Konovalova, I. O., Smolyanina, S. O., Erokhin, A. N., Avercheva, O. v., Bassarskaya, E. M., Kochetova, G. v., Zhigalova, T. v., Yakovleva, O. S., & Tarakanov, I. G. (2017). LED crop illumination inside space greenhouses. In *REACH* (Vol. 6, pp. 11–24). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.reach.2017.06.001>
- Binti, I., Syawal, M., Bin, F., & Khairul, M. (n.d.). *Identification of Fruit Size and Maturity Through Fruit Images Using OpenCV-Python and Raspberry Pi*.
- Bista, D. (2016). *Understanding and Design of an Arduino-based PID Controller*.
- Candarle, P. (2015). *Técnicas de Acuaponia*.

Castañer, L., & Silvestre, S. (2006). Modelling photovoltaic systems using PSpice®. *Modelling Photovoltaic Systems Using PSpice®*, 1–358. <https://doi.org/10.1002/0470855541>

de Lima Holzmann, R. (n.d.). *RELACIÓN SUELO-PLANTA-AGUA*. www.inta.gob.ar/altovalle

Detector de cruce por cero con Arduino y optoacoplador H11AA1. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://www.luisllamas.es/arduino-cruce-por-cero-h11aa1/>

DHT22: Sensor de humedad/temperatura de precisión para Arduino. (n.d.). Retrieved March 31, 2022, from <http://panamahitek.com/dht22-sensor-de-humedadtemperatura-de-precision-para-arduino/>

El tutorial de Python — documentación de Python - 3.10.2. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>

Escarabajal-Henarejos, D., Molina-Martínez, J. M., Fernández-Pacheco, D. G., Cavas-Martínez, F., & García-Mateos, G. (2015). Digital photography applied to irrigation management of Little Gem lettuce. *Agricultural Water Management*, 151, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.009>

Garrido, M. (2017). *HIDROPONIA*.

Hernández Salamanca, C. J., & Piñeros Muñoz, J. S. (2013). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN TIPO AEROPÓNICO*. <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/4432>

Holton, J., & Fratangelo, T. (n.d.). *Raspberry Pi Architecture Agenda • Background Info • Full Architecture Overview • CPU Overview • CPU Pipeline Stages • Branch Prediction and Folding • GPU Overview • Applications Background Info*. www.sparkfun.com

Howse, Joseph. (2013). *OpenCV Computer Vision with Python*. Packt Publishing.

IDE – Aprendiendo Arduino. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/ide/>

Mackowiak, C. L., Ruffe, L. M., Yorio, N. C., Goins, G. D., Kagie, H. R., Wheeler, R. M., & Sager, J. C. (2001). Improving Spinach, Radish, and Lettuce

Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. In *HORTSCIENCE* (Vol. 36, Issue 2).

Ministerio de agricultura ganadería y pesca. (2016). *LA POLITICA AGROPECUARIA ECUATORIANA Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 II Parte*. <http://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/03-06PPP2015-POLITICA03.pdf>

Mocq, F. (2017). *Raspberry Pi 3 o Pi Zero: Explote todo el potencial de su nano-ordenador*. Ediciones Eni. www.ediciones-eni.com

Módulo Dimmer AC 220V/2A. (n.d.). Retrieved March 15, 2022, from <https://naylampmechatronics.com/drivers/398-modulo-dimmer-ac-220v-2a.html>

Mordvintsev, A. (2017). *OpenCV-Python Tutorials Documentation Release 1*.

Nagarasu, B., & Manimegalai, M. (2017). Automatic irrigation and worm detection for peanut field using Raspberry pi with OpenCV. *Proceedings of 2016 Online International Conference on Green Engineering and Technologies, IC-GET 2016*. <https://doi.org/10.1109/GET.2016.7916813>

Novillo-Vicuña, J., Hernández Rojas, D., Mazón Olivo, B., Molina Ríos, J., & Cárdenas Villavicencio, O. (2018). Arduino y el Internet de las cosas. In *Arduino y el Internet de las cosas*. Editorial Científica 3Ciencias. <https://doi.org/10.17993/ingytec.2018.45>

OpenCV: OpenCV-Python Tutorials. (n.d.). Retrieved March 17, 2022, from https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html

PID Controllers - Arduino - page 137. (n.d.). Retrieved March 30, 2022, from <http://what-when-how.com/Tutorial/topic-52443jg/Arduino-141.html>

Ramos Gonzalías, Y., & Ramírez Lasso, E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). *Informador Técnico*, 80(2), 111. <https://doi.org/10.23850/22565035.480>

Ratnaparkhi, S., Khan, S., Arya, C., Khapre, S., Singh, P., Diwakar, M., & Shankar, A. (2020). Smart agriculture sensors in IOT: A review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.138>

Sahu, B., Chatterjee, S., Mukherjee, S., Sharma, C., & Author, C. (2019). Tools of precision agriculture: A review. ~ 2692 ~ *International Journal of Chemical Studies*, 7(6), 2692–2697. <http://www.chemijournal.com>

SD Card Tutorial for Arduino, ESP8266 and ESP32. (n.d.). Retrieved March 31, 2022, from <https://diyi0t.com/sd-card-arduino-esp8266-esp32/>

Sharathkumar, M., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (n.d.). *Vertical Farming: Moving from Genetic to Environmental Modification*.

Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., & Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 49, pp. 139–147). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.117>

5.4 ANEXOS

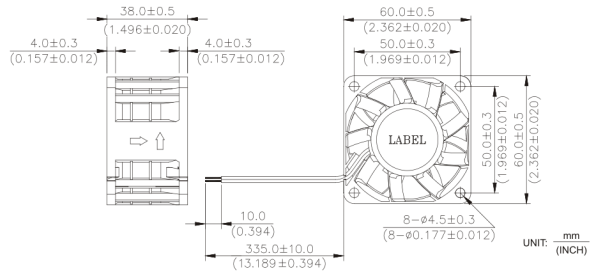
Anexo 1



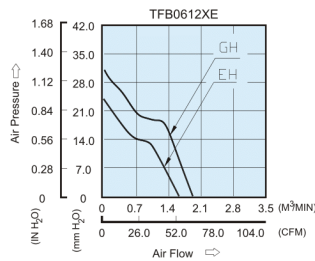
- * Bearing Type
Ball Bearings
- * Material
Impeller & Frame : Plastic(UL 94V-0)
- * Lead Wires :
UL 1007 AWG #24 OR Equivalent
Red Wire Positive(+)
Black Wire Negative(-)
- * Weight : 96g (3.39 OZ)

TFB 60 x 60 x 38 MM SERIES

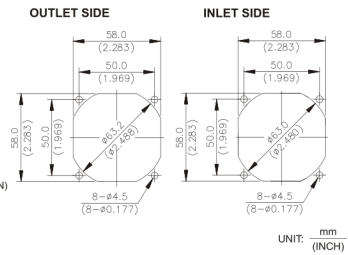
■ DIMENSIONS DRAWING



■ P & Q CURVE (AT RATED VOLTAGE)



■ MOUNTING PANEL CUTOUT



MODEL		Rated Voltage	Operating Voltage Range	Rated Current	Rated Input Power	Speed	Maximum Air Flow		Maximum Air Pressure		Noise
PART NO.	FUNCTION	VDC	VDC	Amp	Watt	R.P.M.	m ³ /min	CFM	mmH ₂ O	IN H ₂ O	dB-A
TFB0612EHE	-R00 / -F00	12	5.0 to 13.2	1.00	12.00	8500	1.512	53.40	22.82	0.898	61.0
TFB0612GHE	-R00 / -F00	12	5.0 to 13.2	1.40	16.80	10000	1.821	64.31	31.86	1.254	64.0

* Function type is optional.
 * The max. air flow and the speed are measured in free air; max. air pressure is measured at zero air flow.
 * Noise is measured in anechoic chamber in free air, one meter from intake side.
 * All readings are typical values at rated voltage.
 * Specifications are subject to change without notice.

Handy Heater

INSTRUCTION MANUAL

Congratulations on your purchase of Handy Heater - the wall outlet space heater! This compact ceramic space heater provides quick and easy heat almost anywhere in your home. Just plug it in, set the temperature and enjoy the extra warmth. The two-speed fan ensures you are always comfortable! The easy-to-read digital display lets you set any temperature between 15°-32°C.

IMPORTANT INSTRUCTIONS SAVE THESE INSTRUCTIONS

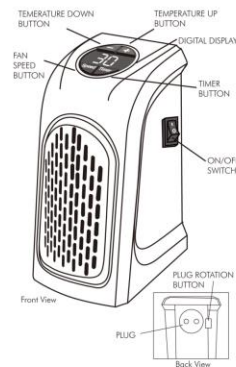
Please read and understand this entire manual before attempting to operate or install the product.

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.



SAVE THESE INSTRUCTIONS

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 240V, 15amp (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 bondings, 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 36(9) in. 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

IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

become a safety hazard.

- 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, not use flammable solvents to clean the heater. Keep the heater dry or 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 of 240 volts. It has a three-prong 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.**

Handy Heater

Design by **vtech**

GS APPLIANCE: SANMEN KINGLUWAY ELECTRICAL APPLIANCE CO., LTD.

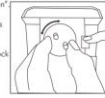
MADE IN CHINA

OPERATING INSTRUCTIONS:

1. Plug Handy Heater into desired 240V power outlet. Use "Plug Rotation" for most convenient placement on wall (See Setting 3 Prong Direction Adjustment).
2. Press "On/Off Switch" on side of the unit to "On" position to turn on the heater.
3. Select your desired temperature. Use the "+" button to raise temperature or "-" button to lower the temperature between 15°-32° on "Digital Display".
4. Select your desired fan speed. Press "Fan Speed Button" to choose between High (HI) or Low (LO) on "Digital Display".
5. When finished, press "On/Off Switch" to "Off" position and unplug Handy Heater from power outlet. Store in a cool, dry place until next use.

SETTING 3 PRONG DIRECTION ADJUSTMENT:

1. Press and hold "Plug Rotation Button".
2. Using your hand, gently turn prongs to desired position, as shown.
3. Release "Plug Rotation Button" to lock in place.



SETTING THE TIMER

Handy Heater has a built-in timer that will automatically turn the unit off after a set amount of time.

1. While Handy Heater is plugged in and turned on, press the "Timer Button" to activate timer, as shown.
2. Repeatedly press "Timer Button" to set number of hours before Handy Heater turns off. You can choose between 1-12 hours.
3. Once desired hours have been chosen, stop pressing "Timer Button" to set.
4. To cancel timer, turn Handy Heater off.



Note: Handy Heater has automatic 12 Hours default timer feature

CARE AND MAINTENANCE

WARNING: Before beginning any maintenance, unplug your Handy Heater, and allow to cool completely.

- To clean, wipe the exterior with a non-abrasive, damp cloth. Use a mild soap if needed. Dry with a soft cloth.

CAUTION: DO NOT LET LIQUID ENTER THE HEATER.

DO NOT immerse Handy Heater in water.

- Wait until the unit is completely dry before use.
- Store in a cool, dry place when not in use.

Note: If the unit stops working due to over heat, please detach unit from AC power and plug in again for reset.

SPECIFICATION:

Voltage Rating 240V (50Hz)
Power Consumption 400W(0°C) 350W(25°C)
Unit Size 4.96in. (W) x 3.31 in. (D) x 6.22 in. (H)
Unit Weight 1.06 lbs.

