

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

TRABAJO DE TITULACIÓN

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL MICROCLIMA DE UN INVERNADERO PARA EL CANTÓN PENIPE-CHIMBORAZO.”

Autor:

Richard Javier Chasiluisa Macias

Tutor:

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

Riobamba – Ecuador

Año

2020

Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación de título: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL MICROCLIMA DE UN INVERNADERO PARA EL CANTÓN PENIPE-CHIMBORAZO.”, presentado por: Richard Javier Chasiluisa Macias, dirigido por:

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman.

PhD. Yesenia Cevallos

Presidente del Tribunal



Firma

Mgs. Giovanni Cuzco

Miembro del Tribunal

EDGAR
GIOVANNY
CUZCO
SILVA



Firmado digitalmente por EDGAR
GIOVANNY CUZCO SILVA
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
EDICE, l=QUITO,
serialNumber=0000431517,
cn=EDGAR GIOVANNY CUZCO
SILVA
Fecha: 2020.11.11 09:39:52 -05'00'

Firma

Mgs. Daniel Haro

Miembro del Tribunal



Firma

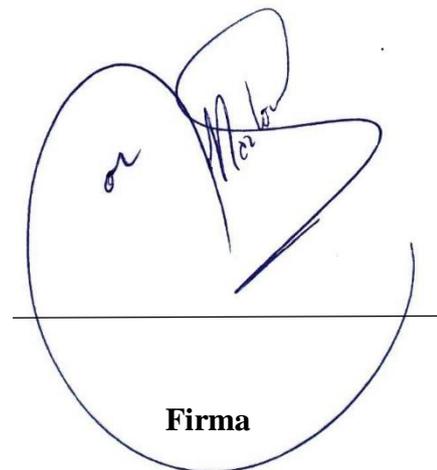
DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

En calidad de tutor del tema de investigación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL MICROCLIMA DE UN INVERNADERO PARA EL CANTÓN PENIPE-CHIMBORAZO.**” realizado por el Sr. **Richard Javier Chasiluisa Macias**, para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentada públicamente y evaluada por el jurado examinador que se designe.

Riobamba, septiembre 2020

Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD

C.I. 060275643-9



Firma

TUTOR:

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación corresponde exclusivamente a: **Richard Javier Chasiluisa Macias, Dr. Marlon Basantes Valverde. PhD, Fundación EcoSur Sede Riobamba, Gobierno Autónomo Descentralizado de Penipe** y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in black ink, written in a cursive style. The signature reads "Richard Javier Chasiluisa Macias".

Richard Javier Chasiluisa Macias

C.I. 2300646136

DEDICATORIA

La persistencia es muy importante. No debes renunciar al menos que te veas obligado a renunciar.

-Elon Musk

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios participe en cada proyecto de mi vida, a mi madre por su amor, paciencia y ser motivo de impulso en cada momento de mi trayectoria estudiantil y lograr cumplir cada una de mi metas, a mi hermano por ser un ejemplo a seguir de esfuerzo, perseverancia, confianza y por su apoyo incondicional, a mis familiares bases fundamentales de mi formación que me han motivado con palabras de superación y nunca dudaron de mis capacidades y a cada una de las personas que me brindaron su apoyo en la realización de esta tesis.

Richard Chasiluisa M.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme cumplir una meta muy importante para mi vida.

Agradezco a mi madre Ramona Macias Tejena, por ser mi educadora, ejemplo de ser humano a seguir por enseñarme lo importante de la responsabilidad, respeto y sacrificio para conseguir cada uno de los objetivos que me proponga, por su amor infinito, por su confianza, además ser el motivo de cada uno de mis esfuerzos.

A mi hermano Jorge Luis Chasiluisa Macias por ser el mejor ejemplo de superación y motivación para enfocarme y cumplir cada uno de mis objetivos,

A mis tíos Narcisa Macias, Marco Criollo por el apoyo incondicional en cada momento de mi vida universitaria.

A mis compañeros que se han convertido en mis mejores amigos Ricardo, Danny, Fabricio, Juan y William que me han brindado su amistad leal y apoyo en el transcurso de mi vida.

A una persona en especial que estuvo conmigo en cada momento bueno o malo de mi vida y siempre confió en mí y a pesar de todo en cada paso que doy es de gran de apoyo.

A cada uno de mis docentes que impartieron en mí su labor para la formación de un excelente profesional y una excelente persona.

A mi tutor Dr. Marlon Basantes Valverde una de las mejores personas que admiro mucho agradezco su confianza, por sus consejos, motivación para crecer profesionalmente y por todo el apoyo en la realización de esta tesis.

Richard Chasiluisa M.

INDICE.

INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE LAS TABLAS	XIV
RESUMEN	XV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1. GENERAL.....	4
1.2.2. ESPECIFICOS.....	4
CAPITULO II.....	5
2.1. ESTADO DEL ARTE	5
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
2.2.1. INVERNADEROS.....	12
2.2.2. TIPOS DE INVERNADEROS.....	14
2.2.3. IMPORTANCIA DEL MICROCLIMA EN LOS INVERNADEROS.....	15
2.2.4. AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS.....	15
2.2.5. SENSORES ELECTRÓNICOS.....	16
2.2.6. CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES	17
2.2.7. LPWAN	18
2.2.8. LPWAN CON LORA.....	20
2.2.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	20
2.2.9.1. MÓDULO RF LORA SX1278 RA-01 433MHz.....	20
2.2.9.2. MÓDULO RF LORA XL SX1278 SMT 433MHz.....	21
2.2.9.3. LCD 16X2 COMUNICACIÓN I2C.....	22
2.2.9.4. ARDUINO MEGA 2560.....	23
2.2.9.5. ARDUINO UNO.....	23
2.2.9.6. NODEMCU ESP8266.....	24

2.2.9.7.	MODULO RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC DS3231).	25
2.2.9.8.	MÓDULO SD CARD.	25
2.2.10.	SOFTWARES Y PLATAFORMA A USARSE.	26
2.2.10.1.	ARDUINO IDE.	26
2.2.10.2.	UNITY 3D.	27
2.2.10.3.	FIREBASE.	27
2.2.11.	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.	28
2.2.11.1.	SERIAL PERIPHERAL INTERFACE (SPI)	28
2.2.11.2.	INTER-INTEGRATED CIRCUIT (I2C)	29
2.2.11.3.	COMUNICACIÓN SERIAL	29
2.2.11.4.	MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPOR (MQTT).	29
2.2.11.5.	LORAWAN	29
2.3.	AUSPICIANTES	30
2.3.1.	GADM PENIPE	30
2.3.2.	ECOSUR NETWORK	31
CAPITULO III		32
3.	METODLOGÍA.	32
3.1.	TIPO DE ESTUDIO.	32
3.2.	METODOS DE INVESTIGACIÓN	32
3.3.	TÉCNICA.	32
3.4.	FUENTES DE INFORMACIÓN.	32
3.5.	INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.	32
3.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	33
3.7.	OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.	34
3.8.	PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS.	35
3.8.1.	SOCIALIZACIÓN CON EL MUNICIPIO DE PENIPE Y LA FUNDACIÓN ECO-SUR SEDE RIOBAMBA.	35
3.8.2.	DISEÑO DE LOS DISTINTOS NODOS DE LA RED LORA.	38

3.8.3.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA LOS DISTINTOS NODOS FINALES DE LA RED LORA.....	39
3.8.4.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA EL NODO CENTRAL DE LA RED LORA.....	42
3.8.5.	PROGRAMACIÓN DE NODOS INVERNADERO.....	45
3.8.6.	PROGRAMACIÓN DE NODO CENTRAL.....	50
3.8.7.	COMUNICACIÓN RF LORA.....	55
3.8.8.	CONEXIONES LORA SX1278.....	55
3.8.9.	CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS FIREBASE.....	58
3.8.10.	PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	60
3.8.11.	DIMENSIONAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA DEL INVERNADERO, ADICIONAL MODELAMIENTO EN 3D DEL INVERNADERO.....	61
3.8.12.	IMPLEMENTACIÓN DE ACTUADORES.....	64
CAPITULO IV.....		67
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
4.1.	COMPARATIVA ENTRE UN INVERNADERO AUTOMÁTIZADO E INVERNADERO NORMAL.....	67
4.2.	INVERNADERO- PROTOTIPO EN MAQUETA.....	68
4.3.	SISTEMA FUNCIONAL DE MONITOREO Y CONTROL DEL MICROCLIMA EN UN INVERNADERO.....	69
4.4.	APLICACIÓN MÓVIL PARA MONITOREO Y CONTROL EL INVERNADERO.....	72
4.5.	COMUNICACIÓN LORA.....	74
4.6.	DEMOSTRACIÓN MEDIANTE LA VISUALIZACIÓN DE UN VIDEO FUNCIONANDO EL SISTEMA.....	78
4.7.	REPRESENTACIÓN GRÁFICA INVERNADERO EN UNITY 3D....	78
4.8.	ALMACENADO Y CATEGORIZACIÓN DE DATOS DE LOS SENSORES POR UN PERIODO DE 15 DÍAS.....	81
4.9.	SOFTWARE SPSS.....	81

4.10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	86
	CAPITULO V	87
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	87
5.1.	CONCLUSIONES.	87
5.2.	RECOMENDACIONES.	88
	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXOS	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura del Sistema de Control Automático	6
Figura 2 <i>Velocidad de Datos vs Rango en Redes de Comunicación</i>	9
Figura 3 <i>a)Prototipo AgriPrediction, (b) Esquemático</i>	10
Figura 4 <i>Arquitectura de un Sistema Lora + Arduino</i>	11
Figura 5 <i>Arquitectura Estándar de un Sistema LoRa-LoRaWan</i>	20
Figura 6 <i>Modulo LoRa Ra-01</i>	21
Figura 7 <i>Módulo Transceptor LoRa Xl Sx1278 SMT</i>	22
Figura 8 <i>Lcd 16x2 con I2C</i>	22
Figura 9 <i>Arduino Mega Microcontrolador Atmega 2560</i>	23
Figura 10 <i>Arduino Uno Microcontrolador Atmega 328</i>	24
Figura 11 <i>NodeMcu Esp8266 WiFi</i>	25
Figura 12 <i>Modulo Reloj en tiempo Real (RTC) Ds3231</i>	25
Figura 13 <i>Módulo Tarjeta Micro SD</i>	26
Figura 14 <i>Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino (IDE)</i>	26
Figura 15 <i>Interfaz Visual de Desarrollo Unity 3d</i>	27
Figura 16 <i>Interfaz Web Firebase</i>	28
Figura 17 <i>Estándar de Protocolo de Comunicación SPI</i>	29
Figura 18 <i>Estructura de una Red LoraWan</i>	30
Figura 19 <i>Reunión Gadm Penipe, Unach, EcoSur-Ecuador</i>	36
Figura 20 <i>Diagrama del Sistema de Monitoreo y Control</i>	37
Figura 21 <i>Diagrama del Sistema para Lectura de Datos</i>	39
Figura 22 <i>Fuente de Voltaje de 9v y 5v en el Software Proteus</i>	39
Figura 23 <i>Corriente uA vs mw/cm2</i>	41
Figura 24 <i>Conexiones del Nodo Primario de Sensores</i>	42
Figura 25 <i>Diagrama del Sistema del Nodo Central</i>	43
Figura 26 <i>Conexiones Nodo Central</i>	44
Figura 27 <i>Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo del Invernadero</i>	45
Figura 28 <i>Proceso del Algoritmo del nodo primario</i>	46
Figura 29 <i>Inicialización Modulo LoRa</i>	46
Figura 30 <i>Lectura de sensores</i>	46
Figura 31 <i>Código LoRa Dúplex</i>	47

Figura 32 Código de envío de datos.	47
Figura 33 Código de recepción.	48
Figura 34 a) Diagrama de flujo del algoritmo del Arduino Uno.	50
Figura 35 Proceso del script de funcionamiento del Arduino Uno en el nodo central.	51
Figura 36 Diagrama del algoritmo del Módulo WiFi NodeMcu Esp 8266	52
Figura 37 Proceso Algoritmo de NodeMcu Esp 8266	53
Figura 38 Librerías NodeMcu Esp8266.....	53
Figura 39 Conexión a Internet del Módulo Wifi Esp 8266	53
Figura 40 Script para subir y bajar datos desde Firebase.....	54
Figura 41 Programación Almacenamiento en micro SD.	54
Figura 42 Topología Estrella de la comunicación LoRa.	55
Figura 43 Proceso de la configuración Firebase	58
Figura 44 Autenticación Servicio de Firebase	59
Figura 45 Base de Datos en Tiempo Real Firebase.....	59
Figura 46 Estructura de la maqueta invernadero	61
Figura 47 Interfaz Visual Blender.....	62
Figura 48 Proceso de la Aplicación 3D y Aplicación 2D Respectivamente en Unity. ..	64
Figura 49 Interfaz Unity Invernadero Modelado 3D.....	64
Figura 50 Conexión Actuadores	65
Figura 51 Especificaciones Técnicas de Actuadores.....	65
Figura 52 a)Electroválvula DC12V y b)Boquilla Nebulizador	65
Figura 53 Motor Reductor para Ventilación.....	66
Figura 54 Invernadero Maqueta.....	69
Figura 55 Nodo Invernadero Vista Interna	70
Figura 56 Nodo Central Vista Interna	70
Figura 57 Componentes del Sistema.....	71
Figura 58 Nodos y Aplicación Móvil	72
Figura 59 Ingreso de la Aplicación con Autenticación.....	72
Figura 60 Interfaz para Monitoreo y Control del Sistema.	73
Figura 61 Temporizador de 30min y 60 min	74
Figura 62 Distancia Nodos de Prueba.....	76
Figura 63 Distancia Lugar Invernadero Matus- Penipe.....	76

Figura 64 <i>Aplicación de Invernadero 3D Con Monitoreo de Variables en Tiempo Real</i>	78
Figura 65 <i>Animación Nebulizador</i>	79
Figura 66 <i>Animación del Riego por Goteo</i>	79
Figura 67 <i>Animación de Ventilación</i>	80
Figura 68 <i>Animación del Reflector Uv</i>	80
Figura 69 <i>Datos en SPSS</i>	82
Figura 70 <i>Grafica de los valores en un día aleatorio</i>	86
Figura 71 <i>Oficio de apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe</i>	95
Figura 72 <i>Carta de Apoyo de la Fundación EcoSur_Ecuador</i>	96
Figura 73 <i>Carta Aval del Gadm Penipe</i>	97
Figura 74 <i>Visitas de lugar in situ del proyecto invernadero</i>	98
Figura 75 <i>Visita al lugar del Invernadero</i>	98
Figura 76 <i>Socialización de proyectos Unach y Gadm Penipe</i>	98
Figura 77 <i>Reunión planteles educativos Penipe</i>	98
Figura 78 <i>Presentación avance proyecto en Fundación EcoSur-Ecuador</i>	98
Figura 79 <i>Presupuesto Financiero Maqueta</i>	99
Figura 80 <i>Presupuesto Financiero Final</i>	99
Figura 81 <i>Placa del Nodo de Recolección de Datos</i>	100
Figura 82 <i>Conexiones en el Software Proteus</i>	100
Figura 83 <i>Circuito Impreso para Placa del Nodo Central</i>	100
Figura 84 <i>Conexión del Nodo Central en Proteus</i>	100
Figura 85 <i>Datasheet sensor Guvas12sd</i>	108

INDICE DE LAS TABLAS

Tabla 1 <i>Comparación Costos de Tecnologías para LPWAN</i>	8
Tabla 2 <i>Efectos de la Radiación en el Metabolismo Vegetal</i>	13
Tabla 3 <i>Principales tipos de invernaderos en el Ecuador.</i>	14
Tabla 4 <i>Sensores y Característica</i>	17
Tabla 5 <i>Parámetros LoRa</i>	19
Tabla 6 <i>Operalización de las variables.</i>	34
Tabla 7 <i>Respectiva Conexiones de Pines</i>	44
Tabla 8 <i>Conexión entre Arduino Mega y Transceptor LoRa xl SX1278 SMT</i>	56
Tabla 9 <i>Conexión Arduino Uno y Transceptor LoRa Ra-01 sx1278</i>	56
Tabla 10 <i>Valores Predeterminados Lora</i>	57
Tabla 11 <i>Comparación de Invernadero Automático e Invernadero Normal</i>	67
Tabla 12 <i>Materiales para construcción de maqueta de invernadero</i>	68
Tabla 13 <i>Parámetros LoRa Configurados por Software</i>	74
Tabla 14 <i>Datos de Recepción RSSI y SNR.</i>	75
Tabla 15 <i>Activación Sistema Manual</i>	80
Tabla 16 <i>Dependencia Sistema Automático</i>	81
Tabla 17 <i>Datos de un día aleatorio nodo 121.</i>	82
Tabla 18 <i>Datos Spss de un Día Aleatorio</i>	84
Tabla 19 <i>Media con respecto al algoritmo</i>	85
Tabla 20 <i>Librerías en Arduino IDE</i>	101

RESUMEN

El presente proyecto de investigación trata sobre diseño y construcción de un sistema automático de control y monitoreo de variables del microclima dentro de un invernadero, el cual se pretende implementar en la parroquia Matus-Penipe.

Se diseñó y construyó un prototipo invernadero (maqueta) para la implementación del sistema, además se utiliza sensores electrónicos de costo accesible como: temperatura y humedad (Dht11), humedad del suelo (YI-69) y radiación (Guvass12sd), conjuntamente con dispositivos de tecnología LoRa para la comunicación de baja potencia y largo alcance (LPWAN) (Chip LoRa Sx1278). El sistema posee tres nodos para su utilización dos en el lugar del invernadero y un nodo central con conexión a internet para interacción con la base de datos (Firebase). Para el sistema de actuadores se ocupó electroválvulas, motor con el módulo controlador L298N, módulo de relés y la creación de una interfaz gráfica mediante la plataforma de desarrollo Unity 3D.

El proyecto consta de cuatro capítulos. En el primer capítulo se describe la importancia del manejo de invernaderos y beneficios que conlleva tener un sistema automatizado para control climático.

En el segundo capítulo se definen de distintos conceptos e instrumentos ocupados en este proyecto.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de investigación, técnicas, y procesos para desarrollo del proyecto de prototipo.

En el cuarto y último capítulo se presenta análisis e interpretación de resultados de los datos recolectados y pruebas realizadas que determinan la fiabilidad del sistema propuesto.

Palabras claves: Automatización, invernaderos, microclima, sensores electrónicos, Firebase, Arduino, Unity 3D, LoRa.

ABSTRACT

This research deals with a design and construction of an automatic system for controlling and monitoring microclimate variables within a greenhouse. The system is intended to be implemented in Matus-Penipe parish. A greenhouse prototype (mock-up) was designed and built for the implementation of the system. In addition, accessible cost electronic sensors are used such as: temperature and humidity (Dht11), soil humidity (Y1-69) and radiation (Guvass12sd), altogether with devices of LoRa technology for a low power and long range communication (LPWAN) (LoRa Chip Sx1278). The system has three nodes for use, two in the greenhouse and a central node with an internet connection for interacting with the database (Firebase). Solenoid valves, motor with the L298N controller module, relay module and the creation of a graphical interface using Unity 3D development platform were used for the actuator system. The project consists of four chapters. The first chapter describes the importance of greenhouse management and the benefits of having an automated climate control system. The second chapter defines the different concepts and instruments used in the project. In the third chapter, the research methodology, techniques, and processes for the development of the prototype project are developed. The fourth and last chapter presents the analysis and interpretation of the results of the collected data, including the tests carried out that determine the reliability of the proposed system.

Keywords: Automation, greenhouses, microclimate, electronic sensors, firebase, arduino, unity 3D, LoRa.

Reviewed and corrected by: Armijos Jacqueline Guadalupe

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jacqueline', with a large, stylized flourish underneath.

INTRODUCCIÓN

La Automatización de procesos ha contribuido al desarrollo de la industria a lo largo de los años, se la ha utilizado en el área de construcción (He & Peansupa, 2018), educación (Platin & García Bedoya , 2018), industria textil (Ortega, 2017), investigación y en el campo ambiental aplicándose en invernaderos para la obtención de valores meteorológicos (Prieto & Sendoa, 2017) y a través de los datos obtenidos realizar un correcto control automático para mejorar su producción (Castillo, 2010; Acosta et al., 2015; Capera et al., 2017).

Actualmente los distintos procesos automáticos para invernaderos son de gran apoyo en el desarrollo de diferentes productos agrícolas, logrando cultivar en diferentes estaciones del año, optimizando recursos y generando un producto de excelente calidad (Ruano Garcia, 2017).

Se toma la iniciativa de la tecnología Arduino por ser de costo asequible además de software y hardware libre (Arduino, 2019) compatibles con técnicas actuales de soporte aceptable, en los últimos años se ha utilizado en universidades e industrias para procesos de investigación, prácticas, automatización (Calle & Gaibor, 2017; Santamaría et al., 2018), robótica (Candelas Herías, y otros, 2015), simuladores ambientales (Ortiz & Anguiano, 2018), domótica (Morales et al., 2019; Pérez, 2016), entre otros.

Para la automatización de los invernaderos inteligentes se utiliza como microcontrolador principal el integrado Atmega 2560, mediante la placa Arduino en conjunto con sensores para la lectura de humedad, temperatura, radiación y a su vez servirá como activador de relevadores que se encontrarán conectados a los distintos actuadores.

La nueva tecnología de redes inalámbricas de baja potencia LPWAN (Low Power Wireless Area Network), usada en entornos de red máquina a máquina (M2M) y del Internet de las cosas (IoT), determina un menor consumo de energía, un mayor alcance, una excelente bidireccionalidad y además es mucho más económica que cualquier red móvil común, pues conecta dispositivos con menor requerimiento de ancho de banda a comparación del Bluetooth y Wifi (Wireless Fidelity). En consecuencia, es una opción de red considerable para el desarrollo del proyecto de investigación (Vega et al., 2017).

El sistema de comunicación LPWAN ocupa dispositivos LoRa (Long Range), los cuales se utilizan para la comunicación de los distintos nodos, evitando costosos cableados o instalar un modem a cada punto de medición, de esta manera se optimizará los recursos y además permite el monitoreo desde cualquier lugar (en tiempo real) usando el internet a través de un dispositivo móvil.

El proyecto de investigación consta de 5 capítulos. El primer capítulo plantea la problemática a resolver y los objetivos a cumplir de la investigación. El capítulo numero dos abarca temas referentes a la situación actual de la investigación en su estado del arte, fundamentación teórica acerca de los invernaderos, tipo e importancia de la automatización, además conocimientos actuales de tecnologías del IoT como la comunicación inalámbrica (LoRa), base de datos en tiempo real (Firebase) y el software de desarrollo de aplicaciones para multiplataforma (Unity3d). El capítulo 3 explica la metodología del proyecto además la técnica e instrumentación para el desarrollo del sistema automático de control y monitoreo del microclima, uso de sensores y algoritmos necesarios para su construcción. En el capítulo cuatro se analiza algunos de los resultados determinando las variables planteadas en la investigación. Finalmente, en el capítulo cinco se redactan las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La provincia de Chimborazo está dentro de las provincias con menor superficie de labor agrícola ocupando el onceavo lugar con un 3,27% de participación nacional al país tanto en cultivos permanentes como transitorios, al pasar de los años estas cifras no se han mejorado, es por ello que la creación y mejora de invernaderos es de gran importancia (INEC, 2011).

Los invernaderos son inventos significativos para la agricultura desde sus inicios el cual posibilita la producción en masa de ciertos cultivos a través de su almacenamiento de calor (Barroso García, 2015), sin embargo, poseen una serie de problemas al momento del control y monitorización de forma manual ya sea por falta de recursos económicos, el tiempo disponible y recursos humanos.

Por otro lado, Penipe posee una menor producción agrícola debido a factores climáticos como: ceniza, heladas y lluvias que no favorecen el desarrollo de distintos tipos de cultivos, afectando el desarrollo sostenible y la calidad de vida para los habitantes de este sector.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Penipe, la fundación Eso-Sur y la Unach en busca de soluciones alternativas a la problemática ven la necesidad de la implementación de invernaderos inteligentes para así contribuir en el desarrollo del buen vivir con la inserción de gente joven al mercado laboral con formación técnica y tecnológica, generando a mediano plazo una fuente de empleo e ingresos económicos.

En la presente investigación se diseña un sistema automático para un invernadero con el fin de monitorear y controlar, a través de sensores, electrónicos la temperatura, radiación, humedad del suelo y relativa generando un manejo del microclima interno a costos bajos, mediante sistemas electrónicos de alta fiabilidad, el uso de redes inalámbricas de nueva tecnología LPWAN con dispositivos LoRa y una correcta interfaz gráfica mediante una funcional aplicación móvil.

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL.

DISEÑAR Y CONSTRUIR UN PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL MICROCLIMA DE UN INVERNADERO PARA EL CANTÓN PENIPE-CHIMBORAZO.

1.2.2. ESPECIFICOS.

- Diseñar y construir un prototipo de sistema inteligente basado en el microcontrolador Atmega 2560 y Atmega328p para el monitoreo y control de las variables temperatura, humedad y radiación dentro de un invernadero (maqueta).
- Implementar una red Lpwan (Low Power Wide Area Network) con tecnología Lora, con topología estrella para monitoreo de variables de microclima.
- Diseñar una aplicación móvil basada en Unity 3D para el monitoreo y control en tiempo real de los procesos de control del invernadero inteligente.