Anexo 3

DESCRIPCIÓN

INFO

El módulo Dimmer AC permite controlar cargas de voltaje alterno (220V AC) desde un microcontrolador como Arduino/Pic/Raspberry Pi/ESP8266. Un Dimmer AC (a diferencia de un Relay) permite el **control regulado** de voltaje AC, permitiendo obtener voltajes intermedios entre 0 y 220V AC y de esa forma variar la intensidad de brillo en bombillas incandescentes, la velocidad en motores ac como ventiladores, la potencia de un calentador resistivo y más. El dispositivo integra optoacopladores para aislamiento eléctrico entre la etapa de control y la de potencia. El módulo Dimmer también permite ser utilizado como Relay de estado sólido o SSR para control ON/OFF de cargas AC.

Un dimmer integra dos etapas: el detector de cruce por cero y el triac. El detector de cruce por cero es un circuito (normalmente un optoacoplador) que permite identificar el instante en el que el voltaje alterno tiene un valor de 0V, es decir cuando el voltaje "cruza" de voltaje positivo a negativo y viceversa. Los triacs son dispositivos semiconductores (tiristor) que pueden permitir el paso de corriente AC mediante una señal de disparo en cada semiciclo de corriente AC. Los triac son el corazón de los Relay de estado sólido o SSR. A diferencia de los relays mecánicos tradicionales un triac puede activarse muy rápido permitiendo el paso de una porción de la onda de voltaje alterno.

Para regular el voltaje AC el dimmer necesita **sincronizar** el cruce por cero con el microcontrolador y a partir de ese instante decidir el momento de activación del Triac, de esa forma es posible regular que parte de la onda senoidal estará activa y de esa forma regular la cantidad de energía a entregar. Esta técnica es conocida como control por ángulo de disparo y es la más recomendada para variar el brillo en bombillas sin causar parpadeos. A nivel de programación en Arduino se requiere el uso de Interrupción externa y Timmer. Otro método de control usando este dispositivo es la Modulación por salto de pulso (PPM).

La conexión del módulo está dividida en dos grupos: potencia y control. En la parte de potencia son dos borneras; se debe conectar el voltaje AC de alimentación a las borneras "AC-IN" y la carga a las borneras "LOAD". En la parte de control se tienen 4 headers o pines macho, se debe conectar "VCC" a 5V DC, "GND" se conecta a 0V (GND), "Z-C" es el pin de cruce por cero (zero-cross) y debe ir conectado a una entrada digital del Arduino con soporte para interrupción externa (Pin 2 o 3 en Arduino Uno), "PWM" es el pin de control de disparo del triac (trigger) y debe ir conectado a una salida digital del Arduino.

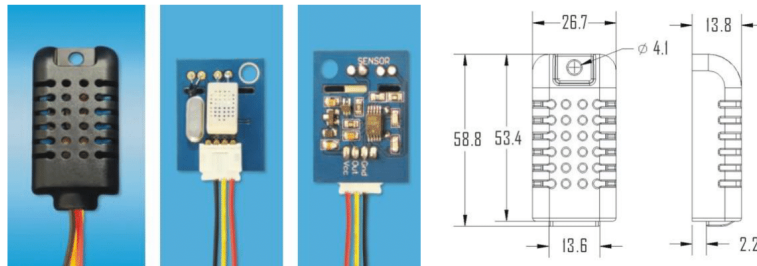
NOTA: CIERTAS PARTES DE ESTE MODULO ESTARÁN CONECTADAS A 220VAC, EL VOLTAJE DE 220V AC ES MUY PELIGROSO! EL MANEJO INCORRECTO DEL VOLTAJE AC PUEDE CAUSAR LA MUERTE! POR ESO DEBEMOS SER MUY CUIDADOSOS AL REALIZAR LAS CONEXIONES, REVISAR DETALLADAMENTE LAS CONEXIONES ANTES DE ALIMENTAR EL CIRCUITO A LA RED ELÉCTRICA. NAYLAMP MECHATRONICS NO SE RESPONSABILIZA POR LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL MAL USO DE ESTE MODULO.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Control: 3.3-5V DC
- Voltaje de Carga: 110/220V AC (máx.)
- Frecuencia AC: 50/60 Hz
- Corriente nominal carga: 2A
- Corriente máxima carga: 5A
- Potencia de carga: 440W máx.
- Triac: BTA16-600B
- Aislamiento óptico con: MOC3021 y 4N25
- Dimensiones: 63*30*32 mm
- Peso: 24 gramos

1、 Product Overview

AM2301 capacitive humidity sensing digital temperature and humidity module is the one that contains the compound has been calibrated digital signal output of the temperature and humidity sensor. Application of a dedicated digital modules collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a capacitive sensor wet components and a high-precision temperature measurement devices, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller. The product has excellent quality, fast response, strong anti-jamming capability, and high cost. Each sensor is extremely accurate humidity calibration chamber calibration. The form of procedures, the calibration coefficients stored in the microcontroller, the sensor within the processing of the heartbeat to call these calibration coefficients. Standard single-bus interface, system integration quick and easy. Small size, low power consumption, signal transmission distance up to 20 meters, making it the best choice of all kinds of applications and even the most demanding applications. Products for the 3-lead (single-bus interface) connection convenience. Special packages according to user needs.



Physical map

Dimensions (unit: mm)

2、 Applications

HVAC, dehumidifier, testing and inspection equipment, consumer goods, automotive, automatic control, data loggers, home appliances, humidity regulator, medical, weather stations, and other humidity measurement and control and so on.

3、 Features

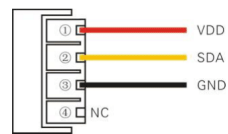
Ultra-low power, the transmission distance, fully automated calibration, the use of capacitive humidity sensor, completely interchangeable, standard digital single-bus output, excellent long-term stability, high accuracy temperature measurement devices.

4、 The definition of single-bus interface

4.1 AM2301 Pin assignments

Table 1: AM2301 Pin assignments

Pin	Color	Name	Description
1	Red	VDD	Power (3.3V-5.2V)
2	Yellow	SDA	Serial data, Dual-port
3	Black	GND	Ground
4		NC	Empty



PIC1: AM2301 Pin Assignment

4.2 Power supply pins (VDD GND)

AM2301 supply voltage range 3.3V – 5.2V, recommended supply voltage is 5V.

4.3 Serial data (SDA)

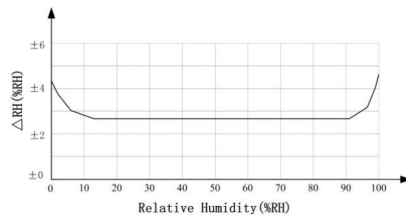
SDA pin is tri structure for reading, writing sensor data. Specific communication timing, see the detailed description of the communication protocol.

5、Sensor performance

5.1 Relative humidity

Table 2: AM2301 Relative humidity performance table

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution			0.1		%RH
Range		0		99.9	%RH
Accuracy ^[1]	25°C		± 3		%RH
Repeatability			± 1		%RH
Exchange	Completely interchangeable				
Response ^[2]	1/e(63%)		<6		S
Sluggish			± 0.3		%RH
Drift ^[3]	Typical		<0.5		%RH/yr

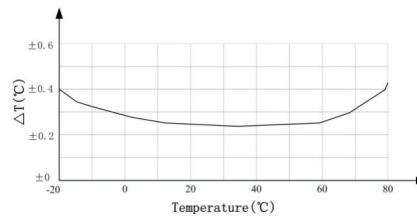


Pic2: At25°C The error of relative humidity

5.2 Temperature

Table 3: AM2301 Relative temperature performance

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution			0.1		°C
n			16		bit
Accuracy			± 0.3	± 1	°C
Range		-40		80	°C
Repeat			± 0.2		°C
Exchange	Completely interchangeable				
Response	1/e(63%)		<10		S
Drift			± 0.3		°C/yr



Pic3: The maximum temperature error

6、Electrical Characteristics

Electrical characteristics, such as energy consumption, high, low, input, output voltage, depending on the power supply. Table 4 details the electrical characteristics of the AM2301, if not identified, said supply voltage of 5V. To get the best results with the sensor, please design strictly in accordance with the conditions of design in Table 4.

Table 4: AM2301 DC Characteristics

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Voltage		3.3	5	5.2	V
Power consumption ^[1]	Dormancy	10	15		μA
	Measuring		500		μA
	Average		300		μA
Low level output voltage	I _{ol} ^[5]	0		300	mV
High output voltage	R _p <25 kΩ	90%		100%	VDD
Low input voltage	Decline	0		30%	VDD
Input High Voltage	Rise	70%		100%	VDD
R _{pu} ^[6]	VDD = 5V VIN = VSS	30	45	60	kΩ
Output current	turn on		8		mA
	turn off	10	20		μA
Sampling period		2			S

[1] the accuracy of the factory inspection, the sensor 25 ° C and 5V, the accuracy specification of test conditions, it does not include hysteresis and nonlinearity, and is only suitable for non-condensing environment.

[2] to achieve an order of 63% of the time required under the conditions of 25 ° C and 1m / s airflow.

[3] in the volatile organic compounds, the values may be higher. See the manual application to store information.

[4] this value at VDD = 5.0V when the temperature is 25 ° C, 2S / time, under the conditions of the average.

[5] low output current.

[6] that the pull-up resistor.

7、Single-bus communication (ONE-WIRE)

7.1 Typical circuits for single bus

Microprocessor and AM2301 connection typical application circuit is shown in Figure 4. Single bus communication mode, pull the SDA microprocessor I / O port is connected.

Special instructions of the single-bus communication:

1. Typical application circuit recommended in the short cable length of 30 meters on the 5.1K pull-up resistor pullup resistor according to the actual situation of lower than 30 m.
2. With 3.3V supply voltage, cable length shall not be greater than 100cm. Otherwise, the line voltage drop will lead to the sensor power supply, resulting in measurement error.
3. Read the sensor minimum time interval for the 2S; read interval is less than 2S, may cause the temperature and humidity are not allowed or communication is unsuccessful, etc..
4. Temperature and humidity values are each read out the results of the last measurement For real-time data that need continuous read twice, we recommend repeatedly to read sensors, and each read sensor interval is greater than 2 seconds to obtain accuratethe data.

Anexo 5

Specifications:

Item	Value	Item	Value
Model:	ELITE-600W	Replacement:	400W HPS
LED Power:	600W	Avg. Power Draw:	132W
Input Voltage:	AC85-265V	Input Current:	0.58A
Frequency:	50-60Hz	Lifespan:	50,000 hours
LED Quantities:	60 PCS	Suit for:	Seeding,Growing,Flowering
Hanging Height:	Suggest 24"Height	Core Coverage Area:	2.0 x 2.2'
Working Temperature:	-20 ~ 40°C	Lumens:	9836lm
Super Radiator:	Aluminum	Color:	Black
Product Size:	11.4x 7.9x 2.8 Inches	Product G.W:	5.71lb
Packing Size:	15.3x 9.8x 5.3 Inches	Packing G.W:	7.11lb

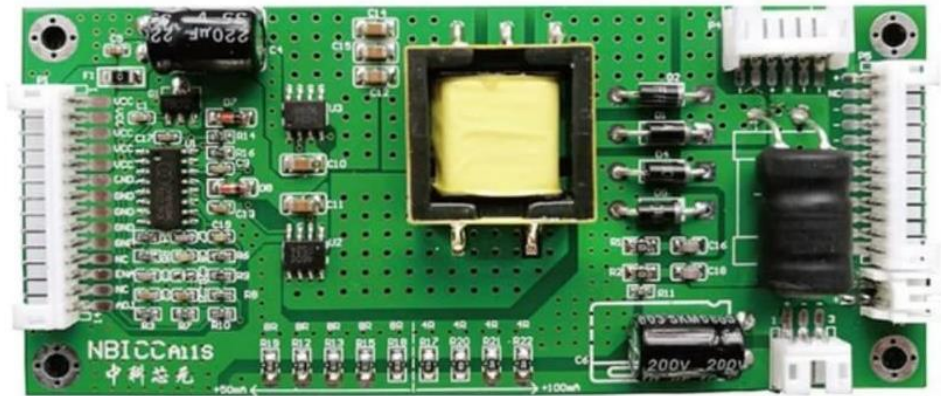
Tips:

- Reflector enhances energy, not easy to weaken
- New cooling system, unique and super strong
- Can not be daisy chained
- Two modes: BLOOM, VEG
- You would have to setup each unit separately

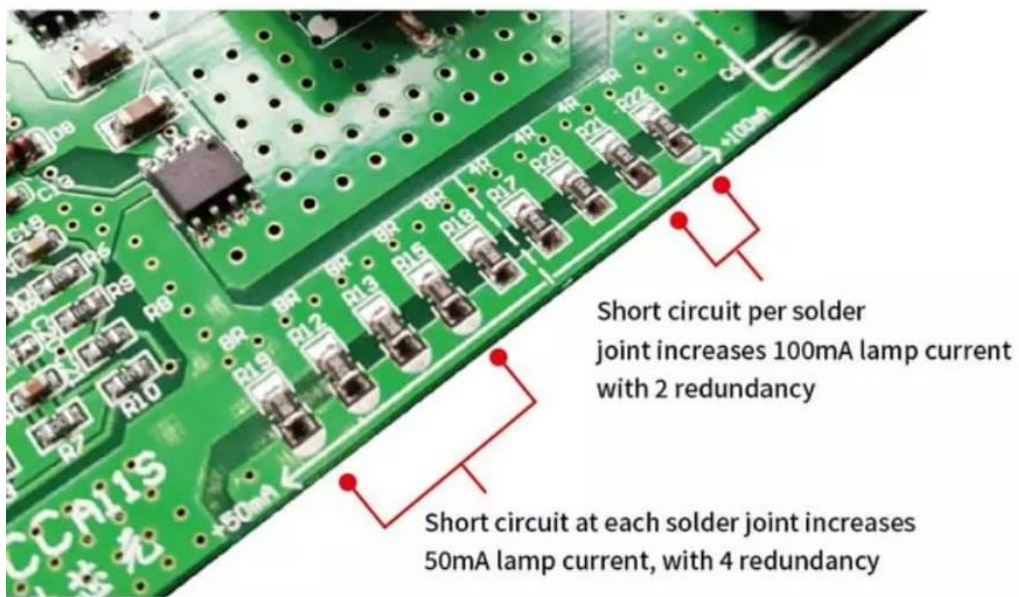
Package Includes:

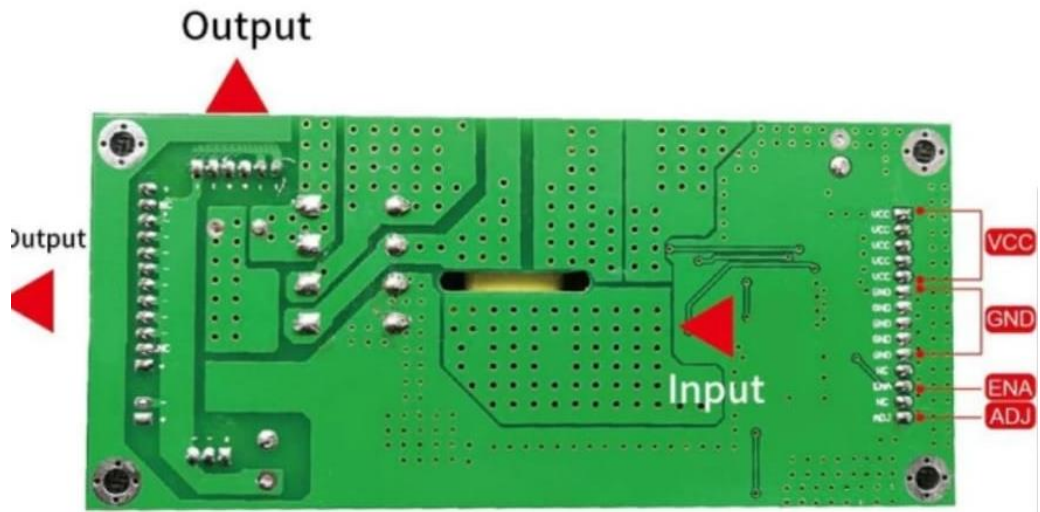
- 1x ELITE-600W
- 1x User Manual
- 2x Hanging Kits
- 1x 6ft Power Cord

Anexo 6

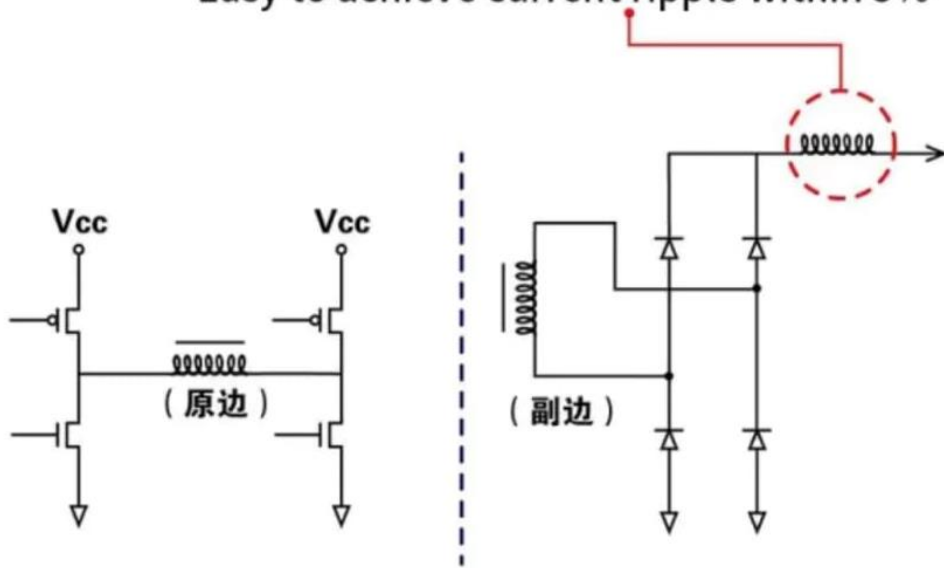


Suitable for a variety of LED LCD TVs, notebook backlights
Input voltage: 10-28v; output voltage: 8-165v (adaptive)





The inductor assumes the main current fluctuation suppression function
 Easy to achieve current ripple within 5%



<Input full bridge drive, higher efficiency>

<Output full bridge rectification, smaller ripple>

The architecture of this board

Anexo 7



OPT101

SBBS002B—JANUARY 1994—REVISED JUNE 2015

OPT101 Monolithic Photodiode and Single-Supply Transimpedance Amplifier

1 Features

- Single Supply: 2.7 to 36 V
- Photodiode Size: 0.090 inch × 0.090 inch (2.29 mm × 2.29 mm)
- Internal 1-M Ω Feedback Resistor
- High Responsivity: 0.45 A/W (650 nm)
- Bandwidth: 14 kHz at R_F = 1 M Ω
- Low Quiescent Current: 120 μ A
- Packages: Clear Plastic 8-pin PDIP and J-Lead SOP

2 Applications

- Medical Instrumentation
- Laboratory Instrumentation
- Position and Proximity Sensors
- Photographic Analyzers
- Barcode Scanners
- Smoke Detectors
- Currency Changers

3 Description

The OPT101 is a monolithic photodiode with on-chip transimpedance amplifier. The integrated combination of photodiode and transimpedance amplifier on a single chip eliminates the problems commonly encountered in discrete designs, such as leakage current errors, noise pick-up, and gain peaking as a result of stray capacitance. Output voltage increases linearly with light intensity. The amplifier is designed for single or dual power-supply operation.

The 0.09 inch × 0.09 inch (2.29 mm × 2.29 mm) photodiode operates in the photoconductive mode for excellent linearity and low dark current.

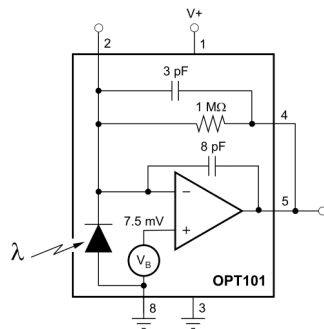
The OPT101 operates from 2.7 V to 36 V supplies and quiescent current is only 120 μ A. This device is available in clear plastic 8-pin PDIP, and J-lead SOP for surface mounting. The temperature range is 0°C to 70°C.

Device Information⁽¹⁾

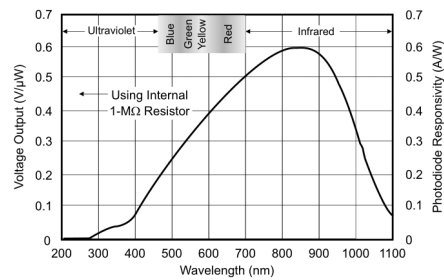
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
OPT101	PDIP (8)	9.53 mm × 6.52 mm
	SOP (8)	9.52 mm × 6.52 mm

(1) For all available packages, see the package option addendum at the end of the data sheet.

Block Diagram



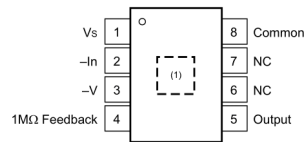
Spectral Responsivity



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

5 Pin Configuration and Functions

DTL and NTC Packages
8-pin SOP and 8-pin PDIP
Top View



(1) Photodiode location.

Pin Functions

NO.	PIN		I/O	DESCRIPTION
	NAME			
1	V_S		Power	Power supply of device. Apply 2.7 V to 36 V relative to $-V$ pin.
2	$-In$		Input	Negative input of op amp and the cathode of the photodiode. Either do not connect, or apply additional op amp feedback.
3	$-V$		Power	Most negative power supply. Connect to ground or a negative voltage that meets the recommended operating conditions.
4	1M Ω Feedback		Input	Connection to internal feedback network. Typically connect to Output, pin 5.
5	Output		Output	Output of device.
6	NC		—	Do not connect
7	NC		—	Do not connect
8	Common		Input	Anode of the photodiode. Typically, connect to ground.