CAPITULO II

2.1. ESTADO DEL ARTE

Para una correcta realización del proyecto de investigación, realizó estudios previos en revistas científica con indagadores de información de alta fiabilidad como Elsevier, IEEE Explorer, Ssrn, Scielo, etc. En estas revistas se pudieron encontrar trabajos que poseen relación con el presente tema de esta manera se tiene información clara y sustentable del estado actual de la investigación.

Invernaderos Inteligentes.

Los invernaderos inteligentes tienen como finalidad controlar variables meteorológicas que afecten el microclima dentro del mismo para un cultivo, en el cual se puede controlar sistemas como: control de riego, aplicación de nutrientes, control de temperatura, humedad, iluminación (Al-Hadithi et al., 2016) y aplicación de Co₂, obteniendo ventajas como: ahorro de mano de obra, mantenimiento de un ambiente óptimo de cultivo, incremento en producción, calidad de cosecha y alarmas de algún tipo de falencia ,entre otros (Novagric, 2018).

Es así que existen muchos estudios relacionados a esta rama, que introducen un sistema de control utilizando sensores electrónicos y tecnologías innovadora en un invernadero mejorando el control de variables climáticas de manera inalámbrica, teniendo en cuenta que el control de un microclima es complejo en cuanto a los factores que lo afectan, ocupando sensores de temperatura de bajo costo como temperatura LM35, Humedad HIH-4000-001. Co₂ TGS4160, ver **Figura 1**, generando un proceso eficiente a través de una relación difusa de control de microclima con y sin sistema de automatización (Azaza et al.,2016).

Sensores de automatización.

Otros autores en el artículo de nombre Análisis de datos de IoT y agricultura para granjas inteligentes, tiene como objetivo el diseño y desarrollo de un sistema de control mediante nodos de sensores en el cultivo de campo y gestión de información a través de una aplicación web, el cual se implementó con el fin de controlar un riego ya sea de forma automática o manual en el país de Tailandia. Pará este estudio se lo realizó en tres zonas

específicas y en la cual el sistema consta de tres partes, es decir, la caja de control, aplicación basada en un servidor web, y la aplicación móvil (Muangprathub et al., 2019).

La caja de control mantiene dispositivos electrónicos en una caja a prueba de humedad, la cual podría estar situada en cualquier lugar de la granja o cerca, posee sensores de humedad del suelo, válvula de solenoide, sensor dht22 y un sensor ultrasónico. En esta investigación el IoT se aplica a los sensores de humedad del suelo para medir la humedad en los cultivos, para controlar el encendido y apagado de rociadores de agua automáticamente a través de una válvula solenoide. El sensor DHT22 se utilizó para controlar la humedad del aire de la granja de hongos, sensor de ultrasonido se aplicó para medir el nivel de agua. Además, en este artículo existe una corta introducción a los beneficios de la tecnología de red inalámbrica con respecto a su importancia en la comunicación de sensores.

Figura 1

Arquitectura del Sistema de Control Automático



Fuente : (Muangprathub et al., 2019).

Comunicación entre sensores Redes LPWAN

Al momento de mencionar comunicaciones entre sensores se generan ideas de comunicaciones tanto alámbricas como inalámbricas para un invernadero se ha hecho un énfasis en tecnologías inalámbricas clasificándose entre sí como redes de corto y largo alcance entre ellas tenemos de corto alcance: como ZigBee, Wifi, Bluetooth y de largo alcance: GSM/GPRS, LPWAN, VSAT, redes celulares 5G,4G,3G ver **Figura 2**.

Las tecnologías de corto alcance mencionadas no están adaptadas para escenarios con un amplio terreno de transmisión, mientras que la tecnología celular brinda esta comunicación a largo alcance y a su vez demanda mucho consumo de energía por lo tanto se ha interesado en el estudio de una nueva tecnología de largo alcance y bajo consumo energético como lo son las redes LPWAN.

Las redes Lpwan (Low Power Wide Area Network) redes de área amplia y baja potencia se han convertido en una popular tecnología de comunicación por radio, donde Sigfox, LoRa, NB-IoT son las tres tecnologías líderes, las cuales sirven como soluciones eficientes para conectar dispositivos inteligentes y autónomos. Sigfox y LoRa tienen ventajas en cuestión de ahorro de energía, costo y capacidad mientras tanto NB-IoT ofrece una mejor latencia y calidad de servicio ver **Tabla 1**. Concretamente todos estos aspectos prometedores de las redes LPWAN dan fiabilidad como una excelente red para transmisión de pocos datos a larga distancia con bajo consumo y costo de operación.

LoRa es una tecnología de red diseñada para proporcionar comunicaciones entre dispositivos a larga distancia la cual modula las señales en la banda ISM por debajo de los GHz, bandas de uso libre sin licencia con una alta resistencia a interferencia, difícil de bloquear o detectar la señal, la velocidad de sus datos varía entre 300bps y 50 kbps, dependiendo del factor de propagación y el ancho de banda, el protocolo de comunicación estandarizado por LoRa Alliance es LoraWan implementado ya en 42 países y aumentando, teniendo tres tipos de clases según sus requerimientos de bidireccionalidad, la clase A es la más ocupada por LoRa ya que permite una comunicación bidireccional con los dispositivos finales y con menor consumo de energía, la clase B se basa en una recepción programada es decir además del enlace de subida y los dos de bajada proporcionado en la clase A este aumenta enlaces de bajada programados en tiempo para

recepción de datos, y los de la clase C mantienen una recepción constante de datos del enlace de bajada este es el que demanda más consumo de energía por lo tanto se lo recomienda usarlo con fuentes de energía (Mekki et al., 2019).

Tabla 1

Comparación Costos de Tecnologías para LPWAN

	Spectrum cost	Deployment cost	End-device cost
Sigfox	Free	>4000€ /base station	<2€
LoRa	Free	>100€ /gateway >1000e/base station	3–5€
NB-IoT	>500 M€ /MHz	>15 000€ /base station	>20€

Fuente: (Mekki et al., 2019).

LPWAN con tecnología LoRa

Existen nuevas técnicas de automatización de invernaderos con redes de actual tecnología y de largo alcance como las LPWAN con dispositivos LoRa dando una solución de bajo costo con software y hardware libre como Arduino, Raspberry Pi, ESP, entre otros. Existen distintos usos entre ellos puede ser un sistema de riego automático basado en la web la cual se implementa mediante una red de largo alcance de nodos basados en ESP32 LoRa y conexión a internet a través de la red Sigfox generando una estrategia óptima para el uso del agua (Fernández et al, 2019).

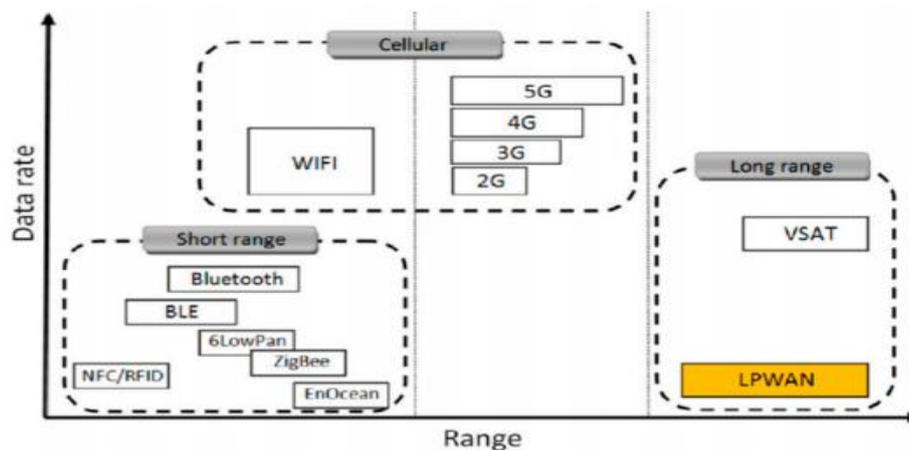
Este nuevo modelo de redes de largo alcance LPWAN se han desarrollado recientemente con el fin de brindar un excelente servicio a costo muy accesibles, debido a su libertad en frecuencia por lo que opera en banda ISM además el desarrollo de hardware y software libre han impulsado a compañías electrónicas en el desarrollo de módulos de comunicaciones compatibles con esta tecnología, en comunicaciones con placas usadas en el IoT como Arduino, Raspberry Pi, Pycom Lopy, siendo una opción muy prometedora y escalable para el desarrollo de una solución de monitorización, control y computación en la agricultura.

Los elementos utilizados en este proceso para los nodos de monitoreo son tarjetas de Heltec ESP32 LoRa, para medir la humedad del suelo a través de un sensor STH15 el

cual es alimentado por un banco de baterías que será controlado por el módulo TLP5110 para su correcto encendido y apagado por cada transmisión de datos y así optimizar el consumo de energía, dando órdenes de riego automático a través de salidas digitales del Heltec ESP32 LoRa hacia la electroválvula, el concentrador o Gateway se compone de un ESP32 y un MKR1200 donde el ESP32 LoRa funciona como concentrador de la información de los nodos y el MKR1200 para la comunicación con la nube llegando a la plataforma web Sigfox donde se envía los datos a la plataforma thingSpeak y a su vez ocupando Matlab se ejecuta el análisis de datos de humedad.

Figura 2

Velocidad de Datos vs Rango en Redes de Comunicación



Fuente: (Fernández et al., 2019).

En el artículo nombre AgriPrediction un modelo proactivo de internet de las cosas para anticipar problemas y mejorar la producción en cultivos agrícolas, combina un sistema de red inalámbrica con un modelo de predicción para anticipar posibles disfunciones de los cultivos basado en tecnología LoRa y un modelo de predicción conocido como arima dando un aporte de fiabilidad para el uso de tecnología de baja potencia LoRa en zonas rurales siendo crucial para el desarrollo rural e integral de una nación.

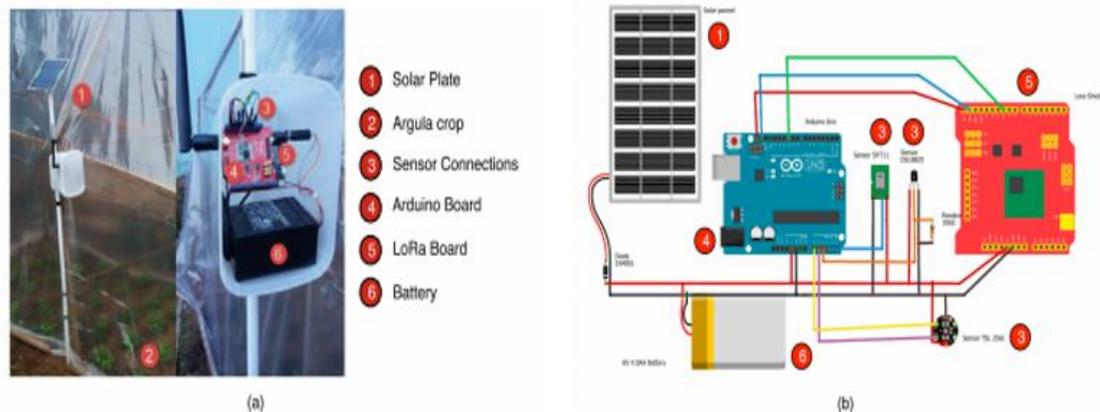
AgriPrediction proporciona una serie de sensores que recoge datos distribuidos en el campo agrícola, para obtener información de temperatura, humedad y radiación de un cultivo en específico en una serie de tiempos programados comunicándose entre sí

mediante una Lpwan con dispositivos LoRa notificando al dispositivo móvil del agricultor ver **Figura 3** (dos Santos , Pessin, da Costa, & da Rosa Righi, 2019).

Desde el cultivo en la parte práctica el modelo propone la construcción de un enlace de red entre las estaciones de recolección de datos, sensores compatibles con arduino y shield LoRa para las transmisiones por radio frecuencia, y una puerta de enlace utilizando LoRa. En teoría una red LPWAN tiene un alcance de 40km en campo abierto además no requiere firma para su uso y sus frecuencias son de acceso libre siendo considerada como una solución escalable que abarca las necesidades de cualquier tipo de control y monitoreo de cultivos.

Figura 3

a) Prototipo AgriPrediction, (b) Esquemático



Fuente: (dos Santos , Pessin, da Costa, & da Rosa Righi, 2019).

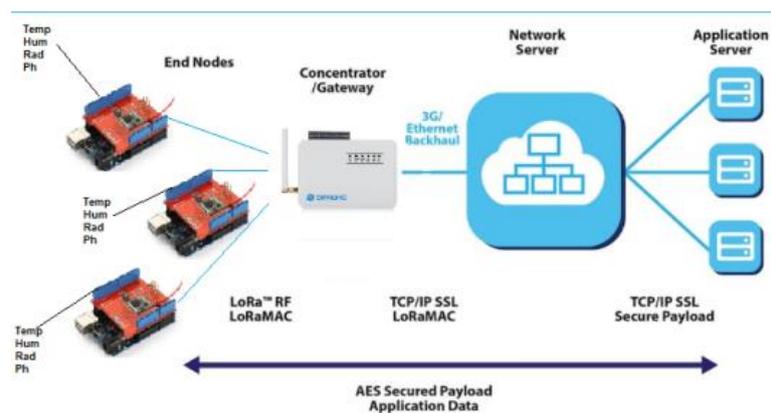
También se pueden notar proyectos que tiene como objetivo investigar formas de uso de la tecnología de desarrollo e innovación, es decir, IOT y agricultura inteligente utilizando la automatización e inclusive existen tecnologías que abarca la caracterización de sistemas fotovoltaicos a través de microcontroladores como arduino generando una fiabilidad en el uso de estas tarjetas. En la publicación de nombre Internet de las cosas en la Agricultura se observa un caso particular de la aplicaciones de distintos tipos de sensores con tarjetas arduino (Santamaria et al., 2018), board Fipy, Pysense board, Pycom expansion board que permitan obtener datos en tiempo real de la humedad, temperatura y presión y poder actuar con ellos a través de protocolos de comunicación como MQTT, entrando en concepto de un tema muy novedoso y estudiado en la

actualidad como es el de agricultura de precisión dando soluciones innovadoras y de gran escalabilidad para futuros estudios (A kadam & Rajashekarappa, 2018; Morais et al., 2019).

Luego de una revisión de todas las investigaciones anteriores para la automatización en la agricultura se concientiza que la implementación de sensores y sistemas inalámbrico de comunicación largo alcance son de base esencial de comunicaciones para agricultura inteligente, innovando con nueva tecnología a bajos costos con excelentes resultados como LoRa (Maldonado Borda & Pineda Cusba, 2017) y su capacidad de relacionarse con Arduino (Triana Useche & Rodriguez Leguizamo, 2018) para el control de microclima en invernaderos dando una eficiente solución para el agricultor con una arquitectura flexible y eficaz del sistema.

Figura 4

Arquitectura de un Sistema Lora + Arduino



Fuente : (Triana Useche & Rodriguez Leguizamo, 2018).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.2.1. INVERNADEROS.

Según Rivero Rodríguez (2018) los invernaderos están definidos como un lugar cerrado destinado a el cultivo agrícola dotado por una cubierta translúcida ya sea de vidrio o plástico, que permite el control de temperatura, humedad y otras variables que afectan el microclima dentro del mismo para un cultivo independientemente de la estación climática. Entre sus características esenciales tenemos:

- El calor interno almacenado no debe escaparse y debe ser muy resistente al frío.
- Calentamiento rápido mediante el plástico de forrado.
- Sistema de ventilación eficaz, mayoría de forma manual.
- Traspaso correcto de la luz necesaria para proceso del cultivo.
- Resistencia para heladas, nieve, granizo, vientos fuertes.
- Bajo costo.

CONSTRUCCIÓN

Los materiales usados para la construcción de invernaderos son muy variables como estructuras de madera, rollizos de madera con alambre, metálicas, hormigón, estructuras metálicas curvas, elípticas, materiales galvanizados, entre otros. Entre sus materiales usados como cubiertas tenemos vidrio, plástico, poli cloruro de vinilo, acetato de vinilo, entre otros. Todos con una excelente detención de calor.

Radiación en los invernaderos

La energía luminosa producida por el sol se propaga sin dirección alguna en el espacio llegando a la superficie terrestre como ondas electromagnéticas, esta radiación emitida por el sol se mide en longitud de onda que a su vez se mide en milimicras mM, o Angstrom. En la siguiente **Tabla 2** se puede observar que lo principales fenómenos fisiológicos que afecta una vegetación están dentro de los 3900 y 8100 Angstrom es decir en este intervalo se realiza un proceso efectivo en los cultivos (Z. Cerreño, 2005).

Tabla 2*Efectos de la Radiación en el Metabolismo Vegetal*

Efectos de la Radiación Uv Sobre el Metabolismo Vegetal	
Espectro Luminoso en Angstrom	Influencia Sobre el Metabolismo Vegetal
2000-2800	Muy nocivos para los vegetales
2800-3150	Efecto deprimente, quemaduras, afectan al color natural de las plantas.
3150-4000	Algún efecto de plagas, enfermedades y virus
4000-4900	Influencia sobre el fototropismo.
4000-5100	Inicio de fotosíntesis, crecimiento tallo y hojas
5100-6100	Poca respiración biológica
5400-6800	incremento germinación semilla
6000-8000	Inhibición de la germinación de la semilla
6100-7000	Máxima actividad de la fotosíntesis y síntesis de la clorofila

Fuente: (Z. Cerreño, 2005)

Donde se puede obtener entre los intervalos de 2000A y 3800A se encuentra los rayos UV y de 3800 a 7600 la luz visible que afecta de forma directa el metabolismo vegetativo.

Control de factores climáticos en invernaderos

Los factores climáticos inciden de manera óptima en el desarrollo vegetativo de los cultivos entre ellos está la temperatura, humedad, concentración del Co₂, radiación Uv y oxígeno, de esta manera no sirve de nada si solo se trata un factor en proporción con los demás es decir una correcta humedad y nutrientes permite un correcto desarrollo productivo.

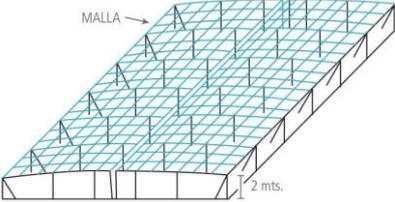
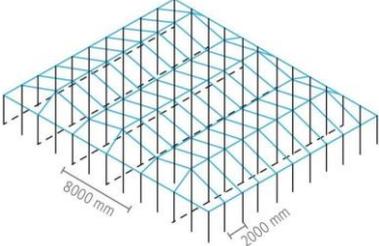
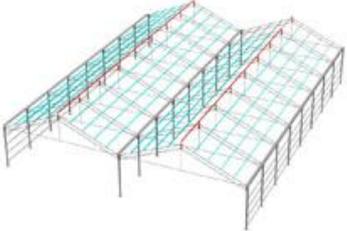
Entre los factores más importantes que se realiza dentro de un invernadero en las que interviene variables como temperatura humedad y radiación son.

- Absorción de proteínas del suelo por las raíces con una correcta humedad y temperatura
- Producción de elementos orgánicos a través de la fotosíntesis,
- Transpiración del exceso de agua.

2.2.2. TIPOS DE INVERNADEROS

Tabla 3

Principales tipos de invernaderos en el Ecuador.

Tipo	Descripción	Ilustración
Plano	<p>El más empleado en la zona ecuatoriana, a pesar de tener varias inconveniencias como lo son: la mala ventilación, y al ser estas de plástico en las épocas de lluvia su estructura permite que se formen charcos de agua en la superficie, provocando en tales casos rompimiento de las mismas y a su vez la contaminación a los productos, al igual que el ambiente que generan no suele ser el adecuado para el cultivo de los productos ya que no ofrece las condiciones de temperatura, humedad y corriente de aire adecuada para los mismos. Están diseñados de tal forma que su estructura en forma de rectángulo.</p>	
Raspa y amagado	<p>Estos invernaderos en su mayoría están contruidos de tubo galvanizado, a diferencia del invernadero plano, este si cuenta con una muy buena ventilación, permitiendo la abertura de áreas las mismas que pueden estar en los bordes de las paredes. Estos invernaderos cuentan con una parte alta “RASPA” y una baja “AMAGADO”, esta última une las mallas o plásticos con el suelo, permitiendo la colocación de los canelones para poder realizar el desagüe producido por la lluvia.</p>	
Capilla	<p>Conocido como “un agua o dos aguas” depende del número de pendientes, es de fácil construcción. Su techo formado por dos planos inclinados ayudando a la evacuación del agua y al no estancamiento debido a su estructura. Pese a ello sigue teniendo inconvenientes en la ventilación y por consecuencia el ambiente generado por la misma no es el adecuado para los productos.</p>	
Túnel	<p>Es el tipo de invernadero ideal para el cultivo, se caracteriza principalmente por su estructura totalmente metálicas y su cubierta en forma de túnel. Su construcción ha venido aumentando debido a que proporciona una buena iluminación, gran resistencia a fuertes vientos y buena automatización en el control climático. Al estar construido de tal manera no permite que el agua de las lluvias escurra por las zonas laterales, impidiendo un derrame hacia las plantas o el interior en general.</p> <p>Considerándose este diseño como uno que genera mejores oportunidades para el manejo del microclima y su automatización.</p>	

Fuente: Adaptado de (Rodríguez, 2018).

2.2.3. IMPORTANCIA DEL MICROCLIMA EN LOS INVERNADEROS.

El microclima dentro de un invernadero está definido por las condiciones medioambientales encontradas dentro de su entorno cerrado. Un ejemplo claro se da en el interior de un invernadero debido a la penetración de rayos solares por medio del plástico presenta condiciones ideales para la siembra y cosecha de ciertos cultivos, en este clima se puede encontrar variables como: temperatura, humedad relativa, humedad suelo y radiación UV (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014).

Donde la temperatura, humedad y radiación UV son esenciales para procesos vegetativos dentro de invernaderos, por ello deben ser controladas, de acuerdo a los cambios de las variables meteorológicas mediante el ingreso o salida de aire, radiación y agua generando una mejora en el proceso productivo de los cultivos.

2.2.4. AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS.

Para la automatización de viveros existen varios criterios de control, dependiendo del agricultor y las variables que se desee controlar siendo las más comunes e importantes para el agricultor.

Temperatura

Es el factor más importante ya que para la producción de cualquier cultivo siempre es necesario obtener temperatura por debajo de 10-12°C y que no sobrepase los 32°C ya que el exceso de temperatura así como también las heladas dañarían la morfología de las plantas cultivadas y sus procesos fisiológicos, para la automatización y poder controlar esta variable es muy recomendado (Guerrero Cano, 2013).

- Colocar extractores de aire para el aire caliente y el ingreso del frío sea esto por un proceso de control automático mediante algún controlador lógico.
- Sistema de refrigeración por evaporación de agua para los días calurosos al igual deberá ser activado de forma remota.
- Reducción o aumento de radiación ya sea por reflectores UV o por medio de protección como mallas afuera de la cubierta.
- Ventilación este es un proceso fundamental que siempre estará en un invernadero ya sea una ventilación lateral o superior.

Humedad relativa y de suelo

La humedad relativa siendo la cantidad de agua que posee el aire y respectivamente la humedad del suelo, es un factor que puede influir mucho en el rendimiento final de los cultivos y depende mucho de la especie de cultivo que se desea sembrar, en la automatización se trata de dar un control de humedad tanto en el ambiente como en la humedad existente de la tierra.

Existe una relación inversamente proporcional con respecto a la temperatura con la humedad relativa ya que a elevadas temperaturas la humedad relativa disminuye. Hay que tener en cuenta que a humedad relativa alta aumenta la posibilidad de transmisión de plagas, enfermedades y abortos florales, y muy podría secar las plantas.

Para el control de humedad se tiene presente las siguientes opciones:

- Sistemas de enfriamiento conocido como Colling system (Novagric, 2018).
- Riego de agua por goteo para días nublados de igual forma un corto tiempo de programación.
- Nebulizador como efecto de llovizna dentro del invernadero y producir un evento de refrescar el ambiente.

Radiación

La luz solar influye en el crecimiento de las plantas ya que para lugares a falta de Luz uv las plantas suelen sufrir demoras en su crecimiento y además crecen de una forma débil para ello es recomendable una correcta radiación dentro del lugar que se podría dar de la siguiente manera:

- Recubrimiento de mallas negras para protección de rayos Uv en el vivero.
- Instalación de reflectores uv para la iluminación adecuada y en tiempos necesarios.

2.2.5. SENSORES ELECTRÓNICOS

Son dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas en señales eléctricas para su respectivo tratamiento, depende del tipo de sensor ya sea temperatura, humedad relativa, húmedas del suelo, radiación UV, Co2, distancia, aceleración, presión, entre otros.

Para la siguiente investigación se optó por utilizar sensores de temperatura y humedad DTH11, humedad del suelo YL-69 y para medición de radiación ultravioleta GUVAS12D, para la adquisición de datos ambientales y poder monitorizarlos y controlarlos a través del microcontrolador.

Se debe tener presente que los sensores a utilizarse sean compatibles con el microcontrolador ya sea mediante librerías específicas, u otros métodos de lectura para su correcta interpretación.

2.2.6. CARACTERISTICAS DE LOS SENSORES

Tabla 4

Sensores y Característica

Sensor	Descripción	Especificaciones Técnicas	Ilustración
Dht11	El sensor dht11 se conoce como un sensor de temperatura y humedad relativa de alta fiabilidad y estabilidad debido a que posee una señal digital calibrada. Está compuesto de un sensor capacitivo para medir la humedad, un termistor para medir el aire circulante generando una señal digital con los datos necesarios, usado en automatización y agricultura (Naylamp Mechatronics SAC, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación: 3v-5v. • Corriente máxima: 2.5mA • Rango de temperatura: 0°C – 50°C • Precisión de temperatura: ± 2 °C • Rango HR: 20% - 90%. • Precisión HR $\pm 5\%$. 	
Sensor de humedad YL-69	Este tipo de sensor permite medir la humedad del suelo mediante dos tipos de módulos el primero es un yl-38 el cual en conjunto con un comparador LM393 generan como salida dos pines para el YL-69 que mediante una pequeña tensión que pasa por los terminales del yl-69 genera una corriente que depende de la resistencia del suelo que a su vez depende de la humedad. Por lo que se concluye que al aumentar la corriente la humedad es mayor y si disminuye la humedad igual (Vidal Torró, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación: 3,3v-5v. • Voltaje de Salida: 0v - 4,2v. • Corriente: 35mA. 	

Sensor	Descripción	Especificaciones Técnicas	Ilustración
Sensor de Radiación Guva s12sd	Este tipo de sensor permite medir el índice de radiación ultravioleta (UV), ya que está basado en un fotodiodo UV cuya longitud de onda si sitúa entre los 240nm y 370nm es necesario acondicionar el valor del sensor con una tabla la cual da la relación de este valor con el índice de UV (López-Chacón & Martínez-García, 2018).	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de funcionamiento: 3.3v - 5v. • Voltaje de salida: de 0 a 1v -- --- índice UV 0-10v. • Tiempo de respuesta: 0,5 segundos • Precisión UV: ± 1. • Rango de longitud de onda: 230 y 370 nm todo el espectro UVB y la mayor del espectro UVA. • Temperatura de trabajo: - 20°C a 85°C. • Corriente: 5mA 	

Fuente: Autor.

2.2.7. LPWAN

Lpwan (Low Power Wireless Area Network) red de área amplia y baja potencia usada en la actualidad para el estudio de las IoT, ocupado mucho en el área de la industria e investigación por su bajo consumo, largo alcance y bajo costo. Esta tecnología proporciona distancias favorablemente largas como de 10-40km en zonas rurales y de 1-5km en zonas urbanas.

Existe características esenciales lo que diferencia la tecnología de Lpwan de otras tecnologías de comunicación como Wi-Fi, Bluetooth, 3GPP y ZigBee y son:

- Larga vida útil de un nodo sensor
- Bajo costo del chip inalámbrico.
- Área de cobertura extensa hasta km.

La tecnología LPWAN puede implementarse con: Sigfox, NB-IoT, Weightless, LoraWan, las cuales se diferencian en cuanto a los esquemas de modulación, alcance máximo geográfico, cantidad de datos transmitidos, encriptación y autenticación (Vega et al., 2017; La Rosa, 2018).

LoraWan y LoRa.

Se puede asimilar muchas veces estos términos como lo mismo sin embargo poseen definiciones diferentes.

LoRa.

Es un esquema de modulación de señales de radiofrecuencia creado por Semtech Corporation esta empresa diseña los transceptores LoRa que son usados como parte física de las redes LoraWan.

- Existen parámetros independientes ver

Tabla 5 que se pueden modificar a través de software en los dispositivos LoRa entre ellos están.

- BW: Ancho de banda - Mientras más bajo sea este valor la transmisión será oportunamente mejor.
- SF: Conocido como el factor de distancia o alcance - Mientras este valor sea el más alto mejor será el rendimiento en la transmisión de datos
- CRC : Verificación por redundancia cíclica - Realiza una correcta verificación de los datos ya sea en transmisión como recepción.
- Frecuencia existen tarjetas integradas que poseen chips LoRa que trabaja a varias frecuencias en este proyecto se ocupara el chip sx1278 a una frecuencia de 433MHz.

Tabla 5

Parámetros LoRa

Radio LoRa	Frecuencia de Operación MHz	Parámetros del Chip LoRa SX 1278			
		SF Factor de Alcance	Ancho de Banda AB(kHz)	Tasa Efectiva de bits(kbps)	Sensibilidad (dBm)
sx1278	433.800	6 a 12	7.8 a 500	0.018 a 37.5	-111 a -148

Fuente: (Rodríguez Munca, 2016)

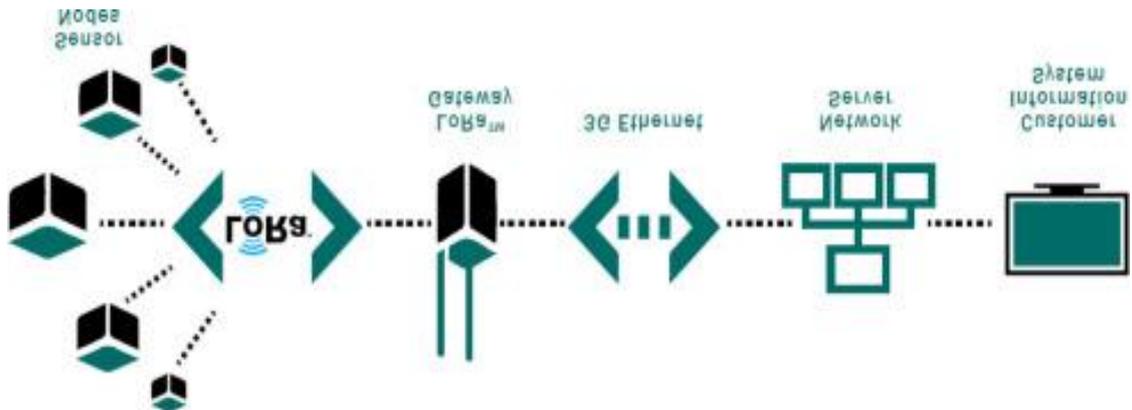
2.2.8. LPWAN CON LORA

Lora es una tecnología de red diseñada para comunicación a largo alcance de dispositivos que demanda muy poco consumo de corriente con objetivo de proporcionar una comunicación bidireccional segura. LoRa opera en bandas ISM estas frecuencias no necesitan licencia debido a que son de libre uso, la capa física se basa en la modulación de espectro expandido, con velocidades de hasta 50 kbps.

Ocupa el protocolo actual LoRaWAN como una solución para dispositivos electrónicos de muy bajo consumo de energía e incluso usando baterías con duración de años. Una red LoRaWAN típica los nodos finales y el Gateway corresponde a una topología de estrella en la que solo el Gateway está conectado a internet (Liberg et al., 2018).

Figura 5

Arquitectura Estándar de un Sistema LoRa-LoRaWAN



Fuente: (Liberg, Sundberg, Wang, Bergman, & Sachs, 2018).

2.2.9. ELEMENTOS DEL SISTEMA.

2.2.9.1. MÓDULO RF LORA SX1278 RA-01 433MHz.

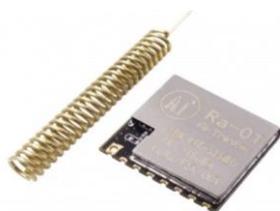
El módulo de radiofrecuencia LoRa Ra-01, transceptor de comunicación basado en el chip sx1278 para transmisión inalámbrica, con tecnología de modulación Chirp Spread Spectrum (CSS) o modulación de espectro ensanchado que en condiciones ideales alcanza distancia de miles de metros, este módulo fue desarrollado por la empresa tecnológica AI-THINKER gracias al chip sx1278 de la corporación SEMTECH posee una alta sensibilidad de -148dbm con una potencia de salida de 20dbm (Arduitrionics, 2019)

Especificaciones Técnicas:

- Voltaje de funcionamiento: 2.5v -3.7v.
- Frecuencia de operación: 410 ~ 525 MHZ
- Temperatura de trabajo: -30°C a 85°C.
- Tecnología FSK/GFSK/LoRa espectro expandido.
- Comunicación Half Dúplex.
- Relación de rechazo de canal.
- Alta sensibilidad de recepción: -141dbm.
- Banda ISM
- Función de detección de canal RSSI
- Ganancia de antena 3dBi dorada (Electronilab , 2020).

Figura 6

Modulo LoRa Ra-01



Fuente: (Arduitrionics, 2019)

2.2.9.2.MÓDULO RF LORA XL SX1278 SMT 433MHz.

El módulo de radiofrecuencia XL 1278 SMT es un transceptor de radio basado en SX1278 de Semtech Corporation, consta de un cristal SMD delgado, circuito para adaptación de antena que trabaja a 433 MHz con una impedancia de 50 ohm para comunicación de largo alcance, posee una comunicación de interfaz SPI (Mosi, Mosi, Sclk) para comunicar con arduino o cualquier otro dispositivo con este tipo de comunicación además se tiene que definir pines SS, RESET, DI0 para selección del esclavo, reset del sistema y puerto de salida digital respectivamente (Piskin et al., 2018).

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de funcionamiento: 1.8v -3.3v.
- Frecuencia de operación: 410 ~ 525 MHZ
- Potencia de transmisión: 20dBm.
- Temperatura de trabajo: -20°C a 80°C.

- Tecnología FSK/GFSK/LoRa espectro expandido.
- Comunicación Half Dúplex.
- Relación de rechazo de canal.
- Alta sensibilidad de recepción: -139dbm.
- Banda ISM
- Tecnología FDMA FM
- Función de detección de canal RSSI
- Ganancia de antena 1 dBi (plata) (Ziisor Official Store, 2020).

Figura 7

Módulo Transceptor LoRa Xl Sx1278 SMT



Fuente: (Penilaian, 2019).

2.2.9.3.LCD 16X2 COMUNICACIÓN I2C

LCD (Liquid Crystal Display) pantalla de cristal líquido alfanumérica 16 columnas por 2 filas con comunicación I2c basadas en el controlador HD44780 de Hitachi es muy usadas en proyectos con microcontroladores en general además posee un adaptador basado en el PCF8574 que permite comunicar la pantalla usando comunicación I2C y a su vez puede ser compartido por otros periféricos sin afectar la pantalla (A., 2018).

Figura 8

Lcd 16x2 con I2C



Fuente : (Electrónicos, 2020)

2.2.9.4. ARDUINO MEGA 2560

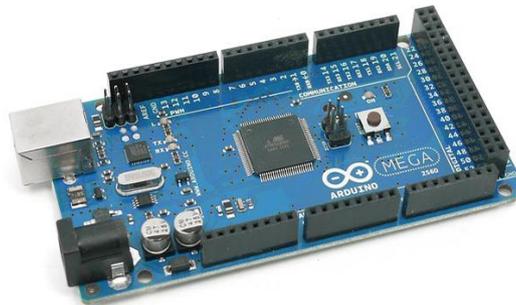
Es una tarjeta de desarrollo de hardware libre como base posee el microcontrolador Atmega 2560. Es parte de Arduino la cual se dedica a diseño y manufactura de hardware libre, esta placa posee 54 pines de entradas y salidas con 14 PWM (Modulación por ancho de pulso) 16 entradas analógicas , 4 puertos seriales, posee una velocidad de un cristal de 16Mhz maneja hasta 12v aunque siempre es recomendable usar de 7v a 9v (Veloso, 2018).

Especificaciones Técnicas:

- Voltaje de operación: 5v---- soporta hasta 12 v no recomendable.
- Pines de entrada y salidas: 54
- Corriente dc entregada por pines de salida: 40mA
- Corriente dc entregada por el pin de 3.3 50mA
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Velocidad del reloj: 16Mhz.

Figura 9

Arduino Mega Microcontrolador Atmega 2560



Fuente: (Veloso, 2018)

2.2.9.5. ARDUINO UNO

Es una placa electrónica de hardware libre basada en el microcontrolador Atmega 328 la cual cuenta con 14 pines de entrada y salida digitales las cuales 6 son PWM y otras 6 son analógicas. Además posee un resonador cerámico de 16Mhz todo este desarrollo facilita el entendimiento de microcontroladores y la electrónica (Jadiaz, 2016).

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de operación: 5v---- soporta hasta 12 v no recomendable.

- Pines de entrada y salidas: 14
- Corriente dc entregada por pines de salida: 40mA
- Corriente dc entregada por el pin de 3.3 50mA
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidad del reloj: 16Mhz.

Figura 10

Arduino Uno Microcontrolador Atmega 328



Fuente : (Jadiaz, 2016).

2.2.9.6. NODEMCU ESP8266

NodeMcu es una placa wifi de desarrollo de código abierto diseñado para el internet de las cosas, está montada en el conocido ESP8266 el cual tiene excelentes capacidades de almacenamiento y procesamiento que permite interactuar con sensores electrónicos y demás a través de sus GPIOs ocupando una carga mínima, debido a su converso USB ch340 es fácil su instalación con el sistema operativo (Sandorobotics, 2019).

Especificaciones Técnicas:

- Procesador: ESP8266 – 80MHz (3,3, v)
- Memoria Flash: 4MB
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n
- Conversor USB a serial: CH340
- Pines GPIOs:9
- Interfaz PI e I2C
- Entrada analógica: 1
- Voltaje de alimentación externo: 20v máximo.

Figura 11

NodeMcu Esp8266 WiFi



FUENTE: (Sandorobotics, 2019).

2.2.9.7.MODULO RELOJ EN TIEMPO REAL (RTC DS3231).

EL módulo rtc ds3231 conocido como reloj en tiempo real (RTC), es un dispositivo con comunicación I2C con una excelente precisión y de muy bajo costo, posee un oscilador de cristal con una compensación de temperatura, con una memoria eeprom conocida como AT24C32, incorpora una entrada de batería de pila de muy larga duración, mantiene la fecha y hora de meses y años incluso corrige errores de años bisiesto para excelente control de proyectos (Llamas, 2016).

Figura 12

Modulo Reloj en tiempo Real (RTC) Ds3231



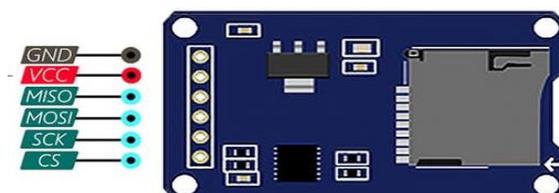
Fuente: (Llamas, 2016)

2.2.9.8.MÓDULO SD CARD.

Este módulo permite insertar e interactuar sea para escribir o leer datos en una memoria micro SD con sus respectivas alimentaciones 5v o 3.3v, a su vez esta posee una comunicación SPI compatible con Arduino y sus respectivas librerías (ElectroPeak, 2019).

Figura 13

Módulo Tarjeta Micro SD



Fuente: (ElectroPeak, 2019).

2.2.10. SOFTWARES Y PLATAFORMA A USARSE.

2.2.10.1. ARDUINO IDE.

Arduino IDE (Integrated development environment) plataforma de desarrollo compuesto por un conjunto de herramientas de programación con el fin de desarrollar un entorno de programación con compilador, depurador e interfaz gráfica, posee herramientas de cargar el código a su memoria flash.

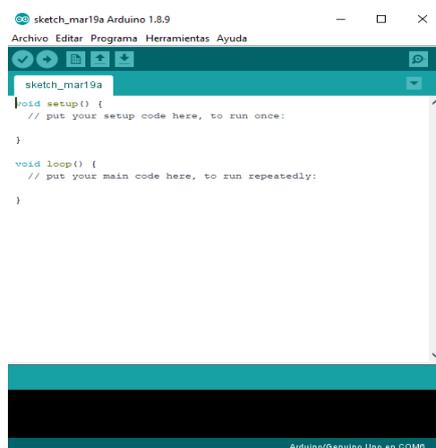
Es una plataforma de hardware y software abierto, flexible y de fácil uso, posee un fichero con extensión ino el cual debe estar en la misma carpeta con el mismo nombre.

Características:

- Soporte de multiplataforma e Arduino
- Detección automática de placa conectada
- Autoguardado del código al compilar

Figura 14

Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino (IDE)



Fuente: Autor

2.2.10.2.UNITY 3D.

Unity es un potente motor 3D multiplataforma y un entorno de desarrollo fácil de usar, se puede diseñar videojuegos, aplicaciones 3d tanto para dispositivos móviles como para computadoras de escritorio, web y consolas.

Es una plataforma completa para diseñar menús, animaciones, escribir guiones, organizar proyectos, la interfaz se encuentra organizada y se puede modificar acorde las necesidades del usuario.

Posee compatibilidad mediante archivos. fbx con programas de modelado 3d como Sketchup, Blender, Solidworks generando una interfaz de muy buena calidad cuando se desea desarrollar aplicaciones y representaciones en 3d.

Figura 15

Interfaz Visual de Desarrollo Unity 3d



Fuente: Autor

2.2.10.3.FIREBASE.

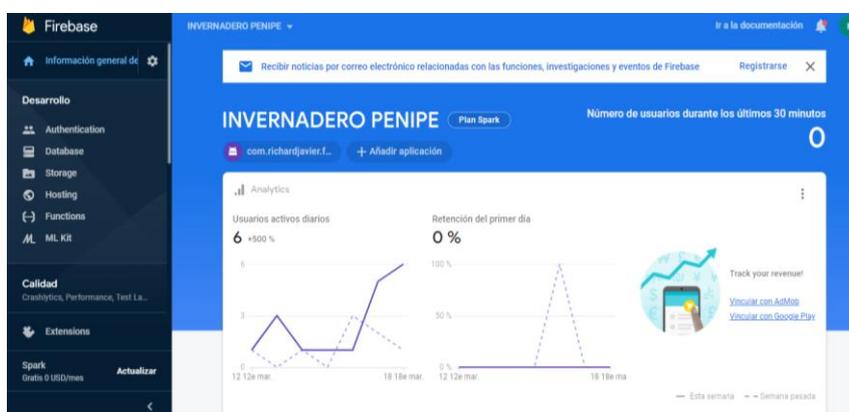
Firestore siendo una plataforma actual de aplicaciones multiplataforma en la nube de google, esta se puede configurar tanto para IOS, Android y web, una opción mejorada y

sería para almacenamiento de datos en tiempo real a comparación de muchas existente (Tamplin, 2018), entre los servicios que ofrece Firebase se encuentra:

- Google Analytics
- Firebase Real time Database
- Cloud Fuction
- Firebase Crash
- Adwords
- Admob

Figura 16

Interfaz Web Firebase



Fuente: Autor.

2.2.11. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

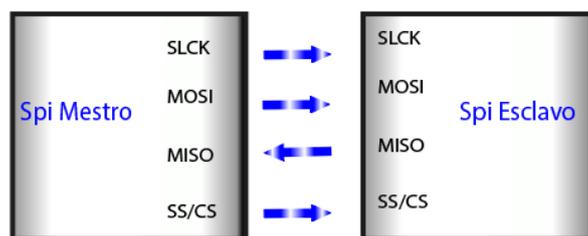
2.2.11.1.SERIAL PERIPHERAL INTERFACE (SPI)

El bus SPI es un estándar de comunicaciones usado mucho en la transferencia de información entre circuitos electrónicos, en esta comunicación incluye una línea de reloj, dato de salida, dato de entrada y un seleccionador de esclavo.

- SCLK: Señal de reloj, rige la velocidad de transmisión.
- MISO: Por aquí recibe datos
- MOSI: Trasmisión de datos a otro dispositivo
- SS: Habilita el integrado al cual van a ir los datos necesarios cuando se ocupa varios esclavos.

Figura 17

Estándar de Protocolo de Comunicación SPI



Fuente: Autor.

2.2.11.2.INTER-INTEGRATED CIRCUIT (I2C)

El bus I2C (Inter-Integrated Circuit) es un protocolo de conexión de dispositivos electrónicos que utiliza dos únicos cables que son SDA y SCL con velocidades de 100kbit/s en modo estándar y puede llegar hasta 3.4Mbit/s, comunicación Half Dúplex y síncrona.

- SDA: Datos en serie, se utiliza para el intercambio de datos entre maestro y esclavo.
- SCL: Reloj Serial, Se utiliza como el reloj síncrono general para la comunicación.

2.2.11.3.COMUNICACIÓN SERIAL

Protocolo más básico de comunicación entre dispositivos es de forma asíncrona y solo conecta dos dispositivos mediante las líneas tx y rx de los mismo.

2.2.11.4.MESSAGE QUEUE TELEMETRY TRANSPOR (MQTT).

Se trata sobre un protocolo basado en publicación y suscripción muy diferente de los protocolos de http que son de petición, se lo ocupa mucho en sistemas de mediciones de sensores debido a su bajo consumo de ancho de banda y con una topología en estrella donde el servidor puede tener hasta 10000 clientes, su funcionamiento está en la publicación de topics o temas y el bróker o servidor central se encarga de gestionar la red.

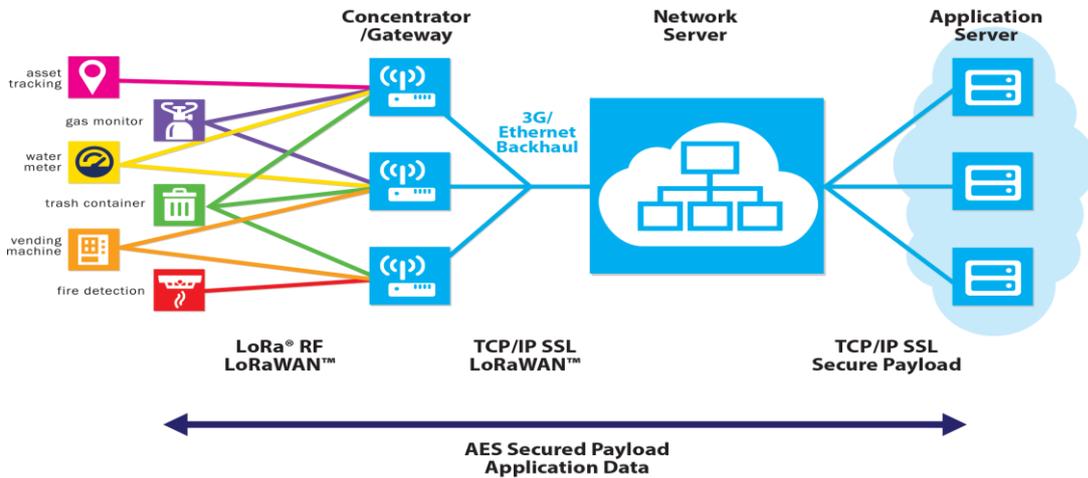
2.2.11.5.LORAWAN

Conocido como el protocolo de LPWAN que ocupan dispositivos LoRa, desarrollado por LoRa Alliance, compuesta por Cisco, IBM, Orange y se la puede describir como protocolo y arquitectura de red sobre la cual interactúan las aplicaciones (Monitoring, 2018).

Corresponde a la capa 2 de la arquitectura conocida como enlace de red, su objetivo es unir los distintos dispositivos LoRa gestionando el canal de comunicación, cifrado ancho de banda entre otros. La estructura del protocolo de comunicación LoRaWAN posee un tipo de topología estrella y solo el Gateway se enlaza con el servidor de red.

Figura 18

Estructura de una Red LoRaWAN



Fuente: (Moya Quimbita, 2018).

2.3. AUSPICIANTES

2.3.1. GADM PENIPE

Es la entidad pública y gubernamental cuyo objetivo principal es mantener a la población cantonal con servicios públicos de excelente calidad, líder en planificación de planes y proyectos prioritarios para beneficio de la comunicada garantizando un desarrollo sustentable y sostenible del cantón.

El gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Penipe tiene como visión ser un ejemplo de desarrollo local a través de una eficiente organización interna y cumplir las necesidades del cantón.

A través de convenios con la Universidad Nacional de Chimborazo se realiza el proyecto de este diseño a través de una maqueta completamente funcional, con la finalidad de

promover la participación comunal en proyectos de desarrollo productivo para el buen vivir, generando conocimiento de nuevas tecnologías y fuentes de trabajo para el cantón.

2.3.2. ECOSUR NETWORK

La red EcoSur antes conocida como como Red TMC, al existir una demanda amplia por mejorar la calidad de vida, conlleva explorar nuevas técnicas para mejorar las condiciones de vida en el hábitat humano de manera económica y sustentable con una formación dual, tanto de manera técnica y tecnológica a través de convenios con la Universidad Nacional de Chimborazo, el cual como objetivo primordial establece el desarrollo de investigación con el fin de ofrecer una excelente calidad de vida del ser humano en el Ecuador y el mundo, forma parte de apoyo fundamental al proyecto de la automatización de un invernadero con sus representantes como Ing. Diego Coloma y el Ing. Paul Moreno

Con participación en la apertura de la nueva sede de la organización (**Anexo 3**), con una exposición del presente proyecto de investigación ante organismos internacionales como la representante de la embajada de Suiza, Ministro de Bienestar Social de Latinoamérica con el fin de concientizar e incentivar la implementación de este tipo de tecnología en la automatización de invernaderos.

CAPITULO III

3. METODLOGÍA.

3.1. TIPO DE ESTUDIO.

Esta investigación es de tipo aplicada ya que se centra en la resolución de una problemática concreta a través de conocimiento desde una o varias áreas solucionando problemas en el sector social y productivo.

De tipo explicativa en la definición de tipos de sensores a utilizarse para la obtención de datos, además el medio inalámbrico de comunicación en este caso sobre la innovadora tecnología LoRa y los procesos para el desarrollo de la propuesta.