6.8 Typical Characteristics

At $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 2.7\text{ V to }36\text{ V}$, $\lambda = 650\text{ nm}$, internal $1\text{-M}\Omega$ feedback resistor, and $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

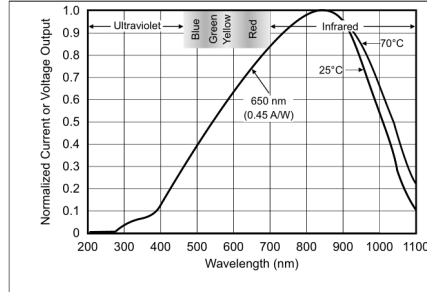


Figure 1. Normalized Spectral Response

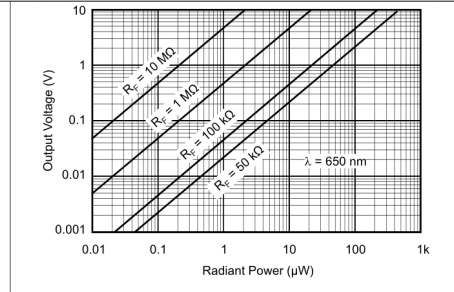


Figure 2. Voltage Responsivity vs Radiant Power

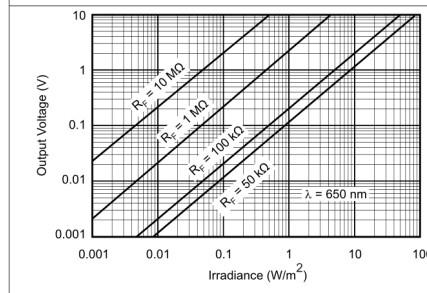


Figure 3. Voltage Responsivity vs Irradiance

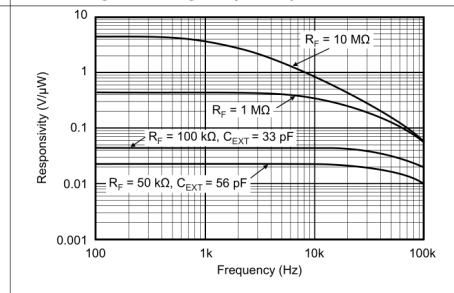


Figure 4. Voltage Responsivity vs Frequency

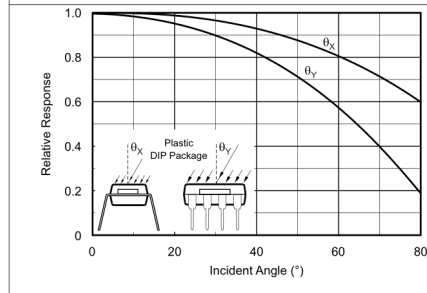


Figure 5. Response vs Incident Angle

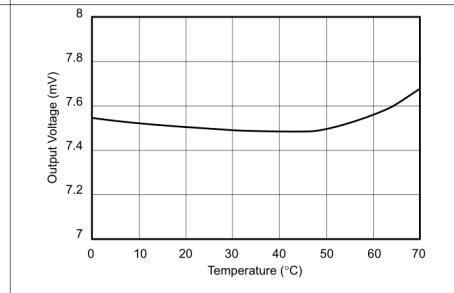


Figure 6. Dark V_{OUT} vs Temperature

9.2.1.3 Application Curves

The following figures show that the colors of the test materials sorted properly, as expected. The red test materials all showed a stronger reflection for red LED than the green and blue LEDs. The results are plotted in four groups: red (Figure 23, blue (Figure 24), green (Figure 25), and neutral color (Figure 26). The application clearly identifies the primary color of each test material. When the color is neutral, then the red, green, and blue test results are very similar to each other, as expected (within 10% of each other).

The red results had the most contrast. The green results had the least contrast. These results are likely different because the red LED has the least spectral overlap with the green and blue LEDs. The green LED has the widest spectral content. If more contrast is required, try LEDs (or other light sources) with more-narrow spectrums.

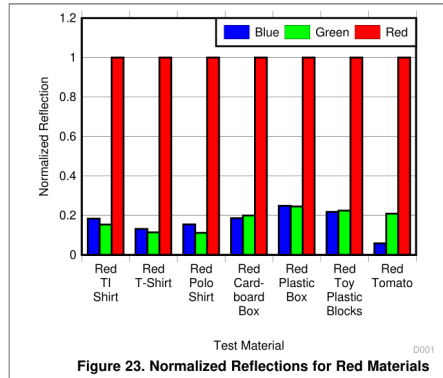


Figure 23. Normalized Reflections for Red Materials

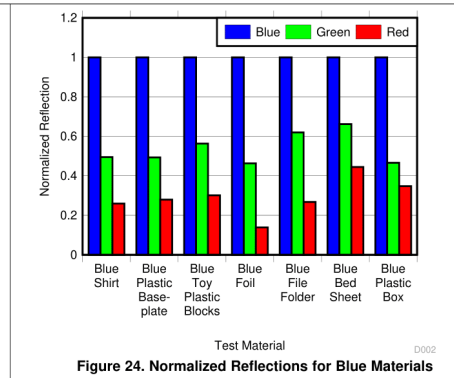


Figure 24. Normalized Reflections for Blue Materials

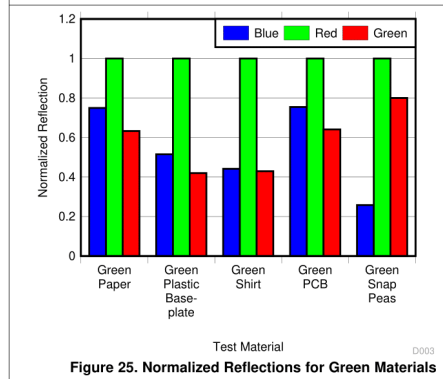


Figure 25. Normalized Reflections for Green Materials

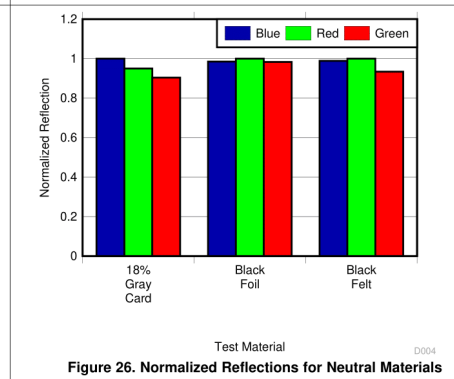


Figure 26. Normalized Reflections for Neutral Materials

Anexo 8

DESCRIPCIÓN

INFO

El Sensor de humedad de Suelo FC-28 permite medir de forma sencilla la humedad del suelo por medio de 2 electrodos resistivos. Compatible con Arduino, PIC, ESP8266/NodeMCU/NodeMCU-32. El sensor es ideal para monitorear el nivel de humedad de tus plantas y así recordar cuando necesitan ser regadas o incluso para realizar un sistema totalmente automatizado de riego añadiendo una válvula o una bomba de agua. Si el sistema se conecta a internet podríamos controlar/monitorear nuestro jardín desde cualquier lugar del mundo!

El funcionamiento del sensor se basa en medir la resistencia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la resistencia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una resistencia muy baja (corto circuito) y para un suelo muy seco la resistencia será muy alta (circuito abierto). El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento (YL-38) que entrega una salida digital y otra analógica. La salida digital (DO) es la salida de un opamp en modo comparador, la salida digital se activa cuando el nivel de humedad es menor al nivel deseado, este nivel (umbral o threshold) se puede regular con el potenciómetro de la tarjeta. La salida analógica (AO) es la salida de un divisor de tensión entre una resistencia fija y la resistencia entre los electrodos, entrega un voltaje analógico desde 0V para un suelo muy húmedo hasta 5V para un suelo muy seco. Para la conexión a Arduino podemos optar por utilizar la salida analógica del módulo conectada a una entrada analógica del Arduino o por utilizar la salida digital (DO) conectada a una entrada digital del Arduino.

Recomendaciones: Introducir en la tierra solo la parte de los electrodos, los circuitos debe ser protegidos de la humedad. Para extender la vida útil del sensor se puede alimentar el sensor solo cuando va a ser leído y no permanentemente. Una alternativa de mayor vida útil es el [Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo](#).

Nota: La salida del sensor es de tipo cualitativo más que de tipo cuantitativo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de alimentación: 3.3V - 5V DC (VCC)
- Corriente de operación: 35mA
- Voltaje de señal de salida analógico (AO) : 0 a VCC
- Voltaje de señal de salida digital (DO) : 3.3V/5V TTL
- Opamp LM393 en modo comparador, umbral (threshold) regulable por potenciómetro
- Superficie de electrodo: Estaño
- Incluye: Electrodo, Placa y cable de conexión
- Vida útil electrodo sumergido: 3 a 6 meses
- Dimensiones YL-38: 30*16 mm
- Dimensiones YL-69: 60*20*5 mm
- Peso:

CONEXIONES

- **VCC:** Voltaje de alimentación (3.3V - 5V DC)
- **GND:** Tierra (GND 0V)
- **DO:** Salida digital
- **AO:** Salida analógica

Specification:

The advantages of our pumps

- Brushless, permanent magnetic rotor, maintenance-free, long life.
- Small size, high efficiency, low consumption, low noise.
- Stator and circuit board sealed by epoxy resin, completely water proof.
- Parameter adjustable, 12v pump's head can be 1.5m to 3m.
- Can be customized.

DC30A Series



Mode Note:

DC30A-XXXX

- Head: 30 means the pump head is 3m
- Voltage: 12 means the voltage is 12V DC
- Differentiate inlet & outlet from DC 30
- Size: 30 means the diameter of pump around 30 mm
- Means the pump is brushless dc pump

Parameter (only for reference, it can be customized)

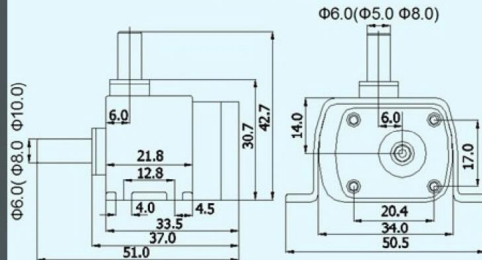
Model	Voltage		Rated Current	Max flow		Max head		Power
	V	A		L/H	G/H	M	ft	
DC30A-0406	4.5	0.10	100	26	0.6	2.0	0.45	
DC30A-0507	5	0.11	110	29	0.7	2.3	0.55	
DC30A-0609	6	0.11	120	32	0.9	3.0	0.66	
DC30A-0712	7	0.13	160	42	1.2	3.9	0.91	
DC30A-0913	9	0.14	170	45	1.3	4.2	1.26	
DC30A-1215	12	0.18	200	53	1.5	4.8	2.16	
DC30A-1219	12	0.22	210	55	1.9	6.2	2.64	
DC30A-1223	12	0.23	220	58	2.3	7.5	2.76	
DC30A-1225	12	0.26	230	61	2.5	8.1	3.12	
DC30A-1227	12	0.29	235	62	2.7	8.8	3.48	
DC30A-1230	12	0.35	240	63	3.0	9.7	4.20	

Remarks: The current above is open outlet current, when contact to circulation system the current will cut down to 55%~65% of Rated current.
The above parameter tested with 8mm inlet and outlet.

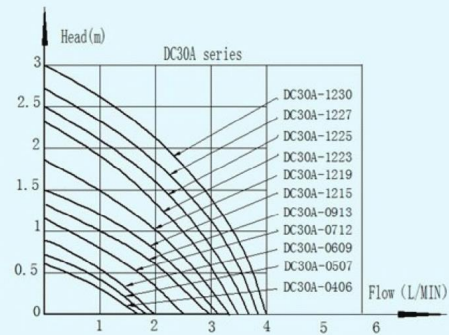
Specification

N O	Items	Specs
1	Sizes and weight	51x34x42.7; 50g
2	Dimension of inlet	Optional (10mm or 8mm or 6mm)
3	Dimension of outlet	Optional (8mm or 5mm or 6mm)
4	Driving method	Brushless, Permanent Magnetic, 2 phase
5	Pump material	ABS+PC (optional)
6	Condition of use	Continuously
7	Fluids	Water, oil, gasoline, acid and alkali solution
8	Max working temp	60 Celsius
9	Power consumption	0.5W~4.2W
10	Rated voltage	12Vdc
11	Voltage used	4.5Vdc ~ 12Vdc
12	Max rated current	350mA
13	Max flow rate	4L/MIN(1.06G/MIN)
14	Max Static Head	3m(9.8ft)
15	Noise	<40dB (most 35dB)
16	Water proof class	IP68 (can be submersible installed)
17	Life span	More than 30000hrs
18	Power supply	Solar panel; DC electric source; battery

unit: mm



Dimension



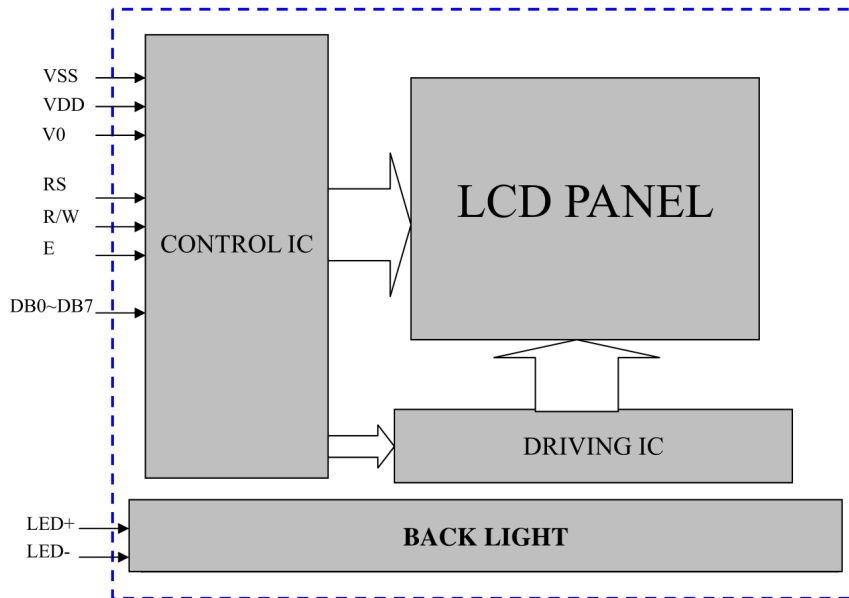
Head-Flow curve graph



FUNCTIONS & FEATURES

- Construction : COB(Chip-on-Board)
- Display Format : 20x4 Characters
- Display Type : STN, Transflective, Positive, Y-G
- Controller : SPLC780D1 or equivalent controller
- Interface : 8-bit parallel interface
- Backlight : yellow-green/ bottom light
- Viewing Direction : 6 O'clock
- Driving Scheme : 1/16 Duty Cycle, 1/5 Bias
- Power Supply Voltage : 5.0 V
- V_{LCD} Adjustable For Best Contrast : 4.7 V (V_{OP.})
- Operation temperature : -10°C to +60°C
- Storage temperature : -20°C to +70°C