3.2. METODOS DE INVESTIGACIÓN

Se explicará los distintos métodos ocupados en la investigación: descriptivo para un análisis cualitativo de los invernaderos y exploratorio-pre experimental en el diseño del sistema automático de control de microclima a bases de conocimientos electrónico y de telecomunicaciones, este sistema se implementó en una maqueta construida por el autor.

3.3.TÉCNICA.

Se ocupó la técnica de observación y de campo mediante la obtención de información del proyecto y fenómenos que afecte el diseño y construcción del mismo de una manera científica que de fiabilidad para cumplir con los objetivos del proyecto de investigación planteado.

3.4.FUENTES DE INFORMACIÓN.

Para el proyecto de investigación se realizó una investigación sistemática para recopilación de información científica acerca de la automatización de invernaderos acorde a tecnología innovadoras como LoRa y sensores de bajo costos en revistas y publicaciones científicas, IEEE Xplore, Scimedirect, Scielo, Ssrn, investigaciones actualizadas del año 2015 en adelante además la base de datos disponible en SCOPUS.

3.5.INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.

En el proyecto de investigación planteado, los instrumentos a utilizarse son:

- Observación participante El investigador participa directamente en la investigación y obtiene información que de credibilidad al cumplimiento de los objetivos de la investigación.
- Procedimientos experimentales: Diversos pasos para la construcción del prototipo del sistema de monitoreo y control de microclima dentro de un invernadero.
- Análisis de documentos: Revisiones bibliográficas y análisis de artículos científicos acerca del tema de investigación no más de 10 años de antecedentes.

3.6.POBLACIÓN Y MUESTRA.

POBLACIÓN

El proyecto de investigación se realiza con el fin de estudiar las principales variables climatológicas que afectan el microclima dentro de un invernadero y además cómo mejora un sistema automático un invernadero tradicional. El proyecto macro tiene una duración de 3 años a partir de enero de 2020 y se desarrollará en cooperación UNACH-GAD Penipe.

MUESTRA

Los datos de temperatura, humedad y radiación obtenidos en el invernadero durante un intervalo de un mes, mediante los distintos sensores serán las muestras que serán analizadas para una correcta activación de actuadores según requerimiento del clima.

3.7. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Tabla 6

Operalización de las variables.

Variable	Concepto	Indicadores	Técnicas e Instrumentación
Independiente			
Diseño y construcción de un sistema automático de adquisición y transmisión de datos de sensores y actuadores con tecnología LoRa para un invernadero.	Diseñar e construir un prototipo de sistema electrónico basándose en sensores de bajo costo con tecnología de comunicación LoRa en una maqueta de un invernadero.	- Diseño del sistema automático funcional para control del microclima. -Comunicación inalámbrica por radio frecuencia de largo alcance a través de tecnología LoRa.	-Sensores de humedad, temperatura y radiación. -Software y hardware Arduino -Datashets -Unity3D.
Dependiente			
Control y monitorización del microclima.	Toma de decisiones según datos obtenidos del clima para una correcto monitoreo y activación de actuadores con el fin de variar el microclima dentro de una maqueta invernadero.	-Estudio climático del hábitat en un invernadero. -Datos de información del clima enviados y recibidos. -Control y monitoreo de variables del microclima.	-Módulos de activación de actuadores y monitoreo de sensores electrónicos. -Software spss. -Aplicación Móvil en Unity 3D.

Fuente: Autor.

3.8.PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS.

Para la realización del sistema automático de control y monitorización del microclima dentro de un invernadero se realizan procesos puntuales y definidos de acuerdo a los objetivos planteados los cuales permiten conocer a profundidad las limitaciones del proyecto y cumplir con los objetivos establecidos.

Procedimiento:

- Gestión y trámite para solicitud de una carta de aval al Gadm Penipe y Fundación EcoSur sede Riobamba ver (**Anexo 1-2**).
- Reunión con el Gadm Penipe y la Comunidad MATUS para socialización del proyecto: objetivos, duración y alcances. **Figura 19**.
- Visitas a la comunidad de Matus, cantón Penipe con reconocimiento de invernaderos ver **Figura 75**.
- Diseño y desarrollo de placas para los nodos pertinentes.
- Desarrollo e implementación de los algoritmos de programación de los distintos nodos.
- Desarrollo de una interfaz gráfica a través de Unity, y su base de datos en tiempo real en Firebase.
- Diseño y construcción de una maqueta de invernadero; representación 3D de la maqueta con una conexión directa con ordenador.
- Implementación del sistema en una maqueta de un invernadero como parte de la presentación del proyecto.

3.8.1. SOCIALIZACIÓN CON EL MUNICIPIO DE PENIPE Y LA FUNDACIÓN ECO-SUR SEDE RIOBAMBA.

La comunidad de Matus pertenecientes al cantón Penipe en conjunto con el municipio, el Ministerio de agricultura y pesca (MAGAP) y la fundación EcoSur_Ecuador, posee convenios puntuales de cooperación con la UNACH. Esta comunidad ha visto la necesidad del estudio para el diseño e implementación de un sistema automático de control de microclima dentro de un invernadero para el cultivo de hortícolas. Un

invernadero completamente automatizado debe generar un aporte si existe un verdadero control para el manejo controlado del microclima dentro del mismo.

Figura 19

Reunión Gadm Penipe, Unach, EcoSur-Ecuador

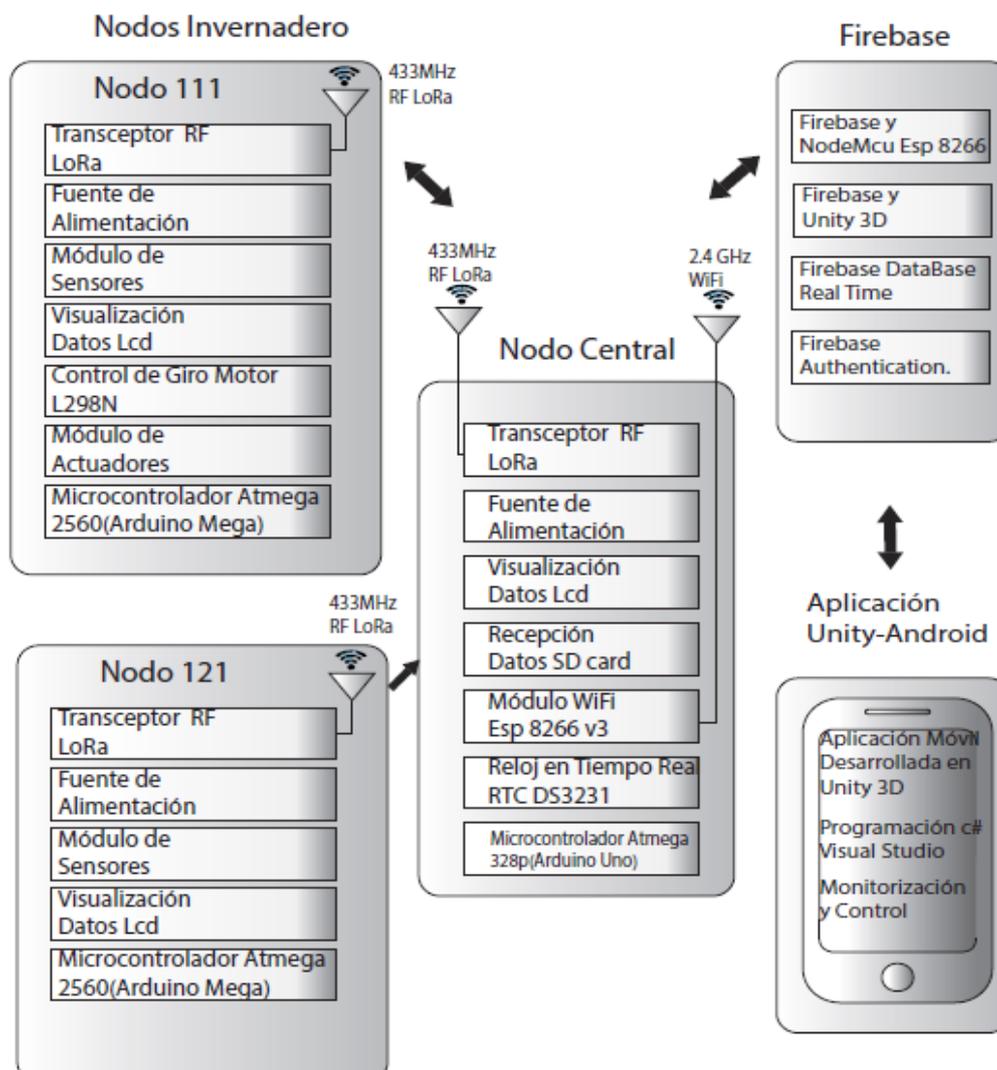


Fuente: Autor

Con variables definidas se establece el tipo de actuadores se van a utilizarse. Es decir, se tiene una relación proporcional clara y directa del tipo y número de sensores como son: la temperatura con la ventilación, humedad relativa con el actuador de nebulización, humedad del suelo con el riego por goteo, y la radiación con una luz led representando un reflector UV en el prototipo maqueta. También se realiza un diagrama que explica, de forma explícita, el proceso del sistema automático de monitoreo y control del microclima.

Figura 20

Diagrama del Sistema de Monitoreo y Control.



Fuente: Autor

Para el diseño e implementación del sistema prototipo de control automático del invernadero se tomó en cuenta las siguientes etapas.

- Dimensionamiento de la construcción de la maqueta del invernadero, adicional modelamiento en 3D del invernadero.
- Diseño y construcción del sistema de monitoreo y control de datos ambientales.
- Implementación con sus respectivos actuadores.

3.8.2. DISEÑO DE LOS DISTINTOS NODOS DE LA RED LORA.

En el diseño del sistema se utiliza la tecnología LoRa para creación de una Lpwan, gracias a sus características esenciales y necesarias como baja potencia, bajo costo, y de largo alcance. Se ocupó el módulo XL SX1278 SMT y el módulo Lora sx1278 Ra01 compatible con la placa Arduino Mega 2560 y con el microcontrolador integrado Atmega 2560. Por su amplio número de puertos de E/S, se lo puede usar para mayor ingreso de sensores de forma analógica o digital.

Este sistema tiene como objetivo recolectar en el microcontrolador los datos de los sensores de temperatura y humedad del aire, humedad del suelo y radiación uv dentro del invernadero, visualizarlos por una pantalla Lcd y enviarlos a través de comunicación SPI al módulo transceptor LoRa para su correcto reenvío al nodo central ver **Figura 21**.

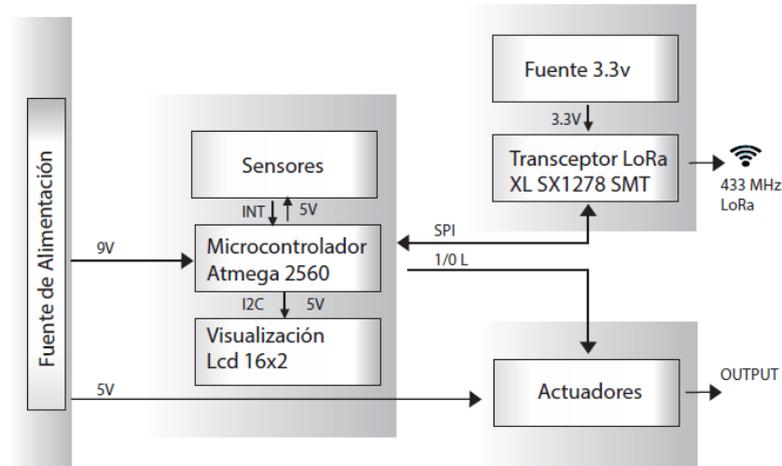
Adquisición de datos:

El diseño del sistema de los nodos finales está compuesto por:

- Arduino Mega Microcontrolador Atmega 2560.
- Transceptor Lora SX1278 SMT
- Sensor de humedad yl-69 yl-68
- Sensor de temperatura y humedad DHT11
- Sensor de radiación Guvas12sd.
- Fuente para 9v y 5v
- Pantalla Lcd 16x2 con comunicación I2C

Figura 21

Diagrama del Sistema para Lectura de Datos



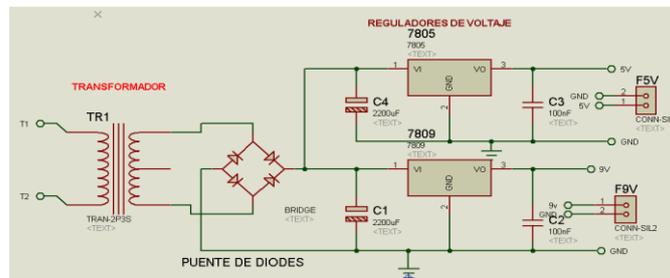
Fuente: Autor.

3.8.3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA LOS DISTINTOS NODOS FINALES DE LA RED LORA.

Para el correcto diseño del nodo se desarrolló en el software de simulación de circuitos Isis Proteus 7 (utilizado en el ámbito electrónico para proyectos de distintos índole) la fuente de alimentación por del circuito tendrá un transformador de 115v a 12v y con un soporte de 2 A de corriente (AC-AC) a su vez con un puente de diodos que se encargaran de convertir la corriente alterna a corriente directa , con sus respectivos condensadores para disminuir el ruido, se ha ocupado dos integrados reguladores de voltaje uno de 9v (LM7809) para la entrada del Arduino mega y otro de 5v (LM7805) para la activación de los relés que a sus vez activaran automáticamente los actuadores.

Figura 22

Fuente de Voltaje de 9v y 5v en el Software Proteus.



Fuente: Autor.

ARDUINO MEGA

Es el microcontrolador principal en el nodo del invernadero. Este se encarga de leer los datos de los sensores de forma analógica o digital y facilita la interpretación de las variables físicas al usuario.

SENSORES.

Sensor de temperatura y humedad relativa.

Para las lecturas de las variables se ocupó el sensor Dht11 en una pcb incluido con una resistencia Pull Up. Este es considerado como uno de los mejores sensores para determinación de temperatura y humedad relativa, pues posee tres pines en específico el pin de tierra (GND), alimentación ya sea por 5v o 3.3v (VCC) y el pin (DATA) el cual genera una trama de 40 bits de datos que representaran la humedad (16bit), la temperatura(16bits) y la paridad (8bits) hacia el microcontrolador mediante el puerto designado A0.

Sensor de humedad

Para la medición de Humedad del suelo se ocupó un sensor Yl-69 porque genera valores mediante la resistencia de la tierra hacia el paso de corriente determinado su porcentaje de humedad, en la programación se usó la función de mapeo (map) que además genera un cálculo que a su máximo voltaje de ingreso le dará 100 % y menor voltaje será un 0% este sensor posee salida de forma analógica y digital según su uso. Se ocupa también del uso analógico por medio de la entrada analógica A1 del microcontrolador.

Sensor de radiación UV

Para una correcta medición del índice de radiación uv se empleó el sensor Guvas12sd que es uno de los más accesibles en el mercado local posee una excelente precisión de medición para el índice Uv y un ancho favorable de nanómetro de 200 a 370 nm.

Este sensor se conecta con el microcontrolador en el pin Analógico número A4 con una alimentación de 5v y Gnd. Hay que mencionar que el valor recogido por este sensor al introducirlo mediante el pin, de nombre *signal*, se convierte matemáticamente para su interpretación mediante ecuaciones simples que relacionan las variables directamente.

Si lo que se desea es obtener el valor del sensor en unidades de mW/cm^2 se debe utilizar la proporción mediante los datos del datasheet del sensor (**Anexo 8**) donde se expresa el valor de $1\mu A = 9 mW/cm^2$ mediante la gráfica lineal entonces se hace una proporción del valor que es 15 en la gráfica ver **Figura 23**.

Ecuación 1

Transformación a mw/cm^2

$$\frac{15mW/cm^2}{X} = \frac{9mW/cm^2}{1\mu A}$$

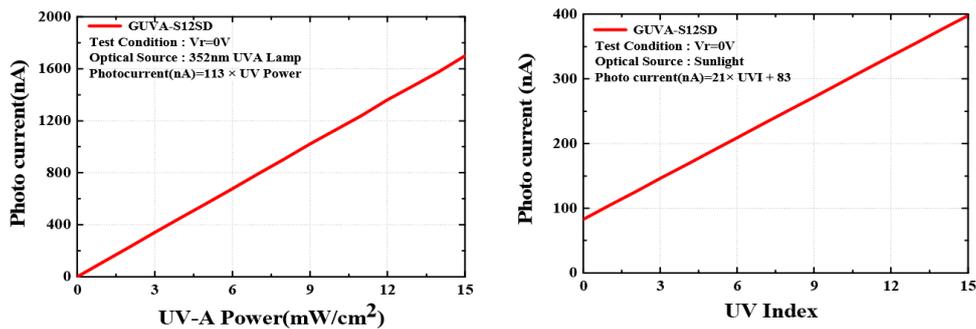
Fuente: Autor

$$X = \frac{\frac{15mW}{cm^2} * 0.1\mu A}{0.9mW/cm^2}$$

$$X = 1.67 \mu A$$

Figura 23

Corriente μA vs mw/cm^2



Fuente: Datasheet Sensor Guvas12sd (**Anexo 8**)

Se define la x como el valor de la corriente máxima de la gráfica es decir se puede determinar el valor en mV de la tensión máxima de salida del sensor y agregarlo a la programación por medio de la función map ver (**Anexo 7**).

$$V_o = 4.3 \text{ por corriente maxima en } \mu A$$

$$V_o = 4.3 * 1.67\mu A$$

$$V_o = 7.17 V$$

$$\frac{0.9mW/cm^2}{0.43v} = \frac{x}{5v}$$

$$X = \frac{\frac{9\text{mW}}{\text{cm}^2} * 5\text{v}}{0,43\text{v}}$$

$$X = 10,46\text{mW}/\text{cm}^2$$

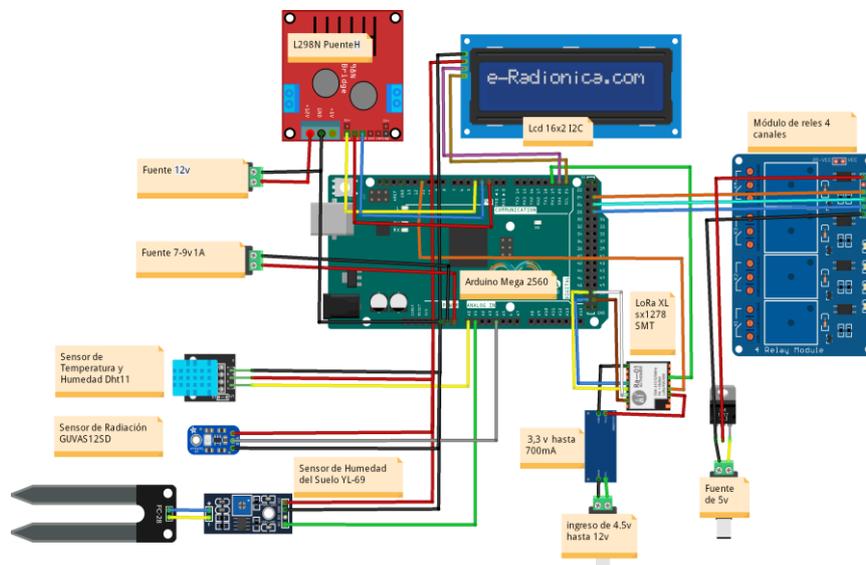
El valor de 7,17 le corresponde el dato de 15mw/cm2 y mientras el valor para 5v en mw/cm2 será de **10,46 mw/cm2** aplicando el cálculo de una regla de tres, este dato se ocupará como valor de lectura máximo de programación.

LCD

Para la visualización de los datos mediante la pantalla Lcd 16x2 se usó un módulo I2C compatible con la respectiva comunicación y fácil uso mediante las dos líneas de conexión **SDA Y SCL** tanto para datos y sincronización del reloj que serán conectados a los pines 20 y 21 del Arduino Mega que corresponde a comunicación I2C.

Figura 24

Conexiones del Nodo Primario de Sensores



Fuente: Autor.

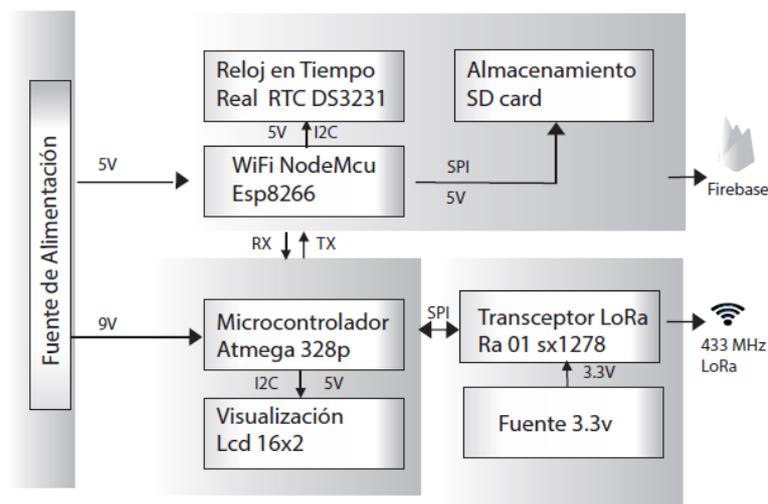
3.8.4. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y PCB PARA EL NODO CENTRAL DE LA RED LORA.

El diseño del nodo central se basa en una estructura con los elementos presentes en la

Figura 25. Esta posee una fuente de alimentación para todo el circuito excepto para el transceptor LoRa que posee su propia fuente debido a que los pines del Arduino solo proporcionan 50mA y el dispositivo posee un requerimiento de corriente mientras trabaja en modo de recepción hasta 10.8mA y cuando transmite alcanza los 120mA, además posee una visualización en un display Lcd 16x2, un almacenamiento de datos en una micro Sd y un módulo Wi-Fi para la transmisión de los datos hacia Firebase.

Figura 25

Diagrama del Sistema del Nodo Central



Fuente: Autor.

ARDUINO UNO

Conjuntamente con un microcontrolador Atmega328p funciona como controlador principal en el nodo central el cual está encargado de recibir los datos del módulo transceptor LoRa y enviarlos mediante comunicación serial al módulo NodeMcu Esp8266 que a pesar de cumplir roles de controlador posee la función principal leer el puerto serial de estos datos y enviarlos a la base de datos de Firebase a través de tecnología WiFi a 2.4Ghz.

SD CARD

El módulo SD card, con una comunicación SPI, se encarga de escribir los datos de temperatura, humedad y radiación y almacenarlos en un block de notas para análisis en el software SPSS v26 licencia UNACH.

NODEMCU ESP8266

NodeMcu ocupa comunicación serial con el Arduino uno para poder recibir los datos de monitoreo y transmitir datos de actuadores entre nodos también envía los valores a la base de datos en tiempo real de Firebase que ofrece servicios de comunicación con el entorno de desarrollo integrado de Arduino a través de un kit de desarrollo de software(SDK).

Tabla 7

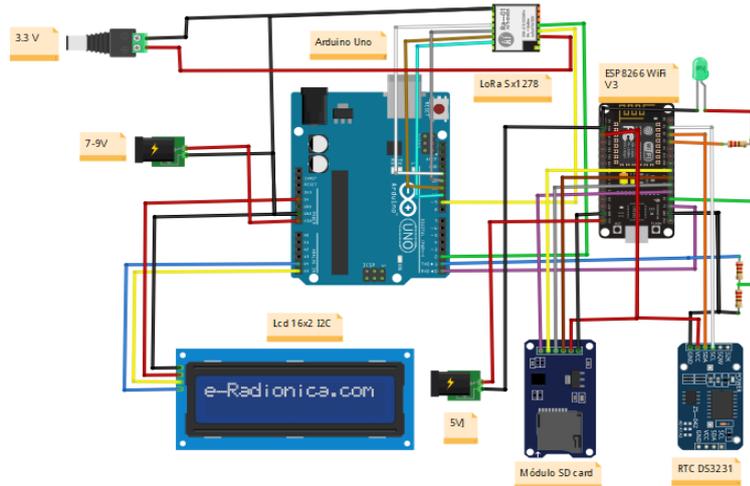
Respectiva Conexiones de Pines

Tipo	Nomenclatura de Tarjetas			
	RTC	Tarjeta Sd	NodeMcu Esp8266	Arduino Uno
Alimentación	VCC	VCC	VCC	VCC
	GND	GND	GND	GND
Comunicación SPI		6-CS	D8	10
		4-MOSI	D7	11
		3-MISO	D6	12
		5SCLK	D5	13
Comunicación I2c	SDA		D2	
	SCL		D1	
Comunicación Serial			TX	RX
			RX	TX

Fuente: Autor

Figura 26

Conexiones Nodo Central

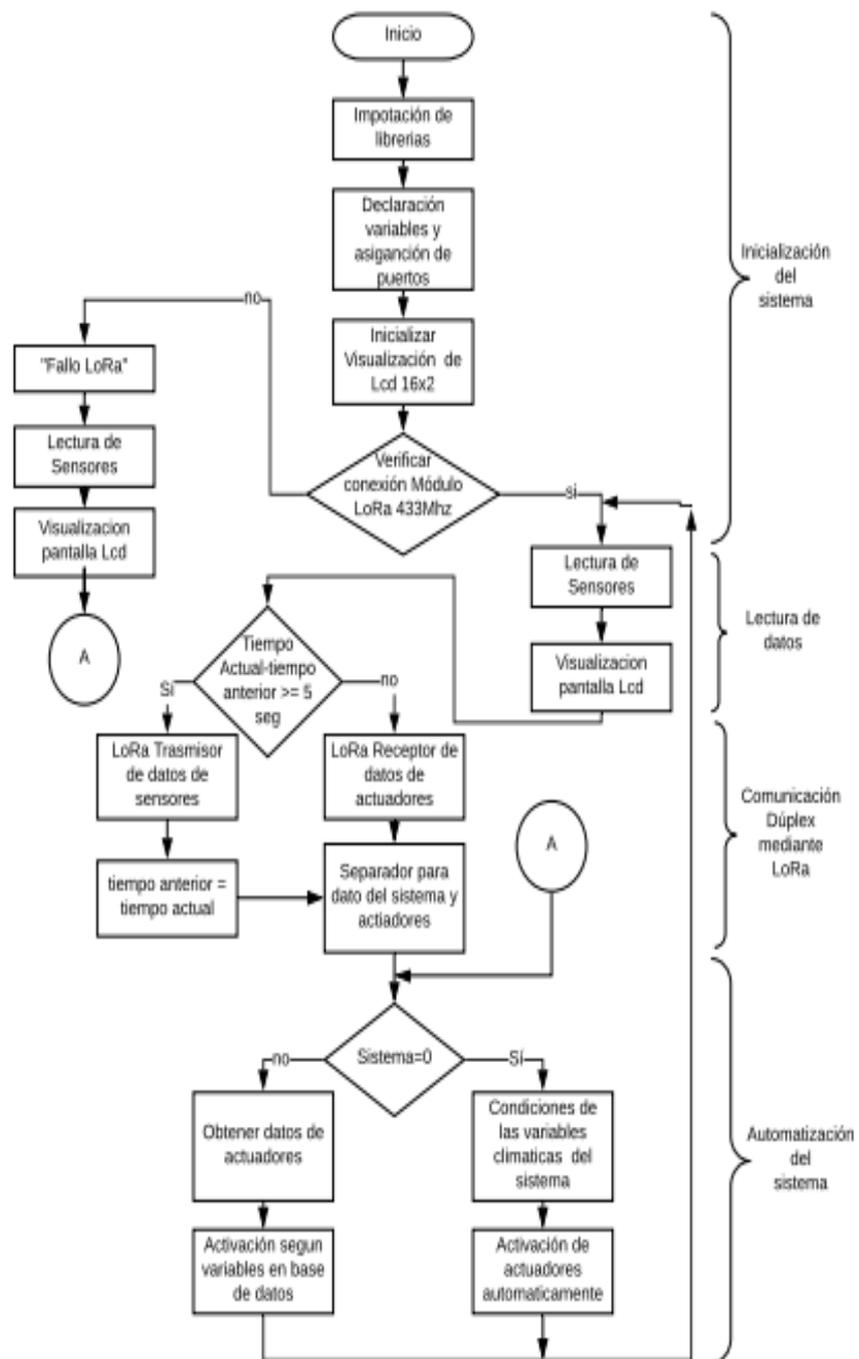


Fuente: Autor

3.8.5. PROGRAMACIÓN DE NODOS INVERNADERO.

Figura 27

Diagrama de Flujo del Algoritmo del Nodo del Invernadero



Fuente: Autor.

El algoritmo Principal del sistema se compone de 4 etapas fundamentales.

Figura 28

Proceso del Algoritmo del nodo primario.



Fuente Autor.

Inicialización del sistema.

Para la programación del microcontrolador se usa el software Arduino IDE el cual utiliza las librerías necesarias para los sensores, módulo LoRa, separación de datos, Lcd con I2C (**Anexo 7**). Además, inicia en la función setup () los puertos de entrada y salida, la pantalla Lcd, velocidad del puerto serial, sensores, parámetros LoRa como SF, CR, BW y frecuencia de operación.

Figura 29

Inicialización Modulo LoRa.

```
LoRa.setSpreadingFactor(12); //6-12
LoRa.setSignalBandwidth(7.8);
LoRa.setCodingRate4(8); //5-8
LoRa.setPins(ss, reset, dio0);
if (!LoRa.begin(433E6)) {
  Serial.println("FALLO");
}
```

Fuente: Autor

La lectura de datos se da mediante la utilización de funciones para cada parámetro. Ocupa una función para obtener los datos de temperatura, otra para la humedad, y otra para la radiación que se llaman en la función del Loop constantemente para las lecturas y representación en el Lcd.

Figura 30

Lectura de sensores

```
void loop() {
//LECTURA DE SENSORES SEGUN FUNCION
temp = dht.readTemperature();
hum = dht.readHumidity();
humS =humSuelo();
S_uv=sensor_uv();
}
```

Fuente: Autor.

Comunicación LoRa Dúplex

Transmisión con módulos LoRa

Para la transmisión de datos LoRa se emplean líneas de programación específicas usadas por la librería de Lora.h con una comunicación Half Dúplex propia entre los transceptores LoRa que permite enviar datos a través de señales de radio frecuencia y recibir en intervalos de tiempos específicos.

Figura 31

Código LoRa Dúplex

```
void loop() {
  if (millis() - lastSendTime > interval) {
    String message = "LoRa Duple"; // enviar el mensaje
    sendMessage(message);
    Serial.println("Sending " + message);
    lastSendTime = millis(); // timestamp the message
    interval = random(2000) + 1000; // 2-3 seconds
  }

  // parse for a packet, and call onReceive with the result:
  onReceive(LoRa.parsePacket());
}
```

Fuente: Autor.

Luego se envían los paquetes de forma consecutivas separados por una coma para su correcto almacenamiento e interpretación con los distintos comandos de la librería LoRa.

Figura

32

Código de envío de datos.

```
LoRa.beginPacket();
LoRa.print(ident);
LoRa.print(",");
LoRa.print(temp);
LoRa.print(",");
LoRa.print(hum);
LoRa.print(",");
LoRa.print(humS);
LoRa.print(",");
LoRa.println(S_uv);
LoRa.endPacket();
```

Fuente: Autor.

Ident: Identificador del nodo

Temp: Valor del sensor e temperatura en grados centígrados

Hum: valor del sensor de humedad relativa en porcentaje

Hums: valor del sensor de humedad del suelo en porcentaje.

S_uv: Valor del sensor de radiación ultravioleta en mw/cm2.

Recepción de módulos LoRa

Para la recepción de datos se ocupa la función OnReceive (LoRa.parsePacket()) que permite recibir datos siempre y cuando encuentre paquetes disponibles en la frecuencia de 433MHz configurada en el dispositivo LoRa.

Figura 33

Código de recepción.

```
void onReceive(int packetSize) {  
  
    if (packetSize == 0) return;  
    while (LoRa.available()) {  
        String incoming = LoRa.readString();  
        int tam=incoming.length();  
        if((tam >9)&&(incoming[0] != '1' || incoming[0] !='0')) return;  
        String d1 = s.separa(incoming, ',',0);  
        String d2 = s.separa(incoming, ',',1);  
        String d3 = s.separa(incoming, ',',2);  
        String d4 = s.separa(incoming, ',',3);  
        String d5 = s.separa(incoming, ',',4);  
        int vent= d1.toInt();  
        int neb= d2.toInt();  
        int riego= d3.toInt();  
        int reflector= d4.toInt();  
        modo= d5.toInt();  
    }  
}
```

Fuente: Autor

El código permite obtener una cadena de caracteres de datos tanto actuadores como el modo de operación (automática o manual), además incluye un método que permite descartar datos erróneos en la comunicación, para finalmente separarlos e interpretarlos como activación y desactivación de actuadores.

Automatización del sistema

Según el modo de operación que se le dé al sistema, los actuadores se activarán por medio del parámetro denominado sistema que está configurado con un valor de 0 para sistema automático y 1 para sistema manual.

El sistema automático toma los datos programados para cada sensor como limitante para encender el o los respectivos actuadores necesarios.

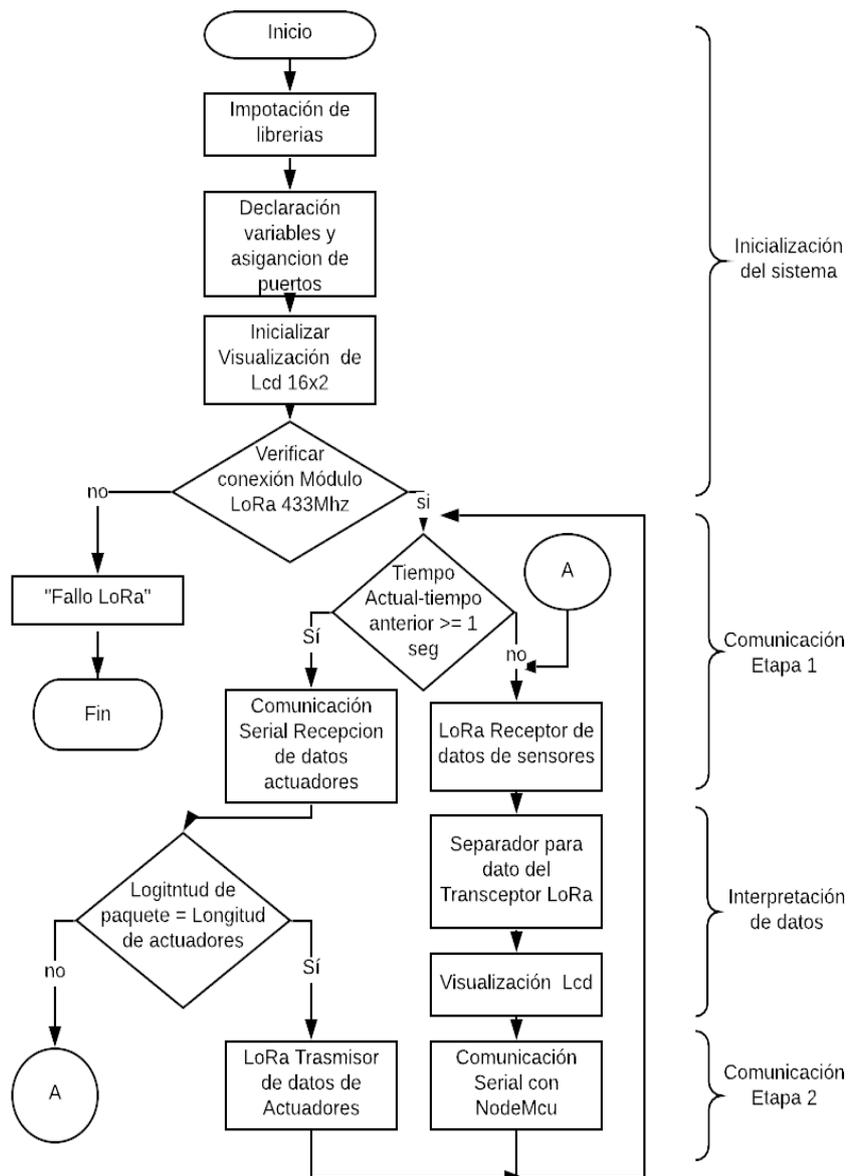
El sistema manual toma directamente los datos provenientes de la base de datos e Firebase de cada actuador datos que se modificaran según el dispositivo móvil.

3.8.6. PROGRAMACIÓN DE NODO CENTRAL.

La programación en el nodo central es similar a la de los nodos finales con la diferencia que en este nodo tiene la programación del microcontrolador Atmega 328p y una programación del módulo NodeMcu Esp 8266 que se detallará a continuación.

Figura 34

a) Diagrama de flujo del algoritmo del Arduino Uno.



Fuente. Autor

Las siguientes etapas en el sistema las cuales se detallan a continuación.

Figura 35

Proceso del script de funcionamiento del Arduino Uno en el nodo central.



Fuente: Autor.

Inicialización del sistema.

Similar al nodo final necesita librerías específicas para la correcta utilización del sistema.

Comunicación Etapa 1.

Se encuentran dos tipos de comunicación: una comunicación serial entre el módulo NodeMcu y el microcontrolador del Arduino Uno para recepción de los valores de actuadores con la lectura del puerto serial físico del Esp 8266. Continuamente se establece la comunicación LoRa para la transmisión hacia el nodo final.

Interpretación de datos.

Se procede a la utilización de los comandos para separar los datos receptados en la comunicación LoRa de los sensores y procede a una visualización en la pantalla Lcd.

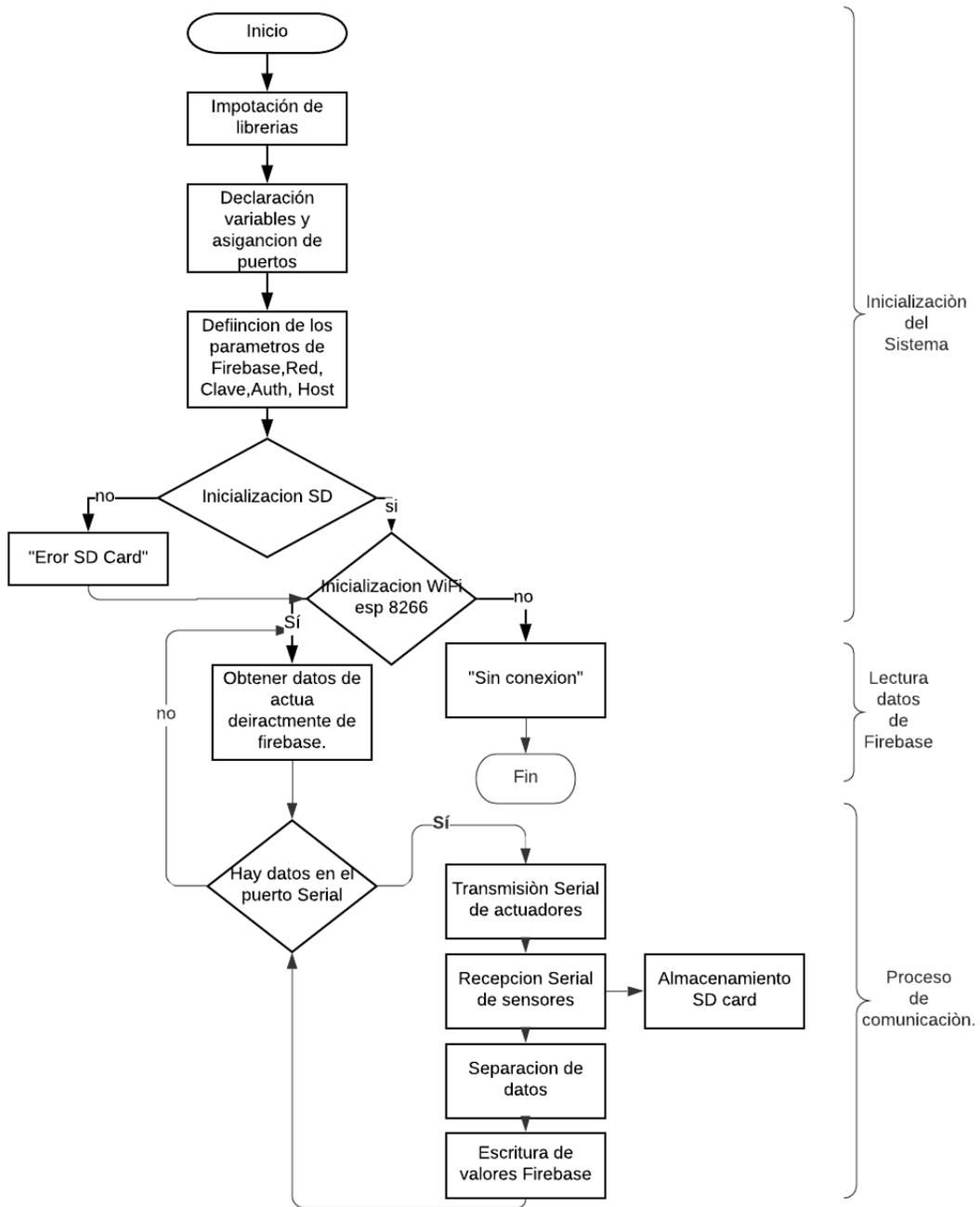
Comunicación Etapa 2.

En la última etapa de comunicación se procede a la lectura del puerto serial para enviar los datos recolectados por LoRa de sensores a través de comunicación serial hacia el Módulo Esp 8266. Además, en esta etapa se define la transmisión de la comunicación de los actuadores si el intervalo del tiempo es cada 1 segundo se utiliza la función millis () por ser de mucha ayuda asimilando una comunicación como multitarea en el arduino.

El proceso de la programación del Módulo Esp 8266, el cual pertenece al Nodo central, se da en la siguiente etapa.

Figura 36

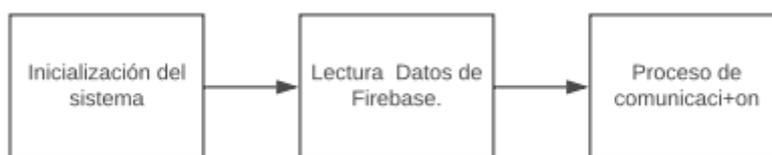
Diagrama del algoritmo del Módulo WiFi NodeMcu Esp 8266



Fuente: Autor.

Figura 37

Proceso Algoritmo de NodeMcu Esp 8266



Fuente: Autor.

Inicialización del sistema.

Para la programación que sube y baja los datos de la base de internet Firebase con el software de Arduino y que sube además el código al módulo se deben primero instalar las librerías necesarias.

Figura 38

Librerías NodeMcu Esp8266

```
//LIBRERIAS
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "FirebaseESP8266.h"
#include <Separador.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
```

Fuente: Autor

Las librerías de firebaseEsp8266 conectan el NodeMcu y la base de datos de Firebase, así como el separador que despliega los datos por coma y una comunicación SPI para la comunicación de un módulo Sd card.

Figura 39

Conexión a Internet del Módulo Wifi Esp 8266

```
//FIREBASE
#define FIREBASE_HOST "invernadero-penipe.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "To0h9kwkNYK1qxVgltD8Q8bHhDU8c8PqXYPxyIM"
#define WIFI_SSID "Piso 4 Ext"
#define WIFI_PASSWORD "12345678"
FirebaseData firebaseData;
```

Fuente: Autor

Para la configuración de conexión a internet se debe obtener el Host y la clave de autenticación. Estos valores se los puede obtener del proyecto creado ya en Firebase. También requiere la dirección IP y del nombre de la red de internet. En este proceso se establece condiciones de conexión para la inicialización de la tarjeta SD y la conexión a internet si es dispositivo en este punto no tiene internet no continuará el programa.

Lectura de Datos Firebase.

Avanzando en la programación el dispositivo, mediante los distintos comandos de escritura y lectura de datos de la Base, obtendrá el valor de cada actuador ver **Figura 40**.

Proceso de comunicación.

Permite la transmisión serial entre los módulos para los datos de sensores y actuadores que, a su vez, mediante el comando de escritura, se enviarán a Firebase.

Figura 40

Script para subir y bajar datos desde Firebase

```
Firebase.getInt(firebaseData, "Actuadores/Sistema/Estado", SISTEMA);  
Firebase.setFloat(firebaseData, "Sensores NOD01/Identificador", identificador); // sube data
```

Fuente: Autor

Para el almacenamiento de los datos de temperatura, humedad y radiación se optó por la utilización de un módulo que mediante una interfaz SPI permite receptor los datos en un block de notas en una Micro Sd Card. En la **Figura 41** se detalla la correcta creación de un archivo mediante **SD.Open**, donde se guardar los caracteres de todos los datos a almacenarse.

Figura 41

Programación Almacenamiento en micro SD.

```
File dataFile = SD.open("richard.txt", FILE_WRITE);  
if (dataFile) {  
    dataFile.println(rx);  
    dataFile.close();  
}  
else {  
    Serial.println("error opening datalog.txt");  
}
```

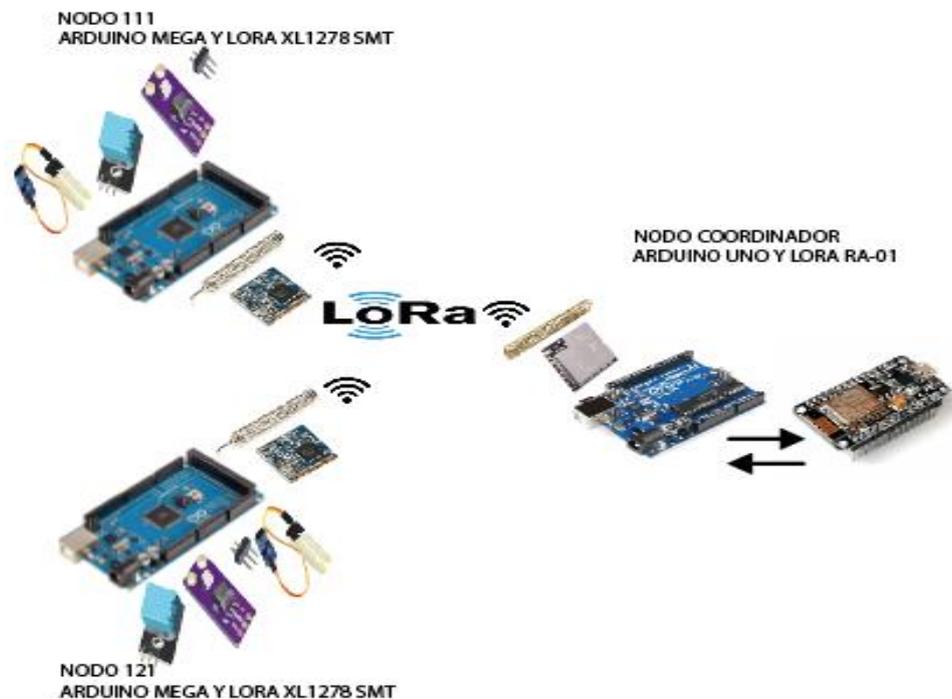
Fuente: Autor

3.8.7. COMUNICACIÓN RF LORA.

La implementación de la red Lora se representa por medio del esquema en la **Figura 42**, en el cual se utilizan módulos de radio frecuencia que poseen tecnología conocidos como LoRa XL sx1278 smt y LoRa Ra-01 ambos transceptores con un chip de tecnología de Long Range a una frecuencia de 433Mhz de la banda ISM (Industrial, científico, medicinal). Conexión con dispositivos embebidos como lo son Arduino Mega y Arduino Uno.

Figura 42

Topología Estrella de la comunicación LoRa.



Fuente: Autor.

3.8.8. CONEXIONES LORA SX1278

El módulo de radio frecuencia LoRa XL sx1278 smt con comunicación SPI es la comunicación con el microcontrolador para poder recibir y enviar datos mediante los Pines de Mosi y Miso con una correcta sincronización en el reloj con el pin SCLK. Esto permite tener más de un esclavo por su pin Slave Select SS. Además, se debe seleccionar los pines de reset y puerto digital a ocupar en este caso será el Di00.

Tabla 8*Conexión entre Arduino Mega y Transceptor LoRa xl SX1278 SMT*

Tipo	Nomenclatura	Tarjetas	
		LoRa Sx1278 Smt	Arduino Mega
Alimentación	VCC	5	Fuente externa del Arduino de 3.3v
	GND	1-12	GND
Comunicación SPI	NSS	9	53
	MOSI	7	51
	MISO	6	50
	SCLK	8	52
Control	RESET	11	19
	DI00	10	11

Fuente: Autor

El transceptor de radio frecuencia LoRa Ra-01 de este nodo hace la función de recepción de datos mediante comunicación SPI del nodo 111 y nodo 121 y envía datos recibidos de la base de datos (Firebase) para un control de actuadores de forma manual esto a través de una comunicación Half dúplex que posee los módulos de radio frecuencia.

Tabla 9*Conexión Arduino Uno y Transceptor LoRa Ra-01 sx1278*

Tipo	Nomenclatura	Tarjetas	
		Lora Ra-01 Sx1278	Arduino Uno
Alimentación	VCC	5	Fuente externa 3.3v
	GND	1-12	GND
Comunicación SPI	NSS	9	10
	MOSI	7	11
	MISO	6	12
	SCLK	8	13
Control	RESET	11	9
	DI00	10	2

Fuente: Autor

Para la configuración por software de la comunicación dúplex se realiza un método de comunicación dúplex modificando el tiempo de transmisión y recepción y se deja por

defecto los parámetros de fábrica, del chip transceptores que permiten el alcance mayor para la transmisión y recepción de datos:

Comando del IDE Arduino.

- `LoRa.setSpreadingFactor(12); //6-12`
- `LoRa.setCodingRate4(8); //5-8`
- `LoRa.setSignalBandwidth(7.8E3);`

Tabla 10

Valores Predeterminados Lora

	Factor De Alcance (SF)	Ancho de Banda (BW) KHz	Tasa de Codificación de Errores (CR)
Posibles Configuraciones,	6-12	62.5-7,8	4-8
Datos Predeterminados	12	7.8	8

Fuente: Autor.

Estos valores configurables deben ser los mismo en todos los radios LoRa, donde:

SF: Factor de Dispersión o alcance mientras mayor sea mejor será el rendimiento en la transmisión,

BW: Ancho de banda mientras menor sea este mejor será el tiempo de transmisión

CR: Mientras mayor sea el valor en este parámetro mejorará la fiabilidad de los datos, pero con una disminución en el tiempo de transmisión.

3.8.9. CONFIGURACIÓN DE LA BASE DE DATOS FIREBASE.

La configuración del proyecto en la web de Firebase se describe en las siguientes etapas.