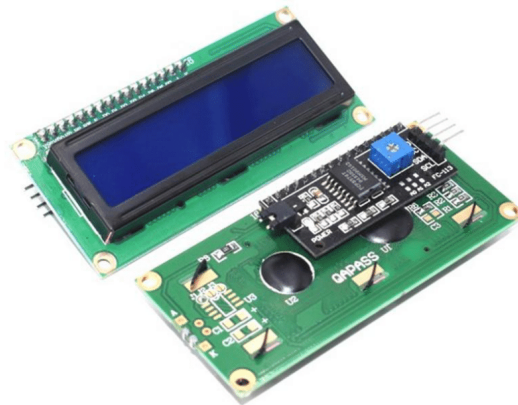
BLOCK DIAGRAM





I2C Serial Interface 1602 LCD Module

This is I2C interface 16x2 LCD display module, a high-quality 2 line 16 character LCD module with on-board contrast control adjustment, backlight and I2C communication interface. For Arduino beginners, no more cumbersome and complex LCD driver circuit connection. The real significance advantages of this I2C Serial LCD module will simplify the circuit connection, save some I/O pins on Arduino board, simplified firmware development with widely available Arduino library.



SKU: [DSP-1182](#)

Brief Data:

- Compatible with Arduino Board or other controller board with I2C bus.
- Display Type: Negative white on Blue backlight.
- I2C Address: 0x38-0x3F (0x3F default)
- Supply voltage: 5V
- Interface: I2C to 4bits LCD data and control lines.
- Contrast Adjustment: built-in Potentiometer.
- Backlight Control: Firmware or jumper wire.
- Board Size: 80x36 mm.

Setting Up:

Hitachi's HD44780 based character LCD are very cheap and widely available, and is an essential part for any project that displays information. Using the LCD piggy-back board, desired data can be displayed on the LCD through the I2C bus. In principle, such backpacks are built around PCF8574 (from NXP) which is a general purpose bidirectional 8 bit I/O port expander that uses the I2C protocol. The PCF8574 is a silicon CMOS circuit provides general purpose remote I/O expansion (an 8-bit quasi-bidirectional) for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I2C-bus). Note that most piggy-back modules are centered around PCF8574T (SO16 package of PCF8574 in DIP16 package) with a default slave address of 0x27. If your piggy-back board holds a PCF8574AT chip, then the default slave address will change to 0x3F. In short, if the piggy-back board is based on PCF8574T and the address connections (A0-A1-A2) are not bridged with solder it will have the slave address 0x27.



Address selection pads in the I2C-to-LCD piggy-back board.

Table 5. PCF8574A address map

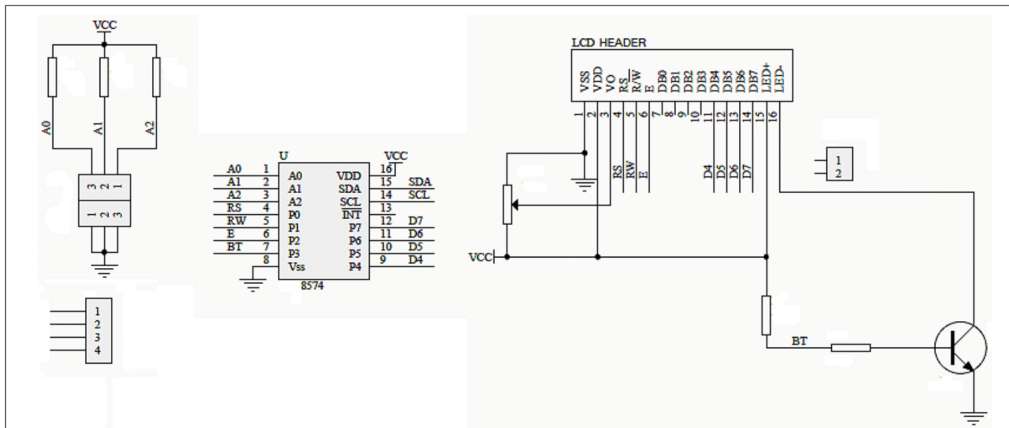
Pin connectivity			Address of PCF8574A								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V _{SS}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	0	0	0	-	70h	71h	38h
V _{SS}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	0	0	1	-	72h	73h	39h
V _{SS}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	3Ah
V _{SS}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	0	1	1	-	76h	77h	3Bh
V _{DD}	V _{SS}	V _{SS}	0	1	1	1	1	0	0	-	78h	79h	3Ch
V _{DD}	V _{SS}	V _{DD}	0	1	1	1	1	0	1	-	7Ah	7Bh	3Dh
V _{DD}	V _{DD}	V _{SS}	0	1	1	1	1	1	0	-	7Ch	7Dh	3Eh
V _{DD}	V _{DD}	V _{DD}	0	1	1	1	1	1	1	-	7Eh	7Fh	3Fh

Address Setting of PCD8574A (extract from PCF8574A data specs).

Note: When the pad A0~A2 is open, the pin is pull up to VDD. When the pin is solder shorted, it is pull down to VSS.

The default setting of this module is A0~A2 all open, so is pull up to VDD. The address is 3Fh in this case.

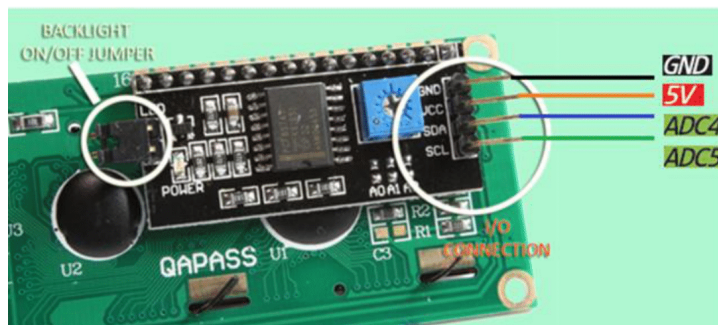
Reference circuit diagram of an Arduino-compatible LCD backpack is shown below. What follows next is information on how to use one of these inexpensive backpacks to interface with a microcontroller in ways it was exactly intended.



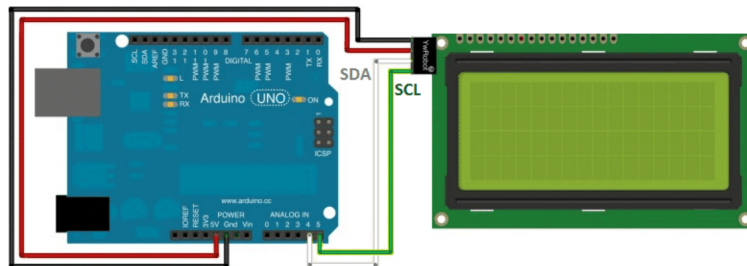
Reference circuit diagram of the I2C-to-LCD piggy-back board.

I2C LCD Display.

At first you need to solder the I2C-to-LCD piggy-back board to the 16-pins LCD module. Ensure that the I2C-to-LCD piggy-back board pins are straight and fit in the LCD module, then solder in the first pin while keeping the I2C-to-LCD piggy-back board in the same plane with the LCD module. Once you have finished the soldering work, get four jumper wires and connect the LCD module to your Arduino as per the instruction given below.



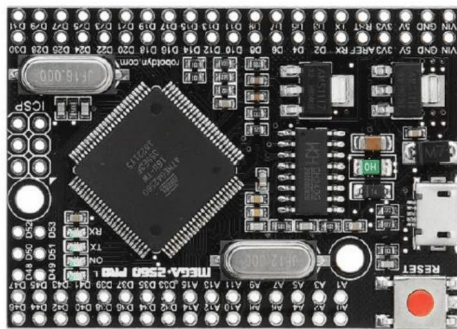
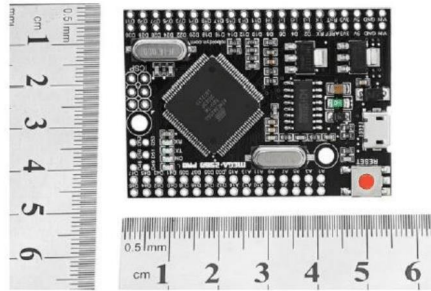
LCD display to Arduino wiring.