Figura 43

Proceso de la configuración Firebase



Fuente: Autor

Creación de proyecto.

Para la creación del proyecto se ingresa a la dirección web de la página oficial de Firebase que necesita vincularse con un correo electrónico de Gmail y se le da un nombre al proyecto.

Configuración de privacidad

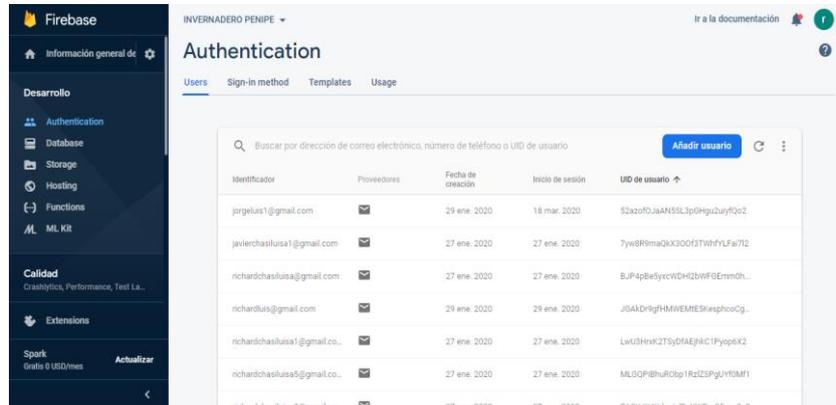
Se configura la privacidad del proyecto este debe ser público con condiciones de TRUE y poder modificar tanto para leer y escribir datos, además se utiliza la autenticación que ofrece

Configuración de autenticación

La parte de autenticación Firebase permite almacenar una serie de correos con contraseñas, las cuales serán utilizadas en la aplicación móvil habilitando el icono de correo electrónico en el proyecto en la parte de autenticación.

Figura 44

Autenticación Servicio de Firebase



Fuente: Autor

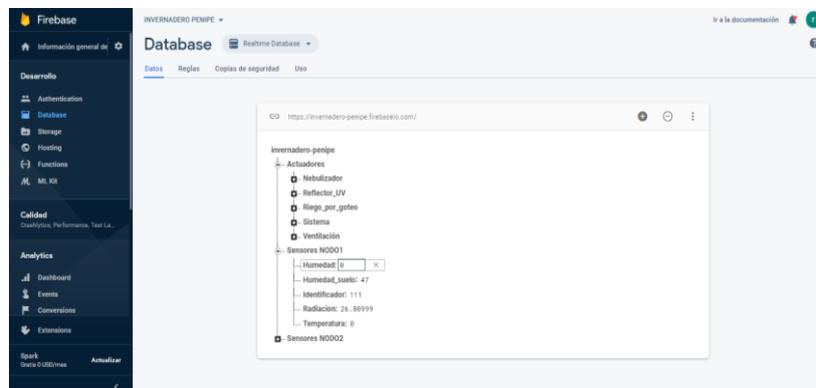
Vinculación con el Sistema.

La subida y bajada de datos en la nube de Google Firebase ver **Figura 45**, se da con los comandos de programación del Esp 8266 el que necesita parámetro específico del proyecto como clave de autenticación, y el host para mostrar los valores de cambio sin la necesidad de refrescar la página web.

Para la conexión con la plataforma Unity y comunicación con la aplicación móvil o aplicaciones móviles que se ocupe es necesario descargar el SDK generado en Firebase o el servicio Rest Client desde Unity y añadir loa parámetros al script de Visual Studio.

Figura 45

Base de Datos en Tiempo Real Firebase



Fuente: Autor

3.8.10. PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Unity 3d

Este software ha sido utilizado por ser una herramienta de uso flexible a más de ser muy novedosa en el desarrollo de aplicaciones. Así, se desarrolló:

Autenticación

Para el proceso de autenticación, como pasos primordiales se debe:

- Crear un proyecto nuevo en Unity (vale mencionar que se requiere de un servicio de internet para su inicialización de la plataforma).
- Descargar el archivo de Google servicio del proyecto que irá en la creación de la aplicación.
- Descargar e importar el Software Development Kit(SDK) de autenticación desde la web de Firebase.
- Crear un canvas (objeto principal donde se realizará la aplicación) con bloques de texto y un botón de ingreso mediante Login.
- Crear un Script en lenguaje C# en visual studio para enlazarse con la autenticación de Firebase y Unity.

Base de datos en tiempo real

- Crear una base de datos en tiempo Real en la nube de Firebase con condiciones de true tanto en lectura y escritura.
- Descargar e importar el SDK de Data Base desde el SDK Firebase –Unity excelente para aplicaciones móviles, diferente proceso para monitoreo de datos mediante pc por medio de un servicio conocido como Rest Client.
- Crear dos paneles diferentes para los datos de dos nodos de sensores.
- Crear botones activadores de actuadores.
- Crear un panel de transición para activación por temporizador.
- Exportar como apk para Android para ello es necesario incluir a la plataforma un SDK (Software Development kit) de Android y JDK (Java Development Kit).

Aplicación invernadero 3d.

- Crear el modelado en forma de invernadero con estructura tipo túnel en Blender 3d.
- Exportar el modelo 3d desde la interfaz de Blender en formato. fbx e importar en Unity 3d para su utilización.
- Desarrollar la interfaz gráfica con los datos de los sensores como parte del monitoreo mediante paneles y programación en C# e interconectando objetos con scripts.
- Desarrollar animaciones mediante partículas para nebulización y riego y mediante posiciones para la ventana y añadir un objeto de luz simulando luz uv.
- Exportar de la apk para los dispositivos móviles Android.
- Probar el funcionamiento de las animaciones en el celular o pc.

3.8.11. DIMENSIONAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA DEL INVERNADERO, ADICIONAL MODELAMIENTO EN 3D DEL INVERNADERO.

Para la construcción del invernadero automático (prototipo) se optó por utilizar la estructura en material de madera (gracias a su resistencia a esfuerzos laterales) con una cubierta tipo túnel (similar a la simulación) por sus optimas características en iluminación, gran resistencia a fuertes vientos, recomendada en el control climático. Así el agua no ingresa al interior evitando una inundación y sobre riego para las plantas. Un forrado de acetato es agregado para una mejor visibilidad del prototipo.

Figura 46

Estructura de la maqueta invernadero



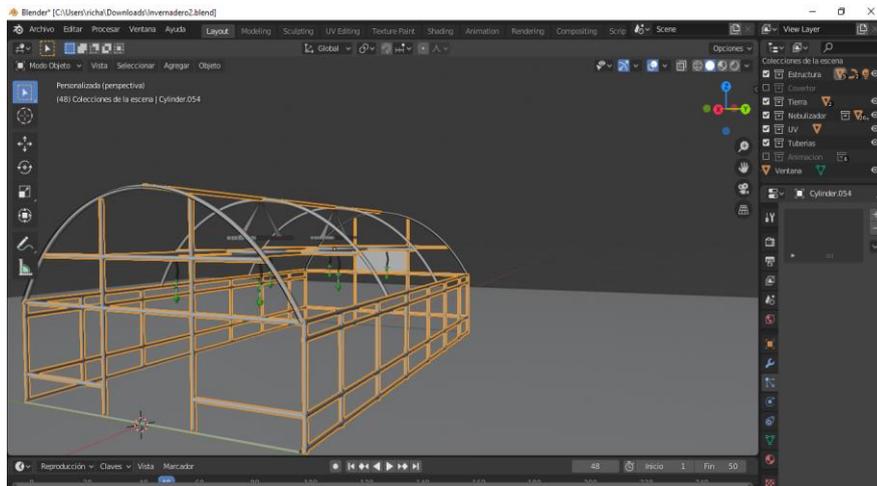
Fuente: Autor.

Para la representación virtual se utilizó el programa para modelado 3d conocido como Blender en el cual se tomó en cuenta todas las medidas a escala. El diseño en tres dimensiones del invernadero se ocupa como base para las animaciones en la plataforma de Unity.

La aplicación Blender, programa gratuito y de código abierto para todo tipo de modelado 3D y 2D, permite diseñar un objeto en forma de invernadero para su posterior uso en Unity. La creación parte de bloques cilíndricos para las estructuras y capas (layers) para los distintos elementos de la interfaz **Figura 47**. Blender también permite animaciones y control de aplicaciones para la utilización de estos objetos 3D tipos de archivos para exportación estará dado por .fbx ficheros ocupados generalmente en todo tipo de modelado.

Figura 47

Interfaz Visual Blender



Fuente: Autor

En la plataforma Unity 3d se realiza la interfaz de usuario para manipulación, mediante la generación de objetos y agregando scripts de programación en Visual Studio (C#) respectivamente para las animaciones correspondientes.

En este punto se desarrollan dos aplicaciones: la aplicación diseñada en un interfaz de 2 dimensiones sin la ocupación de muchos recursos, así como otra aplicación móvil de un

invernadero simulado en 3 dimensiones como método de estudio adicional y representación gráfica del funcionamiento. Esto se describe en el siguiente proceso.

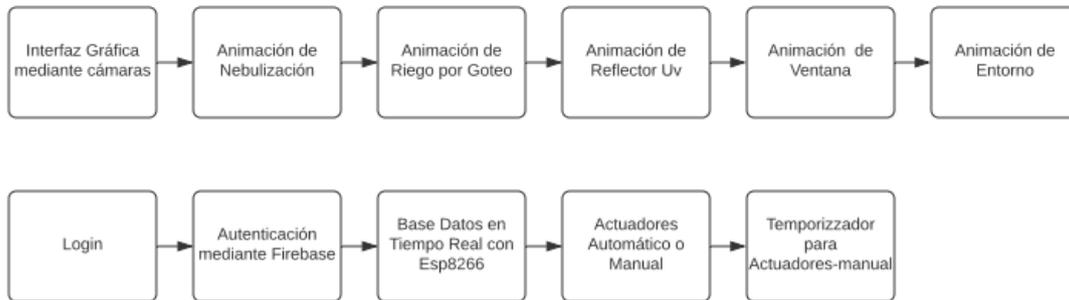
- Importación del modelo de Blender. fbx a Unity 3D para su manipulación de objetos.
- Importación de SDK de desarrollo de Firebase para Unity si únicamente se desean aplicaciones móviles o por otro método ocupado servicio de desarrolladores conocido como Rest Client para dispositivo móviles y de PC. Para este proyecto se implementó mediante el servicio de Rest Client.
- Creación de distintos puntos focales para la cámara mediante objetos de la interfaz y poder visualizar vistas internas, externas y de los actuadores en la simulación.
- Creación de un script C# cambiando el estado de valores de tipo booleanos para la visualización de distintos puntos focales mediante botones incluidos en la aplicación.
- Creación de dos UI (Interfaz de Usuario) conocido como paneles para la inscripción de los valores provenientes de la base de datos según la programación de Visual Studio para Unity y Firebase es aquí donde se da la conexión Firebase –Unity 3D.
- Implementación de sus respectivas animaciones por medio de técnicas como el movimiento de posiciones, sistemas de partículas y luces artificiales en Unity.
- Implementación de un script C# para la activación remota del sistema de control según valores recuperados de Firebase.

Posteriormente se agregan animaciones de presentación y ordenamiento para la interfaz del invernadero de manera amigable al usuario y de fácil uso ver **Figura 49**.

En la **Figura 48** se observa los procesos que realizan las dos distintas aplicaciones.

Figura 48

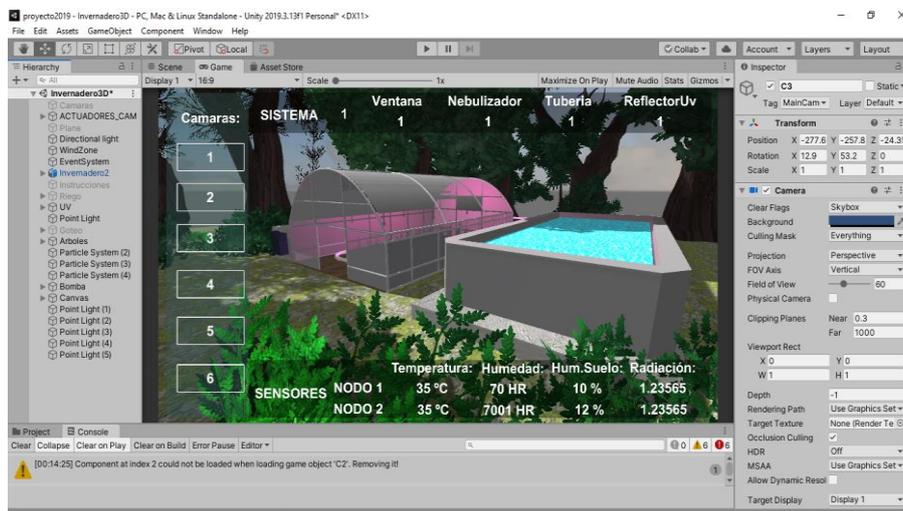
Proceso de la Aplicación 3D y Aplicación 2D Respectivamente en Unity.



Fuente: Autor

Figura 49

Interfaz Unity Invernadero Modelado 3D



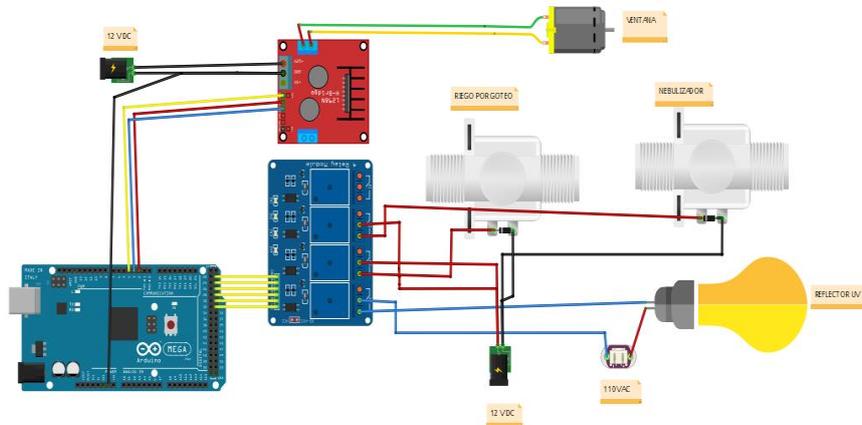
Fuente: Autor

3.8.12. IMPLEMENTACIÓN DE ACTUADORES.

Para la etapa de actuadores se optó por la utilización de un sistema de ventilación, nebulización, riego por goteo y un reflector UV. Acorde a las necesidades del agricultor se utiliza un sistema de ventilación con una ventana corrediza por medio de un motor reductor, un sistema de nebulización y riego por goteo con la ayuda de electroválvulas para su accionamiento sea manual o automático, y un reflector uv al igual mediante un relevador accionamiento manual o automático generando luz led representando un reflector uv para el cultivo cuando esta lo necesite.

Figura 50

Conexión Actuadores



Fuente: Autor

Figura 51

Especificaciones Técnicas de Actuadores

Actuadores	Instrumento	Voltaje de Operación (V)	Potencia(W)
Ventilación	Motor DC con reductor	1,8-12v	0.18w
Nebulizador	Electroválvula solenoide	12v	4.8w
Riego por Goteo	Electroválvula solenoide	12v	4.8w
Reflector Uv	Lámpara led	110v-265v	9w

Fuente: Autor.

Para el sistema de riego por goteo y nebulización se utilizó un sistema basado en tubería PVC de ½ pulgada con conexión para dos electroválvulas de 12v con acoples una boquilla de nebulizador tipo llovizna y un riego por goteo mediante orificio pequeños en la parte inferior de la tubería

Figura 52

a)Electroválvula DC12V y b)Boquilla Nebulizador



Fuente: (Zusend, 2019; Combort, 2020)

Para el sistema de ventilación se realizó una ventana en un lado del invernadero por medio de un motor DC de 1-8-12v y con reductor mediante un sistema de engranes y cremallera adicional a un módulo de control de giro L298N para movilizarlo de un lado a otro según la necesidad del sistema de ventilación.

Figura 53

Motor Reductor para Ventilación



Fuente : (C., 2014).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación, se presenta los resultados de la investigación mismo que se componen de un análisis cualitativo entre invernaderos tradicionales e invernaderos automáticos. Para conocer sus ventajas y desventajas que brinda uno de otro, se construyó un invernadero tipo maqueta para la implementación del sistema, pruebas realizadas de distintas etapas que conforman el sistema automático y manual propuesto para garantizar el accionamiento de distintos actuadores, gráficas y tabulaciones de datos obtenidos por el sistema, todo esto con el fin determinar el correcto cumplimiento de los objetivos de investigación.

4.1.COMPARATIVA ENTRE UN INVERNADERO AUTOMÁTIZADO E INVERNADERO NORMAL.

Tabla 11

Comparación de Invernadero Automático e Invernadero Normal

Invernaderos- Características	
Inv. Con Sistema De Control Y Monitoreo	Inv. Sin Sistema De Control Y Monitoreo
Actuación con eficacia ante posibles cambios climáticos.	Control manual para activación de algún motor.
Mejor control de plagas y bacterias.	Problemas de ventilación controlada.
Ahorro de agua.	No existe un correcto uso del agua.
Riego de agua con ausencia del agricultor.	Riego de agua necesariamente presencia del agricultor.
Comodidad.	Mayor esfuerzo en tratamientos de cultivos.
Menor horas de trabajo.	Mayor uso de recursos humanos y económicos.
Costo mayor a invernaderos tradicionales.	Costo elevado y productivo a largo plazo.
Garantiza independencia de condiciones ambientales para distintos cultivos.	Dependencia de tipo de invernadero contra heladas, sequías , etc.
Mejor optimización del invernadero tradicional.	Cultivos protegidos del clima exterior.

Fuente: Autor

Se observa en la **Tabla 11** que las ventajas de la automatización dentro de invernaderos genera muchos beneficios tanto a corto como largo plazo en la producción de alguna especie agrícola, entre lo más importante el ahorro de recursos económicos y humanos, la educación técnica y tecnología para el agricultor respecto a mejores condiciones de cultivo y optimización de la producción.

4.2. INVERNADERO- PROTOTIPO EN MAQUETA.

A continuación, se muestran los materiales para la construcción de la maqueta del invernadero con sus respectivas dimensiones.

Tabla 12

Materiales para construcción de maqueta de invernadero

Materiales para Construcción		
Materiales	Cantidad	Descripción
Madera	3	2.4m x 0.8m
Acetato	1	7m x 1,5m (3 micras)
Tornillos	50	2 pulg, 1 ½ pulg.
Pegamento Blanco	1	1 Lt.
Estoperol	½ Libra	½ pulg
Tubería Policloruro de Vinilo (PVC)	1	½ pulg x 7m
Boquilla Kit-nebulizador	1	Ajuste regulable
Riel ventana	1	3,2m
Lámpara led (lila)	1	0,60 cm

Fuente: Autor

Para la realización del prototipo de invernadero (Maqueta) se optó por usar materiales de excelente resistencia como es la madera que fue base de la estructura del invernadero, con un diseño similar al construido en la parroquia de Matus- Penipe.

La estructura desarrollada del invernadero es de tipo túnel, siendo uno de los mejores tipos para cultivos e implementación de sistemas automáticos. Para los sistemas de riego y nebulización se ocupó tubería (PVC) de ½ pulg. Para el sistema de ventilación se ocupó un motor de corriente directa DC a 12v conectado con engranes, una cremallera y la ayuda del riel facilitará la apertura o cierre de la ventana y para la activación de una luz uv se ocupó una lámpara led en representación de luz uv de color lila.

Figura 54

Invernadero Maqueta



Fuente: Autor

En la ilustración se observa la maqueta del invernadero como base para la implementación del sistema prototipo, así como la ubicación de los distintos actuadores posteriormente accionados de forma remota.

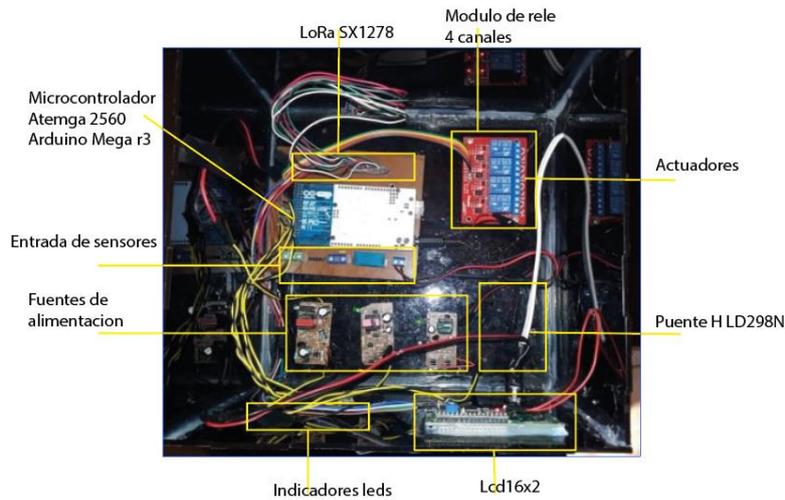
4.3.SISTEMA FUNCIONAL DE MONITOREO Y CONTROL DEL MICROCLIMA EN UN INVERNADERO.

Para la realización del sistema automático de control y monitoreo del microclima dentro de un invernadero se diseñó los distintos nodos de la red LoRa, el cual consta de un nodo de monitoreo dentro del invernadero (Nodo 121), un nodo de monitoreo con control de actuadores del sistema (Nodo 111) , además un nodo central el cual tiene una tarjeta wifi Esp 8266 la cual envía los datos de sensores a la plataforma de Firebase y recepta los datos de actuadores, cuyos datos serán transmitidos con una comunicación LoRa Dúplex en una topología en estrella a 433MHz de frecuencia.

El nodo de monitoreo y control está conformado por la fuente de alimentación, microcontrolador Atmega 2560, pines de conexión para el módulo de radiofrecuencia rf LoRa XL 1278 SMT con chip SX 1278, salida para un módulo de relevadores de 4 canales de 5v y corriente de 10 A para la activación de electroválvulas y luz uv , indicadores led, una pantalla Lcd 16x2 para visualización, un sistema de control conocido como L298N para controlar el giro del motor y sus respectivas conexiones para los distintos sensores y actuadores.

Figura 55

Nodo Invernadero Vista Interna

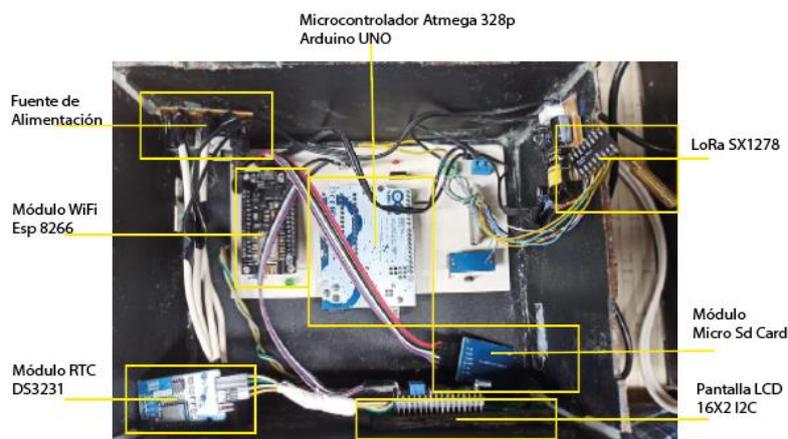


Fuente: Autor.

El nodo coordinador o central está conformado por la respectiva fuente de alimentación, microcontrolador Atmega 328p, pines de conexión para el módulo transceptor de rf LoRa Ra-01 con chip Sx 1278, pines para módulo de almacenamiento de datos en una tarjeta micro SD, un módulo en tiempo real RTC conocido como Ds3231, una pantalla Lcd 16x2 con comunicación I2C para visualización y la tarjeta wifi Esp 8266 para conexión con la base de datos Firebase.