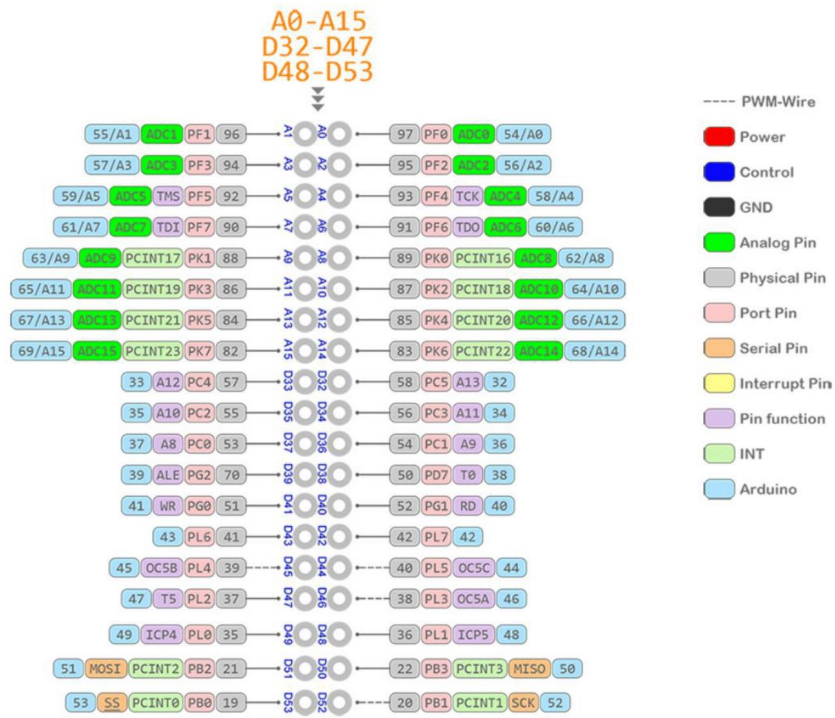


Anexo 11

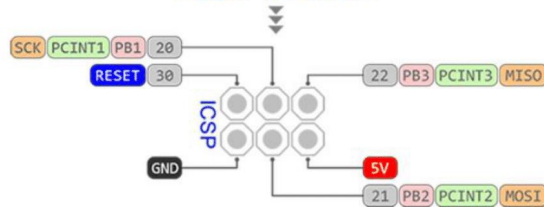


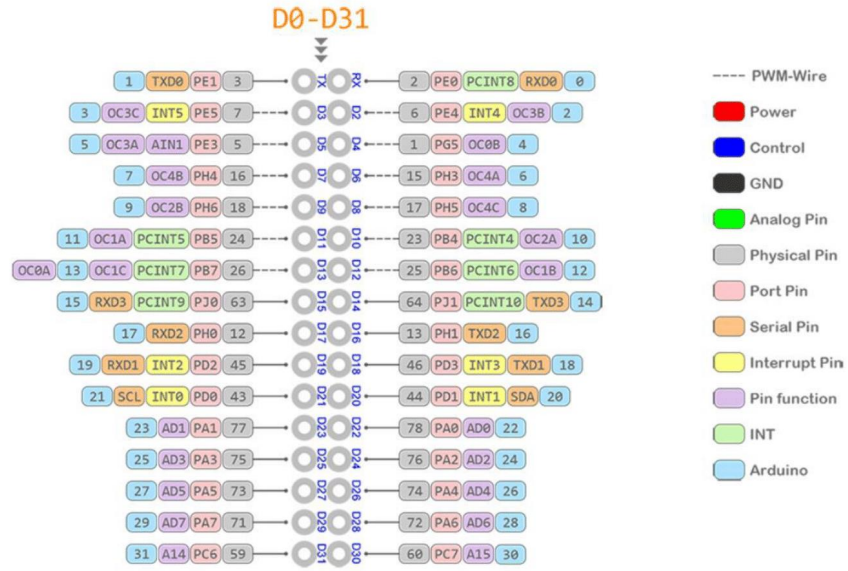
Dimension Diagrams



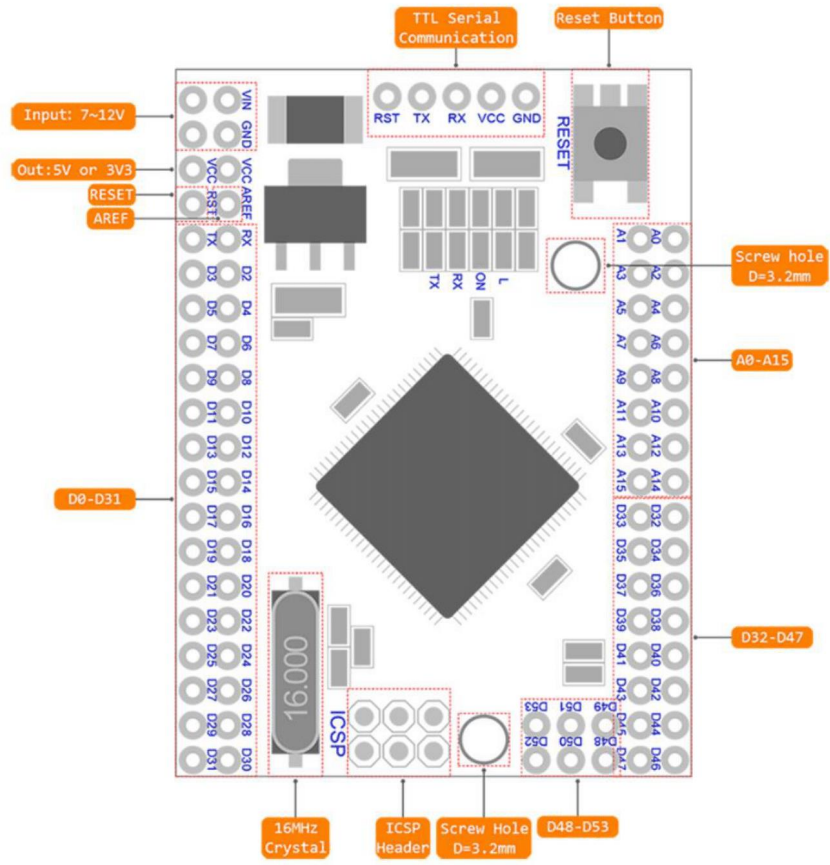


ICSP PINOUT





Pinout Diagram

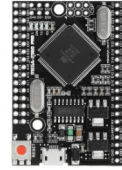




USB	Micro USB
Clock Frequency	16MHz
Operating Supply Voltage	5V
Digital I/O	54
Analog I/O	16
Memory Size	256kb
Data RAM Type/Size	8Kb
Data ROM Type/Size	4Kb
Interface Type	ISP
Operating temperature	-40C°/+85C°
Board's Size	38x54mm



EnM Industry
www.enmindustry.de



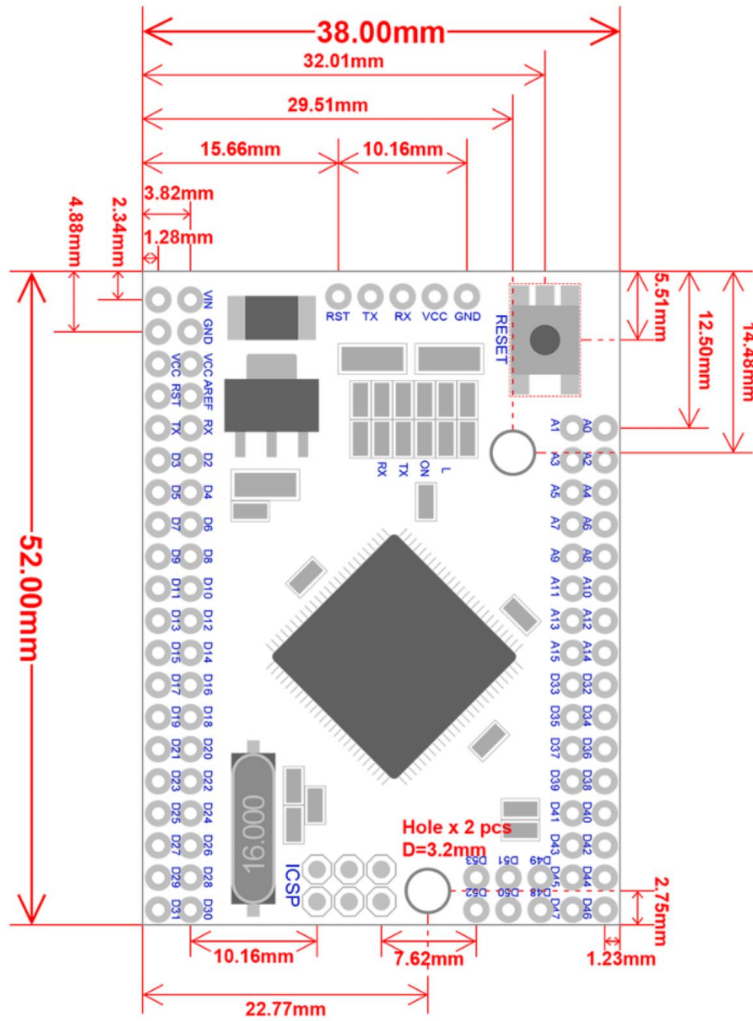
Mega2650PRO Datasheet

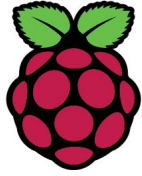
Mega 2650 PRO mini 5V ATMEGA 2650-16AU Development Board

- Embedded version of Mega 2560 CH340G/ATmega2560 compatible with Arduino Mega 2560 board, built on Atmel ATmega2560 microcontroller and USB-UART interface chip CH340G.
- The board has a compact size of 38x55mm. It is a good solution to make the final project on the prototype board.
- The functionality of the board is similar to the Arduino Mega2560. It is an embedded board and uses the original chip of ATmega2560 (16MHz).
- The board uses the chip CH340G as a UART-USB converter. Its function in the frequency 12MHz, leads to a stable data exchange (the driver must be installed).
- Mega PRO (Embedded) 2560 CH340G/ATmega 2560 can be connected to the computer through micro USB cable.
- Power supply of the board is via the microUSB connector or via pin headers. The voltage regulator (LDO) can handle an input voltage of 6 V to 9 V (peak 18 V) DC. The output current is over 800 mA at 5 V (please note that the higher the input voltage, the lower the output current). This will provide reliable performance in the initial projects.

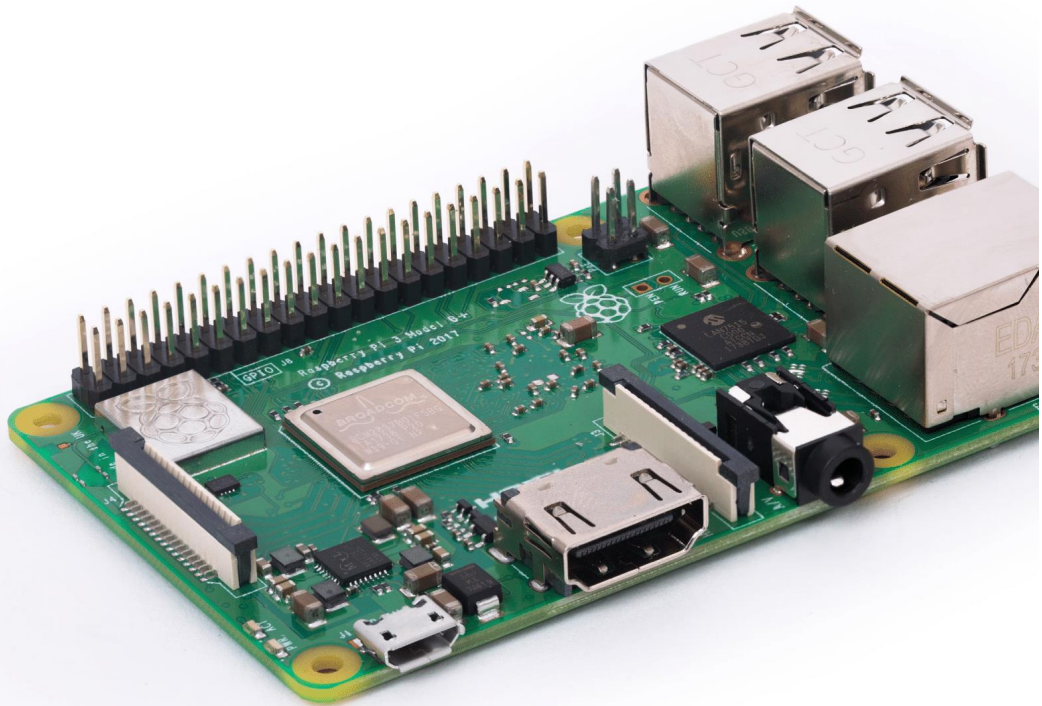
Microcontroller	ATmega 2560
USB-TTL converter	CH340
Power Out	5V-800mA
Power In	5V
Power In VIN/DC Jack	5V
Power Consumption	5V 220mA
Logic Level	5V

1

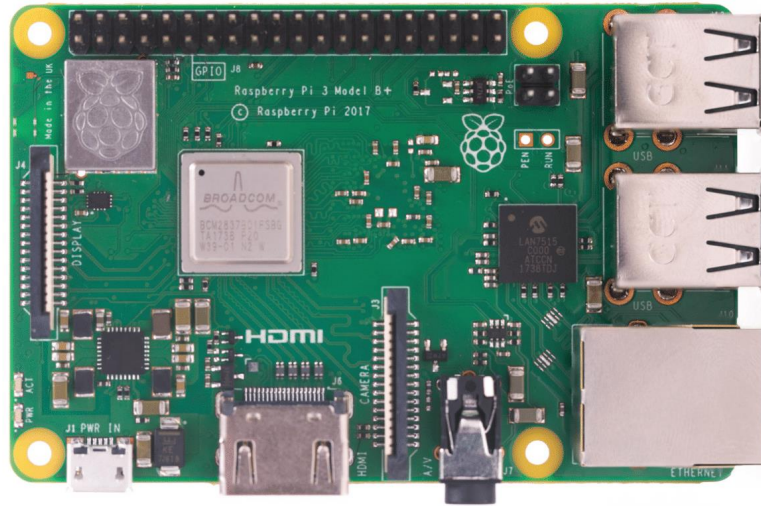




Raspberry Pi 3 Model B+



Overview



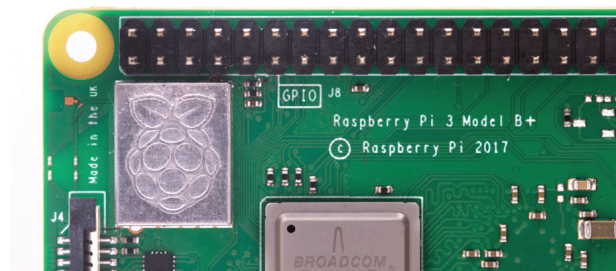
The Raspberry Pi 3 Model B+ is the latest product in the Raspberry Pi 3 range, boasting a 64-bit quad core processor running at 1.4GHz, dual-band 2.4GHz and 5GHz wireless LAN, Bluetooth 4.2/BLE, faster Ethernet, and PoE capability via a separate PoE HAT

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

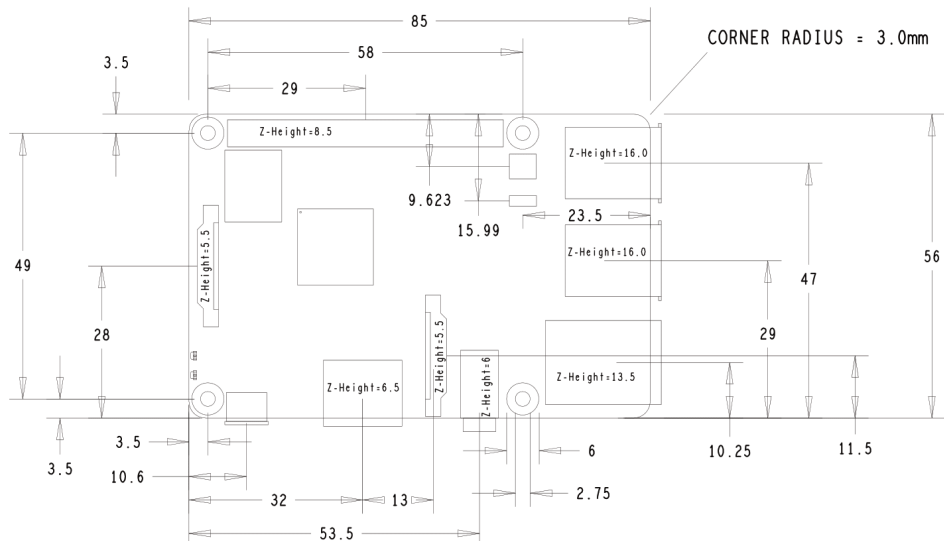
The Raspberry Pi 3 Model B+ maintains the same mechanical footprint as both the Raspberry Pi 2 Model B and the Raspberry Pi 3 Model B.

Specifications

Processor:	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Memory:	1GB LPDDR2 SDRAM
Connectivity:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE ■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps) ■ 4 × USB 2.0 ports
Access:	Extended 40-pin GPIO header
Video & sound:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1 × full size HDMI ■ MIPI DSI display port ■ MIPI CSI camera port ■ 4 pole stereo output and composite video port
Multimedia:	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
SD card support:	Micro SD format for loading operating system and data storage
Input power:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5V/2.5A DC via micro USB connector ■ 5V DC via GPIO header ■ 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 www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+
Production lifetime:	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



Physical specifications



Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5 A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall 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.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, 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.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

Safety instructions

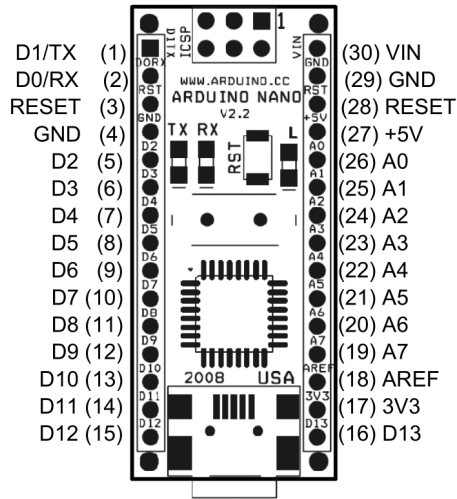
To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.



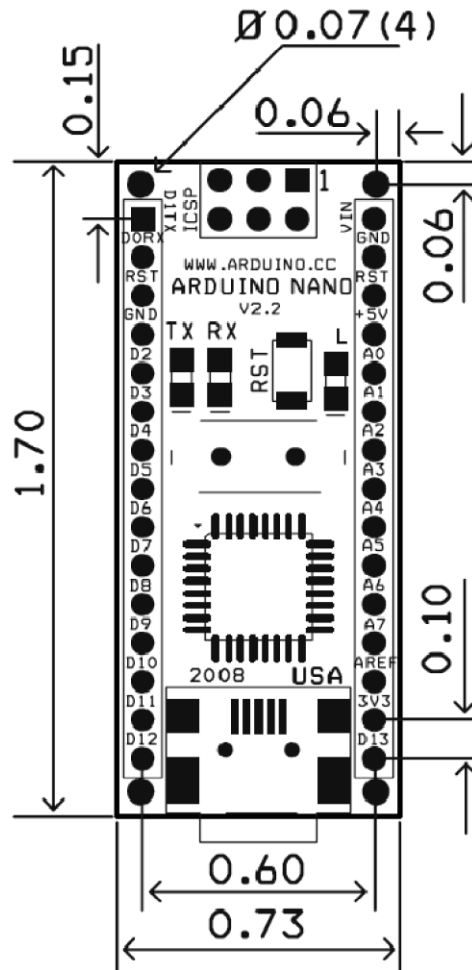
raspberrypi.org

Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

Arduino Nano Mechanical Drawing

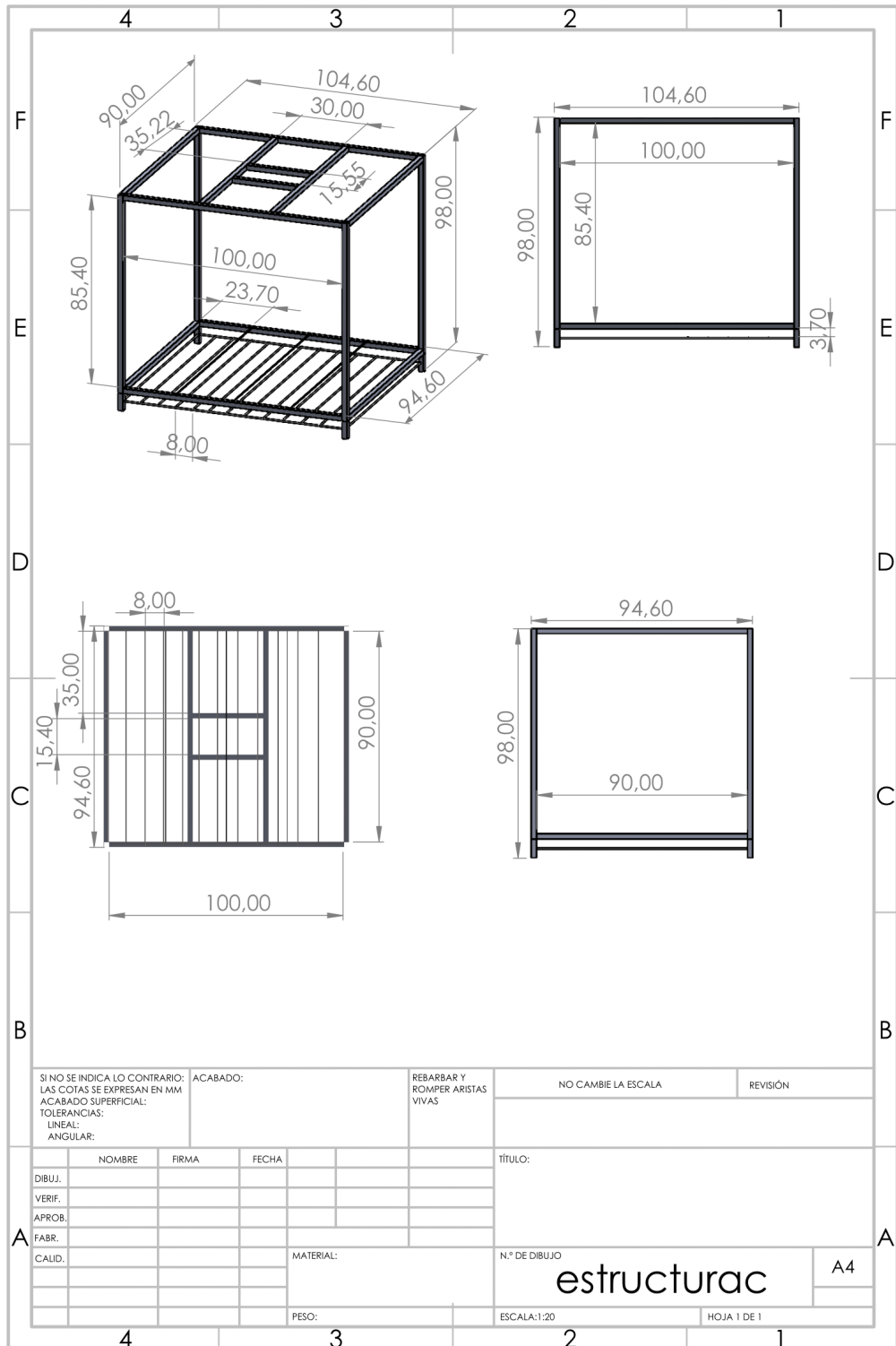


ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES

Arduino Nano Bill of Material

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Crystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

Anexo 14



Anexo 15

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <RBDdimmer.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
///// configuracion de pines
#define en_ventsalida 11 // ventilador 1 ingreso de aire
#define en_ventingreso 13 // ventilador 2 sacar aire
#define en_ventcafeactor 4 // ventilador para calefactor
#define zerocross 2 // cruce por cero de dimmer
#define en_cal 5 // pwm para control de dimmer
dimmerLamp dimmer(en_cal);
#define pulsador1 22// pin para pulsador 1
#define pulsador2 24// pin para pulsador 2
#define pulsador3 26// pin para pulsador 3
#define pulsador4 28// pin para pulsador 4
#define pulsador5 30// pin para pulsador 5
///// auxiliares
// valores para pulsadores
bool v_p1 = 0, v_p2 = 0, v_p3 = 0, v_p4 = 0, v_p5 = 0;
//
int i = 0, pot_calefactor = 50;
int val_ventilador = 0, val_calefactor = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  dimmer.begin(NORMAL_MODE, ON);
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(en_ventsalida, OUTPUT);
  pinMode(en_ventingreso, OUTPUT);
```