Figura 56

Nodo Central Vista Interna



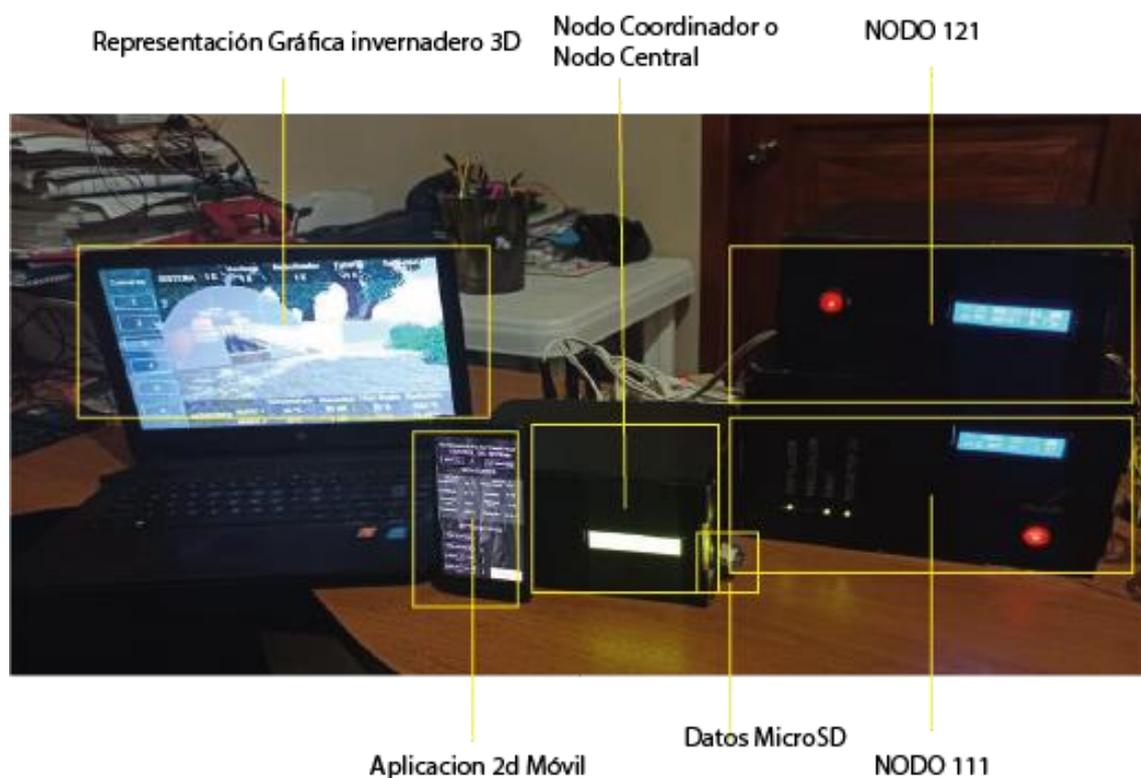
Fuente: Autor

Los nodos finales identificados mediante software como nodo 111 y nodo 121 se encargan de la transmisión de datos de temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y radiación uv al nodo central el cual procede a subirlo a la base de datos en tiempo real Firebase mediante conexión WiFi que a su vez está interconectada con la aplicación para su correcta visualización y manipulación sin necesidad de refrescar la página web a cada momento. Además, el nodo central posee un módulo de almacenamiento de datos mediante una tarjeta SD y un reloj en tiempo real, el cual guarda cada 15 min al día el o los datos recolectados en ese instante para su posterior estudio.

El sistema posee dos modos de operación entre ellos, un sistema automático independiente de la red Wifi y un sistema manual con monitoreo y control mediante la red con tecnología LoRa e interconexión con internet.

Figura 57

Componentes del Sistema



Fuente. Autor

Figura 58

Nodos y Aplicación Móvil



Fuente: Autor

4.4.APLICACIÓN MÓVIL PARA MONITOREO Y CONTROL EL INVERNADERO.

Para la aplicación móvil se instaló el apk exportado desde la plataforma de Unity en un dispositivo móvil, la aplicación se basa en dos escenas: 1) la primera una escena con un servicio de la base de datos de Firebase conocido como autenticación que permite almacenar el usuario y contraseña que podrá ingresar a la aplicación, como un método de seguridad para ingreso y en el inicio posee un botón con el nombre de “acerca de” que dará una breve explicación del proyecto.

Figura 59

Ingreso de la Aplicación con Autenticación.



Fuente: Autor

2) en la segunda escena se observa dos paneles denominados nodo 1 y nodo 2, los cuales muestran los datos de las variables del microclima del invernadero identificados como temperatura (°C), humedad relativa (%), humedad del suelo (%) y radiación uv (mw/cm2), además se puede activar el modo de operación del sistema que se desea ejecutar, ya sea en forma automático o en forma manual, si está en forma manual la aplicación me permite visualizar, activar y desactivar los actuadores dando estado de 1 o 0 para encender o apagar respectivamente y si está en modo automático la aplicación permite solo monitorear las variables de microclima.

Figura 60

Interfaz para Monitoreo y Control del Sistema.



Fuente: Autor

La aplicación móvil posee un temporizador de 30min y 60 min para un control mediante lapsos para los distintos actuadores.

Figura 61

Temporizador de 30min y 60 min



Fuente: Autor

4.5.COMUNICACIÓN LORA,

La comunicación entre los distintos nodos se implementó con tecnología LoRa a una frecuencia de 433Mhz, la cual pertenece a frecuencias de uso libre para bandas ISM, los parámetros para configuración por software del enlace de radio frecuencia con tecnología LoRa son los siguiente.

Tabla 13

Parámetros LoRa Configurados por Software

	Factor de alcance (SF)	Ancho de banda (BW) kHz	Tasa de codificación de errores (CR)
Datos predeterminados	12	7.8	8

Fuente: Autor

Es necesario aclarar que para una correcta interpretación de los resultados es necesario conocer los parámetros que lo definen para la evaluación de rendimiento en una red LoraWan.

RSSI en sus siglas define la intensidad de la señal recibida y es medida en dBm siempre es un valor negativo donde el rssi mínimo es: -120 dBm y una señal que tendría un valor de -30 dBm se considera un valor eficiente (González & Rojas, 2019).

SNR definida como la relación señal/ruido donde relaciona los valores de la señal de potencia recibida y el nivel de potencia del ruido en el ambiente que destruye la señal, donde el rango que opera las comunicaciones con dispositivos LoRa es de -20dB Y 10 dB (González & Rojas, 2019).

Tabla 14

Datos de Recepción RSSI y SNR.

Alcance Máximo(m)	Paquetes transmitidos	Paquete recibidos	RSSI(Received Signal Strength Indication) me dido (dBm)	SNR(Signal-to-Noise Ratio)(dB)
0.2	26	26	-32	10,50
50	26	26	-49	10.75
100	26	26	-64	10.25
150	26	26	-76	10,75
200	26	24	-98	9
250	26	24	-100	7.75
300	26	24	-103	1.50
350	26	23	-105	-3.25
402	26	20	-111	-10,50

Fuente: Autor.

Para considerar el parámetro de distancia de transmisión entre los distintos nodos se optó por la transmisión de un paquete de datos de un punto a otro y por medio de un desplazamiento obtener los datos de RSSI Y SNR que proporciona los transceptores LoRa según la distancia recorrida, se llegó hasta el punto de pérdida de conexión este método de prueba fue realizado en una zona urbana se considera que la transmisión tiene obstáculos como edificios, casa, etc. y no posee una línea de vista directa con los módulos.

Figura 62

Distancia Nodos de Prueba



Fuente Autor.

En la siguiente ilustración se puede observar el sitio de la instalación del invernadero real el que deberá automatizarse e implementarse en la Parroquia de Matus-Penipe. Se observa además el punto de conexión del Gateway necesario para obtener la distancia requerida por el sistema.

Figura 63

Distancia Lugar Invernadero Matus- Penipe



Fuente: Autor.

LONGITUD DE ONDA

La longitud de onda representada por la letra griega lambda λ se la define por la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ [m]}$$

Donde c es la velocidad de propagación de la onda de radio, f es la frecuencia de operación en este caso 433MHz. Desde esta ecuación se obtiene el valor de longitud de onda.

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{433 \text{ MHz}} \text{ [m]}$$

$$\lambda = 0.6928 \text{ m}$$

PÉRDIDAS POR ESPACIO LIBRE

Para un sistema de comunicaciones por radio siempre interviene el medio de propagación de la onda. En este caso se analizó las pérdidas por propagación de espacio libre ocupando la ecuación.

$$L_{pf} = 32.4 + 20 \log(f \text{ MHz}) + 20 \log(d) \quad [\text{dB}]$$

$$L_{pf} = 32.4 + 20 \log(433 \text{ MHz}) + 20 \log(0.08179) \quad [\text{dB}]$$

$$L_{pf} = 63.38 \quad [\text{dB}]$$

Además, la potencia de recepción

$$Prx = Ptx + Gtx + Grx - L_{pf}$$

$$Prx = 20 \text{ dB} + 3 \text{ dBi} + 1 \text{ dBi} - 63.38$$

$$Prx = -39.38 \text{ dBm}$$

A partir de los resultados obtenidos se nota su excelente sensibilidad de recepción ya que su limitante está dada por -148dBm y por ende es recomendable para la aplicación del proyecto pues posee una potencia de recepción de -39.28dBm suficientes para una comunicación al alcance del proyecto ya que menores a los valores de la sensibilidad no es posible establecer un enlace correcto.

Las antenas ocupadas en la comunicación son las antenas realizadas por los fabricantes de los Transceptores LoRa de tipo resorte las cuales poseen ganancia de 3dBi (dorada) y de 1 dBi (plata).

4.6.DEMOSTRACIÓN MEDIANTE LA VISUALIZACIÓN DE UN VIDEO FUNCIONANDO EL SISTEMA.

(Anexo 11)

4.7.REPRESENTACIÓN GRÁFICA INVERNADERO EN UNITY 3D.

Para demostrar el funcionamiento del sistema se desarrolló la aplicación con un modelado de invernadero en 3d, con animaciones para la interpretación de los actuadores, la simulación posee además dos paneles para monitoreo de las variables medioambientales del prototipo (maqueta), que esta expresado al igual que la aplicación anterior en unidades de grados Celsius la temperatura, la humedad en porcentaje y la radiación en mW/cm^2 .

Figura 64

Aplicación de Invernadero 3D Con Monitoreo de Variables en Tiempo Real

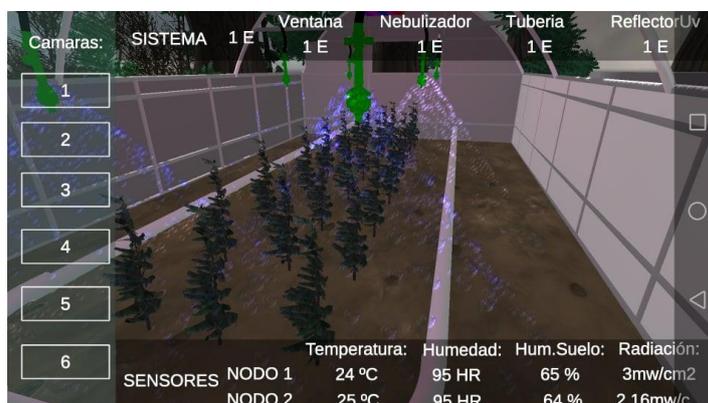


Fuente: Autor.

En el sistema de nebulización se puede observar su respectiva activación en el momento que se encuentra el estado de “1” en el estado de nebulizador, está diseñado como un sistema de gotas de agua que salen de cada boquilla de nebulizador.

Figura 65

Animación Nebulizador



Fuente: Autor

Se muestran a continuación algunas vistas del invernadero punto de partida para la animación del riego por goteo. Se ve también la parte inferior de la simulación en las tuberías donde se observa el riego por goteo en su estado de ON.

Figura 66

Animación del Riego por Goteo



Fuente: Autor

Para la activación del sistema de ventilación, el deslizamiento ocurre mediante una animación de posición una venta según el estado de 1 o 0 para abrir o cerrar la ventana del invernadero.

Figura 67

Animación de Ventilación



Fuente: Autor

Para el funcionamiento del reflector uv se comienza con el encendido de una luz UV para luego ser apagado según la activación de su sistema ya sea manual o automático el cual posee las mismas condiciones que el invernadero.

Figura 68

Animación del Reflector Uv



Fuente: Autor

Tabla 15

Activación Sistema Manual

	Manual			
Actuador Firebase	Ventilación	Nebulizador	Riego por goteo	Reflector UV
Encendido	1	1	1	1
Apagado	0	0	0	0

Fuente: Autor.

Tabla 16*Dependencia Sistema Automático*

	Automática			
Actuador Sensor	Ventilación	Nebulizador	Riego por Goteo	Reflector Uv
Temperatura	1	0	0	c
Humedad relativa	0	1	0	0
Humedad del suelo	0	0	1	0
Radiación	0	0	0	1

Fuente: Autor.

4.8.ALMACENADO Y CATEGORIZACIÓN DE DATOS DE LOS SENSORES POR UN PERIODO DE 15 DÍAS.

El nodo central o coordinador, que monitorea los datos, posee un reloj (RTC) el cual cada 15 minutos al día recepta y guarda estos datos en un documento tipo texto (block de notas) para luego ser almacenados en una tarjeta sd en un formato específico para el respectivo análisis e interpretación.

El formato de almacenamiento de los datos está constituido por la hora y fecha. Al momento de almacenarlos, la trama de datos posee un identificador (111,121) como primer dato separado por comas, la temperatura(°C), humedad relativa (%), humedad del suelo (%) y la radiación(mw/cm2).

4.9.SOFTWARE SPSS.

Proviene del acrónimo estadística y solución de servicio (Statistical Package for the Social Sciences). Este es muy usado para la captura y análisis de datos, para crear tablas y gráficas con data compleja además de una capacidad de gestión de datos en gran volumen que finalmente analiza de forma cualitativa y cuantitativa.

Figura 69

Datos en SPSS

	HORAYFECHA	IDENTIFICADOR	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	HUMEDAD SUELO	RADIACION	Fecha_numero	NUME_DIA	DIA	var	var	var
1	28-Jun-2020 09:00	121	24	95	58 0 11		28	1	3			
2	28-Jun-2020 09:15	121	27	94	60 1 22		28	2	3			
3	28-Jun-2020 09:30	121	27	94	58 1 68		28	3	3			
4	28-Jun-2020 09:44	121	26	94	55 0 68		28	4	3			
5	28-Jun-2020 10:01	121	25	95	55 0 59		28	5	3			
6	28-Jun-2020 10:15	121	25	95	60 0 63		28	6	3			
7	28-Jun-2020 10:29	121	25	95	58 0 63		28	7	3			
8	28-Jun-2020 10:45	121	25	95	58 0 63		28	8	3			
9	28-Jun-2020 11:00	121	25	95	58 0 63		28	9	3			
10	28-Jun-2020 11:15	121	25	95	60 0 63		28	10	3			
11	28-Jun-2020 11:29	121	25	95	59 0 63		28	11	3			
12	28-Jun-2020 11:45	121	25	95	54 0 63		28	12	3			
13	28-Jun-2020 11:59	121	25	95	54 0 98		28	13	3			
14	28-Jun-2020 12:15	121	25	95	58 0 98		28	14	3			
15	28-Jun-2020 12:31	121	25	95	58 0 98		28	15	3			
16	28-Jun-2020 12:44	121	25	95	57 0 98		28	16	3			
17	28-Jun-2020 13:00	121	25	95	54 0 98		28	17	3			
18	28-Jun-2020 13:15	121	26	94	54 1 21		28	18	3			
19	28-Jun-2020 13:31	121	25	95	55 1 21		28	19	3			
20	28-Jun-2020 13:45	121	26	93	58 1 68		28	20	3			
21	28-Jun-2020 13:59	121	28	90	58 1 95		28	21	3			

Fuete: Autor

En este apartado se estudia el comportamiento del microclima dentro del invernadero para ello se denotar los datos de un día aleatorio se tomó datos durante 30 días cada 15 min y mediante el software IBM SPSS se realiza una representación gráfica de los datos siguientes en los primeros 15 días.

Tabla 17

Datos de un día aleatorio nodo 121.

HORA Y FECHA	IDENTIFICADOR	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HUMEDAD SUELO (%)	RADIACIÓN UV (mW/cm ²)
28/6/2020 9:00	121	24	95	51	0,11
28/6/2020 9:15	121	27	94	64	1,22
28/6/2020 9:30	121	27	94	66	1,68
28/6/2020 9:44	121	26	94	66	0,68
28/6/2020 10:01	121	25	95	66	0,59
28/6/2020 10:15	121	25	93	66	0,64
28/6/2020 10:29	121	25	95	65	0,63
28/6/2020 10:45	121	25	95	65	0,63

HORA Y FECHA	IDENTIFI CADOR	TEMPERAT URA(°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HUMEDAD SUELO(%)	RADIACIÓN UV(mW/cm2)
28/6/2020 11:00	121	25	95	65	0,63
28/6/2020 11:15	121	25	95	65	0,63
28/6/2020 11:29	121	25	95	65	0,63
28/6/2020 11:45	121	25	95	65	0,63
28/6/2020 11:59	121	25	95	65	0,98
28/6/2020 12:15	121	25	95	65	1,01
28/6/2020 12:31	121	25	95	65	0,98
28/6/2020 12:44	121	25	95	65	0,98
28/6/2020 13:00	121	25	95	65	0,98
28/6/2020 13:15	121	26	94	65	1,21
28/6/2020 13:31	121	25	95	65	1,21
28/6/2020 13:45	121	26	93	65	1,68
28/6/2020 13:59	121	28	90	64	1,95
28/6/2020 14:15	121	28	91	64	1,95
28/6/2020 14:31	121	27	94	64	1,38
28/6/2020 14:45	121	26	94	64	1,38
28/6/2020 15:00	121	26	94	64	1,38
28/6/2020 15:15	121	26	94	64	1,38
28/6/2020 15:30	121	26	94	64	1,98
28/6/2020 15:45	121	26	94	64	1,63
28/6/2020 15:00	121	26	94	64	1,02
28/6/2020 16:14	121	26	94	64	0,99
28/6/2020 16:29	121	26	94	64	0,99
28/6/2020 16:44	121	26	94	63	0,79
28/6/2020 17:00	121	25	95	63	0,75
28/6/2020 17:14	121	26	94	63	0,89
28/6/2020 17:29	121	25	95	63	0,98

HORA Y FECHA	IDENTIFI CADOR	TEMPERAT URA(°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HUMEDAD SUELO(%)	RADIACIÓN UV(mW/cm2)
28/6/2020 17:45	121	25	95	63	0,98
28/6/2020 17:59	121	25	95	63	0,98
28/6/2020 18:15	121	26	94	63	0,78
28/6/2020 18:30	121	26	94	63	0,75
28/6/2020 18:45	121	26	94	63	0,63
28/6/2020 19:00	121	25	95	63	0,57

Fuente: Autor.

En la **Tabla 17** se puede ver las variables de temperatura, humedad y radiación uv obtenidas en un día aleatorio de los primeros 15 días de pruebas.

En la tabla siguiente se muestra que los intervalos de las variables física tal como sus curvas **Figura 70**, corresponden a los intervalos de la programación establecidos para dicho proceso (**Anexo 7**).

Tabla 18

Datos Spss de un Día Aleatorio

		Estadísticos			
		TEMPERAT URA(°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HUMEDAD SUELO(%)	RADIACIÓN UV(mW/cm2)
N	Válidos	41	41	41	41
	Perdidos	0	0	0	0
Media		25,66	94,24	63,98	1,0210
Mediana		26,00	94,00	64,00	,9800
Moda		25	95	65	,63ª
Desv. Desviación		,855	1,044	2,286	,42871
Mínimo		24	90	51	,11
Máximo		28	95	66	1,98

Fuente: Autor

Los valores estadísticos como la media definen el promedio de todos los valores de un mismo día el cual arroja un valor de 25,66 °C para la temperatura, para la humedad

relativa de 94,24%, Humedad del suelo de 63,98% y radiación de 1,02 mW/cm² cuyos valores se encuentran dentro del rango de programación del algoritmo (**Anexo 9**).

Tabla 19

Media con respecto al algoritmo.

Variable	Valores de un día Aleatorio De Los Sensores	
	Media Mediante Ibm Spss	Programación
Temperatura	25,66	23-28
Humedad Relativa	94,24	89-95
Humedad Suelo	63,98	50-65
Radiación Uv	1,02	0-4.0

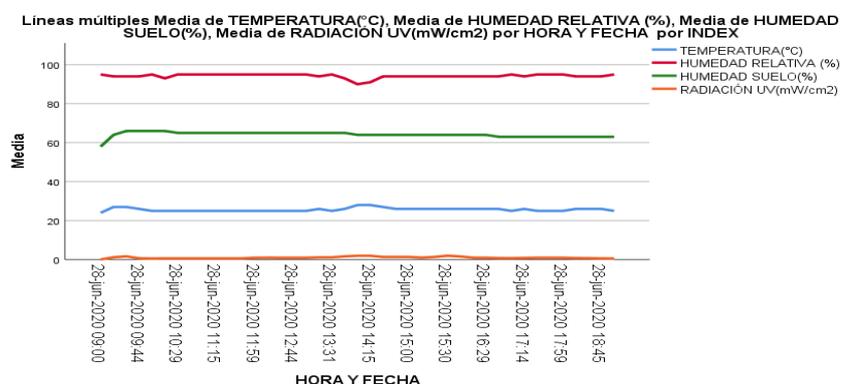
Fuente: Autor.

La mediana corresponde al número central dentro de toda la muestra es decir un valor referencial que debe estar dentro del rango de programación se análisis los valores máximos y mínimos de este día y se denota un máximo de 66% sobrepasando el valor de programación generando la conclusión que este día existió una activación del riego por goteo, ya que toma tiempo cambiar la variable de la humedad del suelo; según la radiación que en este caso no supera los 4 mW/cm², calor dentro del invernaderos, también conlleva el número de orificio para drenaje del agua, el tipo de planta para absorción de agua y el tipo de suelo.

La desviación estándar el valor promedio de diferencia que existe entre los datos y la media es decir que tan alejados están del valor del ideal. Para la temperatura se tiene una desviación estándar de 0,855, humedad relativa 1,044, humedad del suelo de 2,28 y radiación de 0,42. El valor de Desviación estándar esta elevado en la humedad del suelo debido a que al activarse el riego por goteo tiene un incremento exponencial elevado en un lapso corto y se mantiene hasta secarse nuevamente el suelo. En la siguiente figura se observa el comportamiento de la gráfica para un día específico (se realizó este análisis de cada uno de los días y un análisis por semana ver (**Anexo 9**)).

Figura 70

Grafica de los valores en un día aleatorio



Fuente: Autor desde software IBM SPSS

4.10. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El cantón Penipe provincia de Chimborazo siendo una región con un excelente zona de cultivo y poca inserción en invernaderos las entidades con participación en la investigación ven la necesidad de la creación de un sistema prototipo que satisfaga los requerimientos de la población agrícola del sector, para ello se diseñó un sistema con varios nodos de monitoreo de variables ambientales para su medición dentro de un invernadero y respectivamente con el valor obtenido generar acciones de activación permitiendo manipular el clima a conveniencia.

Para la transmisión de los distintos paquetes de datos se estudió el hábitat de instalación y al no poseer servicio de internet se implementó con tecnología LoRa, la cual es muy eficaz para este tipo de entorno y proyectos de automatización produciendo una comunicación a 433Mhz de frecuencia para analizarlos posteriormente en una base de datos novedosa como Firebase que permite interactuar en tiempo real con una pc o aplicación móvil. Además, como una herramienta de estudio se creó una representación gráfica 3D del invernadero para la demostración de su funcionalidad.

También indica una comparativa entre invernaderos y el aporte de la automatización que a pesar de ser más elevado el costo de los tradicionales genera mejoras en el proceso de cultivo, optimizando recursos tanto humanos como económicos y sobre todo generando una participación con educación técnica y tecnológica para el agricultor.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.CONCLUSIONES.

- Se diseñó y construyó un sistema automático de control y monitoreo de variables de microclima dentro de un invernadero con nuevas tecnologías de comunicación cumpliendo el objetivo general de la investigación, satisfaciendo las necesidades y alcance definidas por el Gadm de Penipe.
- Se determinó, mediante una investigación minuciosa, que el mejor tipo de invernadero para el Cantón Matus y para control de variables climáticas es de tipo Túnel por sus beneficios antes cualquier desastre agrícola.
- Se construyó un sistema de control basado en el microcontrolador Atmega 2560 y Atmega 328p que, por sus prestaciones en cuanto a entradas analógicas y digitales, son claves para la escalabilidad del proyecto.
- Se implementó una red Lpwan con tecnología LoRa para monitoreo de variables ambientales separadas mediante identificadores previamente programados, con una topología en estrella de comunicación a 433 MHz de frecuencia.
- Se diseñó y exportó un archivo apk con la aplicación móvil tanto para monitoreo y control del invernadero, así como una simulación, también móvil, creada en Unity del invernadero en 3D con animaciones como objeto de estudio lo que garantiza una mejor visualización del proyecto de investigación.
- El desarrollo y creación de este prototipo es la base tecnológica y punto de partida para la implementación a gran escala, en parroquias rurales donde sus habitantes están en condiciones vulnerables, de invernaderos inteligentes y totalmente autónomos. Esto permitirá un desarrollo económico local mediante el cultivo rotativo de especies, el control de enfermedades y plagas y la motivación tecnológica. Esta tesis ha sido objeto de inspiración e interés masivo en los jóvenes que ya no deberán migrar a las ciudades en búsqueda de una mejor calidad de vida.

5.2.RECOMENDACIONES.