```

pinMode(en_ventcalefactor, OUTPUT);
pinMode(pulsador1, INPUT);
pinMode(pulsador2, INPUT);
pinMode(pulsador3, INPUT);
pinMode(pulsador4, INPUT);
pinMode(pulsador5, INPUT);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("  TESIS");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("  MAESTRIA");
for (i = 0; i < 19; i++)
{
  lcd.setCursor(i, 2);
  lcd.print("*");
  delay(100);
}
delay(200);
lcd.clear();
}

void loop()
{
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("CALEFACTOR");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("POT: ");
  lcd.print(pot_calefactor);
  lcd.print(" ");
  v_p1 = digitalRead(pulsador1);
  v_p2 = digitalRead(pulsador2);
  v_p3 = digitalRead(pulsador3);

  v_p4 = digitalRead(pulsador4);
  v_p5 = digitalRead(pulsador5);
  if (v_p1 == 1) pot_calefactor = pot_calefactor + 5;
  if (v_p2 == 1) pot_calefactor = pot_calefactor - 5;
  if (v_p3 == 1) val_ventilador = val_ventilador + 10;
  if (v_p4 == 1) val_ventilador = val_ventilador - 5;
  delay(100);
}

```

Anexo 16

```
#include <SD.h>
File myFile;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Iniciando SD ...");
  if (!SD.begin(53)) { /// pin utilizado para la comunicacion cs es el 53
    Serial.println("No se pudo inicializar");
    return;
  }
  Serial.println("inicializacion exitosa");
  if(!SD.exists("datalog.csv"))
  {
    myFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);
    if (myFile) {
      Serial.println("Archivo nuevo, Escribiendo encabezado(fila 1)");
      myFile.println("Tiempo(ms),Sensor1,Sensor2,Sensor3");
      myFile.close();
    } else {
      Serial.println("Error creando el archivo datalog.csv");
    }
  }
}
void loop()
{
  myFile = SD.open("datalog.csv", FILE_WRITE);//abrimos el archivo
  if (myFile) {
    Serial.print("Escribiendo SD: ");
    int sensor1 = analogRead(0);
    int sensor2 = analogRead(1);
    int sensor3 = analogRead(2);
    myFile.print(millis());
    myFile.print(",");
  }
```



```
myFile.print(sensor1);
myFile.print(",");
myFile.print(sensor2);
myFile.print(",");
myFile.println(sensor3);

myFile.close(); //cerramos el archivo

Serial.print("Tiempo(ms)=");
Serial.print(millis());
Serial.print(",sensor1=");
Serial.print(sensor1);
Serial.print(",sensor2=");
Serial.print(sensor2);
Serial.print(",sensor3=");
Serial.println(sensor3);

} else {
  // if the file didn't open, print an error:
  Serial.println("Error al abrir el archivo");
}
delay(100);
}
```

Anexo 17



Figura 5-1 Fertilizantes Ocupados

Fuente: Autor



Figura 5-2 Resultados de Cosecha 1

Fuente: Autor



Figura 5-3 Resultados de Cosecha 2

Fuente: Autor



Figura 5-4 Resultados de Cosecha 3

Fuente: Autor



Figura 5-5 Resultados de Cosecha 4

Fuente: Autor



Figura 5-6 Resultados de Cosecha 5

Fuente: Autor

Manual de Funcionamiento

Prototipo con luz artificial



Figura 5-7 Prototipo con luz Artificial

Fuente: Autor

1. Conectar la fuente de poder, el cable de alimentación AC, Alimentación AC de la lámpara LED de crecimiento
2. Elección de la iluminación (recomendación utilizar 80% a 90% en lechugas)



Figura 5-8 Elección de la iluminación

Fuente: Autor



Figura 5-9 Ajuste del porcentaje iluminación

Fuente: Autor

3. Elección del tiempo de iluminación



Figura 5-10 Elección del tiempo iluminación

Fuente: Autor



Figura 5-11 Ajuste del tiempo de iluminación

Fuente: Autor

4. Elección de la temperatura



Figura 5-12 Elección de la temperatura

Fuente: Autor



Figura 5-13 Elección de la temperatura

Fuente: Autor

5. Activación del sistema de visión artificial



Figura 5-14 Abrir VCN Viewer en Windows o Mac Os o Android o iOS

Fuente: Autor

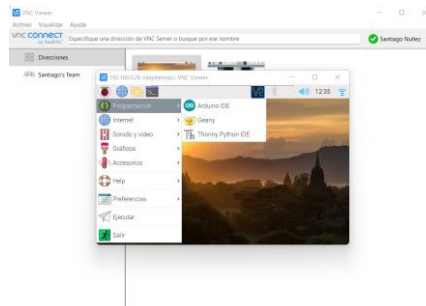


Figura 5-15 Abrir Thonny Python IDE

Fuente: Autor

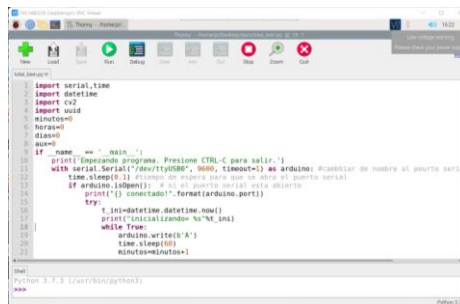


Figura 5-16 Presionar Run para correr el programa

Fuente: Autor

6. Inicial el sistema



Figura 5-17 Iniciar el sistema seleccionando START

Fuente: Autor



Figura 5-18 Verificación de funcionamiento al mostrar pantalla de riego

Fuente: Autor

7. Control vía escritorio remoto

```
1 import serial,time
2 import datetime
3 import cv2
4 import uuid
5 minutos=0
6 horas=0
7 dias=0
8 aux=0
9 if __name__ == '__main__':
10     print('Empezando programa. Presione CTRL-C para salir.')
11     with serial.Serial("/dev/ttyUSB0", 9600, timeout=1) as arduino: #cambiar de nombre al puerto seri
12         time.sleep(0.1) #tiempo de espera para que se abra el puerto serial

Shell
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
leer arduino:
dato correcto
foto capturada correctamente
minutos= 1
minutos= 2
```

Figura 5-19 Control del prototipo vía escritorio remoto

Fuente: Autor

Prototipo con luz natural



Figura 5-20 Prototipo con luz Natural

Fuente: Autor

1. Conectar la fuente de poder, el cable de alimentación AC, Alimentación AC de la lámpara LED de crecimiento
2. Elección de la humedad del suelo



Figura 5-21 Elección de la humedad del suelo

Fuente: Autor



Figura 5-22 Ajuste de la Humedad del Suelo

Fuente: Autor

3. Elección de la temperatura



Figura 5-23 Elección de la temperatura

Fuente: Autor



Figura 5-24 Elección de la temperatura

Fuente: Autor

4. Activación del sistema de visión artificial

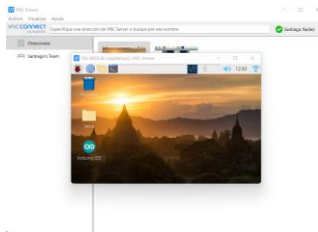


Figura 5-25 Abrir VCN Viewer en Windows o Mac Os o Android o iOS

Fuente: Autor

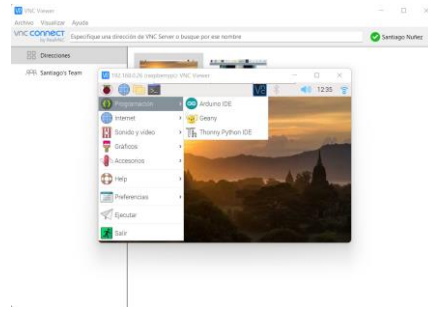


Figura 5-26 Abrir Thonny Python IDE

Fuente: Autor

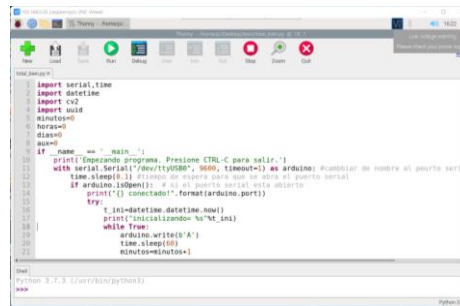


Figura 5-27 Presionar Run para correr el programa

Fuente: Autor

5. Inicial el sistema



Figura 5-28 Iniciar el sistema seleccionando START

Fuente: Autor

Dimensionamiento de la placa de control

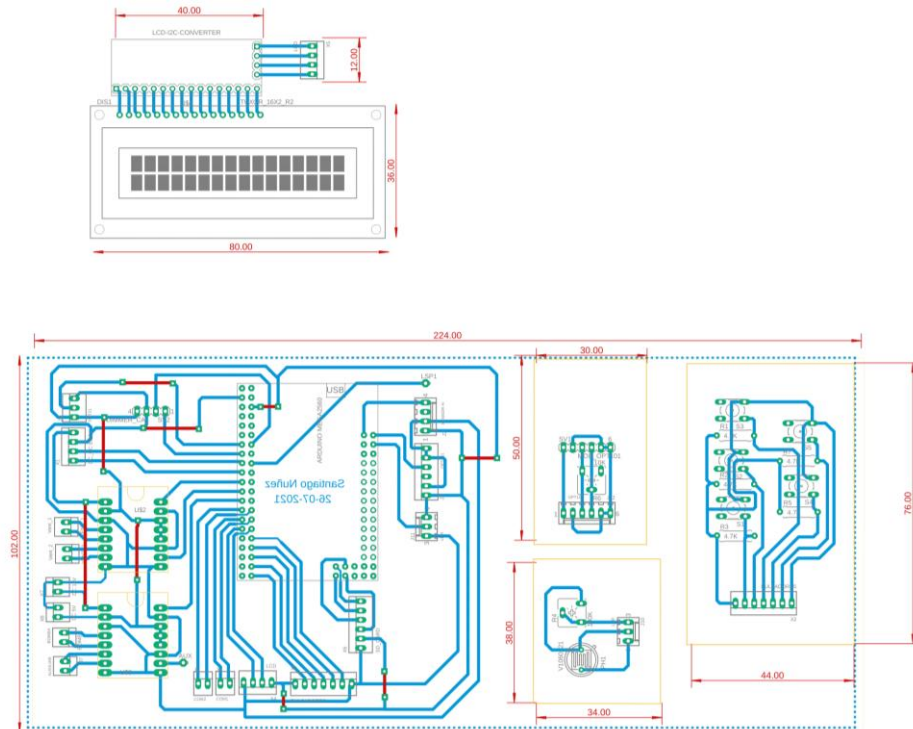




Figura 5-31 Dimensionamiento de la placa de control

Fuente: Autor

Anexo 20

Cálculo de anchos de pistas

Corriente 2 A	FÓRMULA La calculadora de ancho de traza de PCB utiliza fórmulas de IPC-2221. Ancho mínimo de traza 110.2830139 mil 
Espesor 1 mil	
Aumento de temperatura 10 °C	
Temperatura ambiente 18 °C	
Longitud de trazo 1 in	
	Capas internas
	Ancho de traza requerido = 110,2830139 mil
	a la corrosión = 0,006139854706 Ω
	Caída de voltaje = 0,01227970941 V
	Pérdida de energía = 0,02455941882 W
	Ancho mínimo de traza 42.39306715 mil 
	Capas externas en el aire
	Ancho de traza requerido = 42,39306715 mil
	Resistencia = 0,01597246265 Ω
	Caída de voltaje = 0,03194492530 V
	Pérdida de energía = 0,06388985059 W

Anexo 21

Tabla 5-1 Consumo de energía de la Placa

Dispositivo	Consumo de energía
Arduino Mega Embed	93 mA
Arduino Nano	15 mA
Raspberry pi 3 B +	350 mA
Circuito Buck	600 mA
Bomba de Agua	400 mA
Módulo cruce por cero	80 mA
Módulo Relé	90 mA
Módulo SD Card	80 mA

Fuente: Autor