- Como principal recomendación, la inserción del proyecto de investigación en el Municipio de Penipe para su correcto análisis de estudio en el campo experimental.
- Realizar más estudios de la tecnología LoRa para futuros proyectos agrícolas o avance del tema de investigación en especial el control de más variables del microclima.
- Se recomienda por último el estudio del programa Unity 3d para interacción de variables físicas en el campo y representación gráfica 3d, por su versatilidad para desarrollo de aplicaciones multiplataforma y excelente interfaz gráfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Hadithi, B. M., García Cena, C., Cedazo León, R., & Loor Loor, C. (2016). Desarrollo de un Sistema de Iluminación Artificial Inteligente para Cultivos Protegidos. *ScienceDirect Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial elsevier*, 9. doi:10.1016/j.riai.2016.07.005
- A kadam, A., & Rajashekarappa, D. (06 de 2018). Internet of Things in Agriculture. *International Journal of Advanced Studies of Scientific Research*, 3, 5. Obtenido de SSRN:https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3315333
- A. (2018). *LCD 16x2 por I2C con Arduino usando solo dos pines*. Obtenido de geekfactory: <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/lcd-16x2-por-i2c-con-arduino/>
- Acosta, A., Aguilar, A., & Pinzón Trejos, C. (2015). Automatización de bajo costo utilizada en la producción agrícola en invernaderos y huertos casero. *Revista Académica*. Universidad Tecnológica de Panamá, Santo Domingo, Republica Dominicana. Obtenido de <https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/4886>
- Apaza Mamani, D. F., & Torre Javier, I. J. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología arduino en el laboratorio de control y automatización epime 2016 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Antiplano-Puno]*. Puno, Peru.
- Arduino. (2019). *¿Que es Arduino?* Obtenido de Arduino: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Arduinolearning. (2020). *Sensor uv arduino y guva-s12sd*. Obtenido de Arduinolearning: <http://arduinolearning.com/code/arduino-guva-s12sd-uv-sensor.php>
- Arduitrronics. (2019). *Arduitrronics*. Obtenido de Ai-Thinker RA-01 SX1278 Módulo LoRa: <https://www.arduitronics.com/product/2224/ai-thinker-ra-01-sx1278-lora-module-433-mhz-free-antenna>
- Azaza, M., Tanougast, C., Fabrizio, E., & Mami, A. (2016). Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring. *ISA Transactions*, 297-307. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019057815003109>
- Barrera Martin, E., Herrero Niño, R., & Meraz García, A. (2014). *Invernadero Inteligente [Tesis de Pregrado, Instituto Politecnico Nacional]*. Repositorio Institucional, Mexico. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENTE.pdf>
- Barroso García , A. (2015). *Control y Monitorizacion de un invernadero a traves de una aplicación móvil [Tesis de Master, Universidad Politecnica de Madrid]*. Repositorio Institucional, Madrid. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/148675384.pdf>
- Bravo Merchán, V. P. (2017). Evaluación de un sistema “VBM384” para la aplicación de internet de las cosas IoT, en el monitoreo automático de la humedad y temperatura.

- Tesis de Maestría*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28223/1/Trabajo_de_Titulaci%C3%B3n.pdf
- C. (2014). *Motorreductores caseros para robótica*. Obtenido de Espacio de Cesar: <https://espaciodecesar.com/2014/09/27/motorreductores-caseros-para-robotica/>
- Calle Zambranos, F., & Gaibor Vistin, J. (2017). *Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico via GSM (Arduino Open Source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en ASOFRUT de la Ciudad de Ambato.* [Tesis de Pregrado, ESPOCH]. Repositorio Institucional, Ambato. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7641>
- Candelas Herías, F. A., García Gómez, G. J., Pomares Baeza, J., Jara Bravo, C. A., Delgado Rodríguez, A., Mateo Agulló, C. M., . . . Pérez Alepuz, J. (2015). Experiencias sobre el uso de la plataforma Arduino en prácticas de Automatización y Robótica. *Jornadas de investigación y docencia universitaria*. Universidad de Alicante. Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, España.
- Capera Quintana, J. S., Sierra Forero, B. L., & Ávila Blenkey, T. D. (2017). Análisis temático de principios de automatización en el desarrollo de cultivos Hidropónicos. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(2), 138 - 148. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/12862>
- Castillo Sánchez, E. T. (2010). *Implementación de un sistema scada para integrar a varios dispositivos de automatización en el monitoreo y control de un prototipo de invernaderos de rosas para la facultad de ingeniería en sistemas*[Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato J. Repositorio Institucional, Ambato.
- Chiriboga Carrera, J. I. (2019). *Adaptación y rendimiento de ocho variedades de pimiento en invernaderos,, canton Riobamba ,Provincia de Chimborazo*[Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.]. Repositorio Institucional, Riobamba.
- Combort. (2020). *Plástico niebla pulverizador boquilla aspersor Tee Articulaciones Para Pulverizador riego planta flor sistema de refrigeración hogar jardín de riego, 20 piezas, Negro + gris*. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.com/-/es/pulverizador-Articulaciones-Pulverizador-refrigeraci%C3%B3n-20-piezas/dp/B07DNCKF1N>
- Cruz Vaquez, E. G., & Lamadrid Bringas, F. (2018). *Aplicación móvil de monitorización y control de un invernadero doméstico automatizado usando arduino*[Tesis de Grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNITRU, Trujillo. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11353>
- dos Santos , U., Pessin, G., da Costa, C. A., & da Rosa Righi, R. (06 de 2019). AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops. *Elsevier, Computers and Electronics in Agriculture*, 202-213. doi:10.1016/j.compag.2018.10.010

- Elandroidelibre. (2016). *elandroidelibre*. Obtenido de La mejorada plataforma de desarrollo de Google: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html>
- Electrónicos, M. (2020). *Master -Innovacion que se vive*. Obtenido de <https://shop.master.com.mx/product/detail?id=7597>
- Electronilab . (2020). *Antena de resorte simple – 433MHz LoRa*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/antena-de-resorte-simple-433mhz-lora/>
- ElectroPeak. (2019). *SD Card Module with Arduino: How to Read/Write Data © GPL3+*. Obtenido de [create.arduino.cc: https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/sd-card-module-with-arduino-how-to-read-write-data-37f390](https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/sd-card-module-with-arduino-how-to-read-write-data-37f390)
- Fernández-Ahumada, L. M., Ramírez-Faz, J., Torres-Romero, M., & López-Luque, R. (2019). Proposal for the Design of Monitoring and Operating Irrigation Networks Based on IoT, Cloud Computing and Free Hardware Technologies. *MDPI Sensores 2019* , 19 , 2318. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/10/2318>
- González, L. D., & Rojas, G. M. (2019). *Test Y despliegue con tecnologia de comunicaciones LoRa para aplicaciones de internet of things[Tesis de Grado,Universidad Politecnica de Madrid]*. Repositorio Institucional, Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/54465/1/TFG_LAURA_DOPAZO_GONZALEZ.pdf?fbclid=IwAR2xg60d__QnwWMgWmKS-HjDeceRzaqsHUUtJRHefajZwfdfsOigVKI0xrQ
- Guerrero Cano, M. (2013). *Control hidropónico[Trabajo de fin de Master,Universidad de Sevilla]*. Repositorio Institucional, Sevilla. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70476/fichero/4.+Automatizaci%C3%B3n+de+los+invernaderos..pdf>
- He, V., & Peansupa, V. (2018). Application of Sensor Technology for Warning. *Segunda Conferencia Internacional sobre Innovación en Ingeniería (ICEI)*, 69-74. doi:10.1109 / ICEI18.2018.8448690.
- INEC. (agosto de 2011). *Estadísticas Agropecuarias*. Obtenido de Reporte estadístico del SECTOR AGROPECUARIO: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf?fbclid=IwAR3iQtH97HI9qajCLghJ-jXYAWC3mou7wffsmFM5CbSlxXdZAlBzROHSgBg
- Jadiaz. (2016). *MiArduino*. Obtenido de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- La Rosa, A. (2018). *LPWAN como base de comunicaciones para IoT*. Obtenido de Pandora FMS - The Monitoring Blog: <https://pandorafms.com/blog/es/que-es-lpwan/>
- Liberg, O., Sundberg, M., Wang, E., Bergman, J., & Sachs, J. (2018). *Cellular Internet of Things: Technologies, Standards, and Performance*. (Illustrated, Ed.) Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-812458-1.00009-5

- Llamas, L. (2016). *Módulo RTC DS3231*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y- calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>
- López-Chacón, R., & Martínez-García, H. (2018). Sistema de Bajo Coste para la Medida y Monitorización en Agricultura Inteligente. *Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación. "SAAEI 2018: 25 Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación 2018: Barcelona, España: 4-6 Julio, 2018: proceedings book"*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/131120>
- MakerElectronico. (2020). *MakerElectronico*. Obtenido de <https://www.makerelectronico.com/producto/dht11-sensor-temperatura-humedad/>
- Maldonado Borda, C., & Pineda Cusba, L. (2017). *Diseño de una red inalámbrica para la gestión y control de un sistema integral de sistemas de riego*[Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas]. Repositorio Institucional, Bogotá. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5880/1/PinedaCusbaLeonardo2017.pdf?fbclid=IwAR0C3BTyxXOtd7yDs2n4bIJiq7Xo29KAQFgfxNkAq6-hoVBW0IDIgSo3PEw>
- Mekki, K., Bajica, E., Chaxe, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5, 1-7. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405959517302953>
- Monitoring, P. (20 de 11 de 2018). *LPWAN como base de comunicaciones para IoT*. Obtenido de <https://pandorafms.com/blog/es/que-es-lpwan/>
- Morais, R., Silva, N., Mendes, J., Adão, T., Pádua, L., López-Riquelme, J., . . . Peres, E. (2019). mySense: A comprehensive data management environment to improve precision agriculture practices. *Computers and Electronics in Agriculture*, 882-894. doi:10.1016/j.compag.2019.05.028
- Morales G, J. M., Moreno, I., Bernal , A., & Serracín, J. (2019). Sistema de Automatización de Acondicionadores de Aire y Luminarias para Edificios utilizando sensores de Bajo Costo. *Memorias De Congresos UTP*, 121-128. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2302>
- Moya Quimbita, M. A. (2018). *Evaluación de pasarela LoRa/LoRaWAN en entornos urbanos*[Tesis de Master, Universidad Politecnica de Valencia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/109791>
- Muangprathub, J., Boonnam, N., Kajornkasirat, S., Lekbangpong, N., Wanichsombat, A., & Nillaor, P. (2019). IoT and agriculture data analysis for smart farm. *Elsevier, Computers and Electronics in Agriculture*, 467-474. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918308913>
- Naylamp Mechatronics SAC. (2020). *Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11*. Obtenido de Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>

- Novagric. (2018). *Invernaderos Automatizados e Inteligentes*. Obtenido de Novagric: <https://www.novagric.com/es/invernaderos-automatizados-inteligentes>
- Ortega, F. U. (2017). Automatización de una máquina de construcción nacional madejadora de hilos para la Empresa IMBATEX. *Maskana*, 1-11.
- Ortiz, F. L., & Anguiano, J. H. (2018). Automatización de simulador de lluvia mediante microcontrolador Arduino. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 4(1), 2757-2763. Obtenido de <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articulo/view/2735/1996>
- Penilaian, B. A. (2019). *433MHz LoRa SX1278 Long Range Transceiver wireless Module XL1278 SMT*. Obtenido de Shopee: <https://shopee.co.id/433MHz-LoRa-SX1278-Long-Range-Transceiver-wireless-Module-XL1278-SMT-i.100172996.2046578792>
- Pérez Guevara, E. J. (2016). *Sistema Domotico Con Tecnología Arduino Para Automatizar Servicios De Seguridad Del Hogar[Tesis de Grado,Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional, Trujillo, Peru.
- Piskin, A., Ramirez, M. C., MacCormac, M. W., & Rhodes, Q. C. (2018). *Improving Sustainability Index at Universidad Tecnológica de Panamá[Tesis de Grado, Universidad Tecnologica de Panama]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://digitalcommons.wpi.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6172&context=iqp-all>
- Platin , J. S., & García Bedoya , O. (2018). Planta pedagógica de automatización. *ESPACIOS*, 13. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/8843/11339.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prieto, P. J., & Sendoa, H. (2017). Prototipo de un sistema de automatización de invernadero basado en arduino y sensores con control de comando web. *Tecnología e Innovación*, 1-10.
- Rodríguez Munca, J. D. (2016). Dispositivo LoRa de comunicacion de largo alcance y bajo consumo energetico para aplicaciones del ambito de desarrollo[Tesis de Master,Universidad Politecnica y universidad Complutense de Madrid]. *Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (itdUPM)*. Repositorio Institucional, Madrid.
- Rodríguez, N. R. (2018). *Mantenimiento y manejo de invernaderos*. AGAH0108. Antequera: IC Editorial.
- Ruano Garcia, G. (2017). *Construcción de un invernadero con un sistema de control y monitorización de las variables del entorno[Tesis de Grado,Universidad De Almeria]*. Repositorio Institucional, Almería.
- Sandorobotics. (2019). *Módulo NodeMCU V3 ESP8266 – CH340 | SANDOROBOTICS*. Obtenido de SANDOROBOTICS : <https://sandorobotics.com/producto/hr0126/>

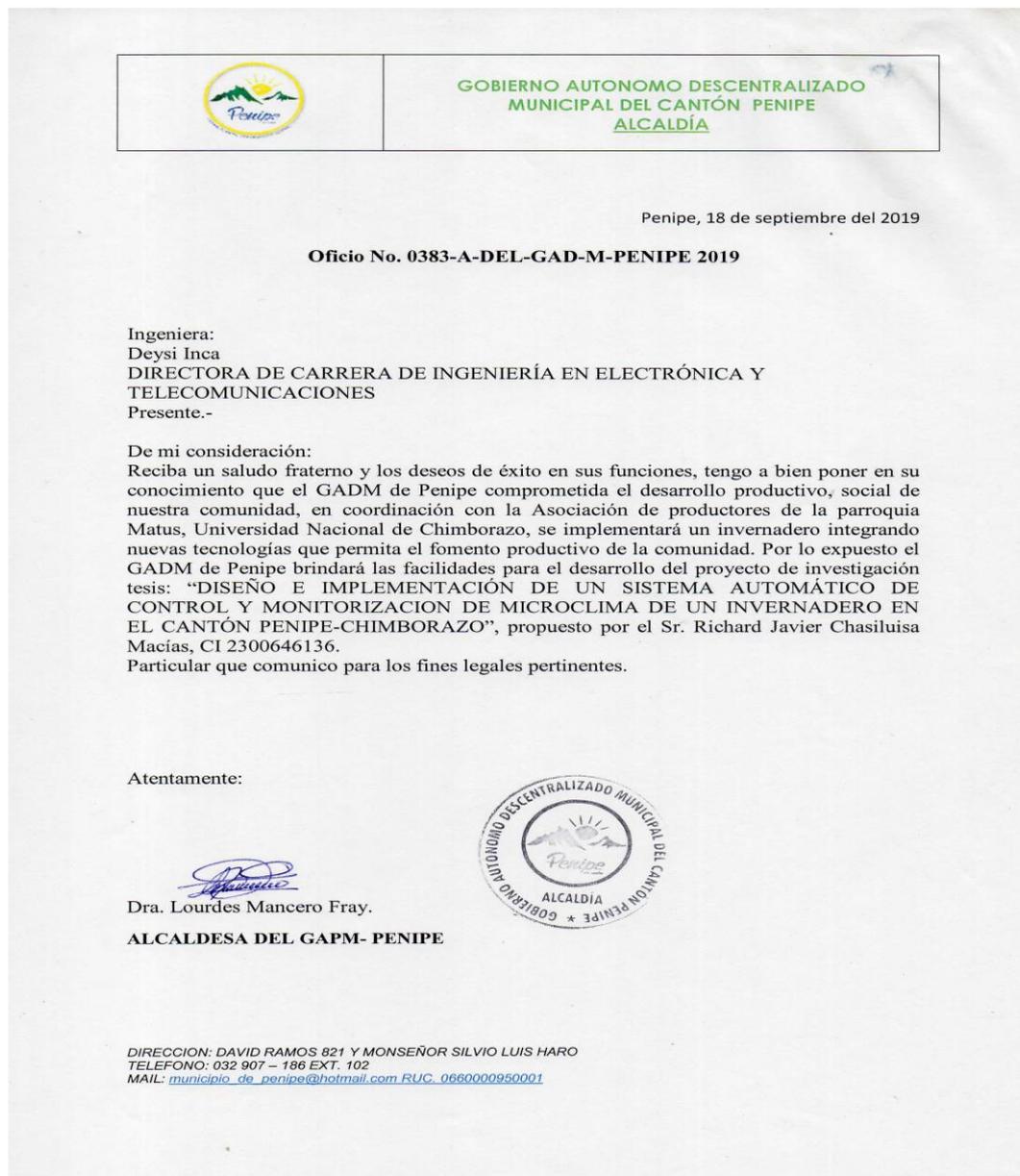
- Santamaria, M., Correa, N. M., Moreno, J. E., & Moreno, E. Y. (2018). Proposal Design of an Open Source Automated System for Photovoltaic Panels Characterization by Electronic Charge Method. *IEEE*, 1644 - 1649. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8444161/authors>
- Tamplin, J. (2018). *Firestore expands to become a unified app platform*. Obtenido de The Firebase Blog: <https://firebase.googleblog.com/2016/05/firebase-expands-to-become-unified-app-platform.html>
- Triana Useche, J. C., & Rodriguez Leguizamo, R. E. (2018). *Prototipo de solución IoT con tecnología "LoRa" en monitoreo de cultivos agrícolas*[Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Bogota. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13388/1/TrianaUsecheJordanCamilo2018.pdf?fbclid=IwAR1Fqmnn6NIUxFcCHA-ErLkEe7ilOLKdfOaLHecrH-Q5rIdqjwn0cxdbZ-E>
- Vega Luna, J. I., Lagos Acosta, M. A., Salgado Guzmán, G., Tapia Vargas, V. N., Sánchez Rangel, F. J., & Cosme Aceves, J. F. (2017). Implantación de una LPWAN para monitoreo de temperatura y humedad en un invernadero. *SENIE*, 128.
- Veloso, C. (2018). *electron tools*. Obtenido de <https://www.electron tools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>
- Vidal Torró, J. (2016). *Automatización y economización de un invernadero*[Tesis de Grado, Universidad Politecnica de Valencia]. Valencia, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/74159>.
- Z. Cerreño, S. (2005). *Construcción de invernaderos*. Madrid: 3 Mundi.Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=GIip3Q7T9mEC&pg=PA501&dq=invernaderos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiO146ZtuHIAhWnwFkKHdbpAUoQ6AEIODAC#v=onepage&q=invernaderos&f=false>
- Ziisor Official Store. (2020). *Antena helicoidal Lora interna de 433MHz con resorte incorporado Antena omnidireccional Zigbee BT módulo inalámbrico TX433-TH-44 de Control remoto*. Obtenido de AliExpress: <https://es.aliexpress.com/i/33045503066.html>
- Zusend. (2019). *Válvula solenoide eléctrica 12V DC, Electroválvula normalmente cerrado, Conexión rápida para tubos de 3/8"*: Amazon.com.mx: Industria, Empresas y Ciencia. Obtenido de Amazon: <https://www.amazon.com.mx/solenoide-el%C3%A9ctrica-Electrov%C3%A1lvula-normalmente-Conexi%C3%B3n-rápida-para-tubos-de-3-8/dp/B07R2JWVCV>

ANEXOS

Anexo 1. Oficios emitidos por distintas entidades.

Figura 71

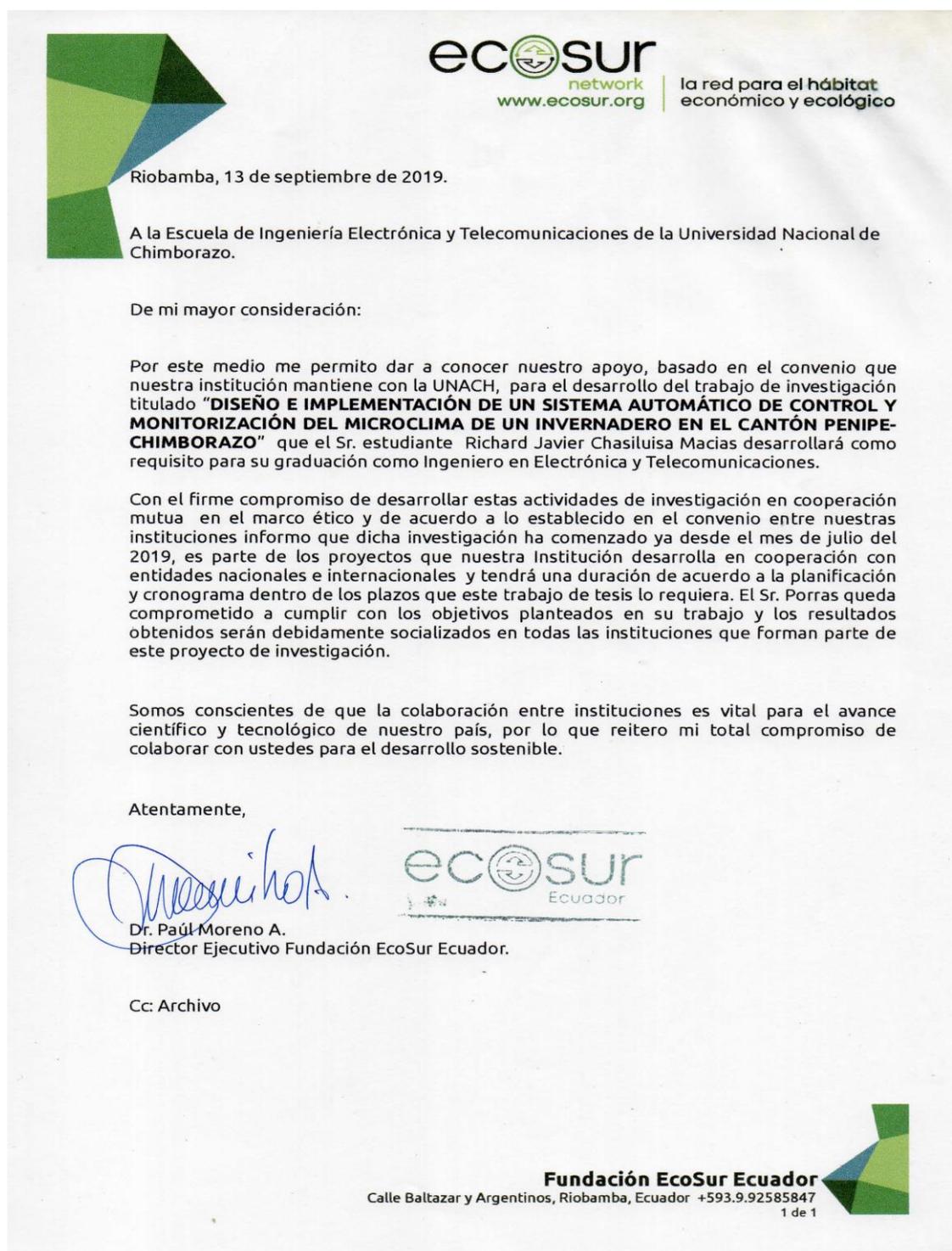
Oficio de apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Penipe



Fuente: Autor

Figura 72

Carta de Apoyo de la Fundación EcoSur_Ecuador



Fuente: Autor

Anexo 2. Carta Aval Final.

Figura 73
Carta Aval del Gadm Penipe



Fuente: Gadm Penipe

Anexo 3. Reconocimiento in situ del proyecto

Figura 74

Visitas de lugar in situ del proyecto invernadero



Fuente: Autor

Figura 75

Visita al lugar del Invernadero



Fuente: Autor

Figura 76

Socialización de proyectos Unach y Gadm Penipe



Fuente: Autor

Figura 77

Reunión planteles educativos Penipe



Fuente: Autor

Figura 78

Presentación avance proyecto en Fundación EcoSur-Ecuador



Fuente: Autor

Anexo 4. Presupuesto

Figura 79

Presupuesto Financiero Maqueta

PRESUPUESTO FINANCIERO DE MAQUETA DE INVERNADERO			
CANT.	ELEMENTOS	costo unitari	PRECIOS
	Materiales para construcción		
3	Madera (3)	15	45
7	Acetato (3micras)	7	49
50	Tornillos	0,05	2,5
1	Pegamento Blanco	9	9
150	Estoperol	0,03	4,5
2	Tubería Poli cloruro de Vinilo (PVC)	7	14
1	Boquilla Kit-nebulizador	5	5
1	Riel ventana	5	5
1	Lámpara led (lila)	4	4
1	Transporte	50	50
1	Alquiler taller herramientas	100	100
1	Materiales de estetica ,arena,platas,et	67	67
			355

Fuente: Autor.

Figura 80

Presupuesto Financiero Final.

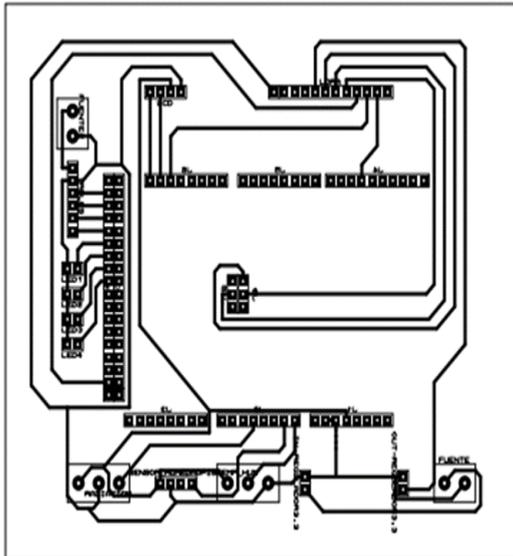
PRESUPUESTO FINANCIERO DE AUTOMATIZACION			
INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICIONES			
CANT.	ELEMENTOS	costo unitario	PRECIOS
2	Arduino Mega Atemega 2560 v3	35	70,00
1	Módulo LoRa RX sx1278	45	45,00
2	Módulo LoRa TX sx1278	45	90,00
1	Módulo WiFi Esp 8266 v3	20	20,00
1	Arduino Uno Atemega 328p	30	30,00
3	Fuente de alimentación	15	45,00
2	Electroválvula -selenoide 12 VDC	45	90,00
1	Kit nebulizadores x7metris 8 boquillas	68	68,00
1	Luz UV	15	15,00
1	Sistema de ventilación	100	100,00
1	Tubería poli cloruro de vinilo PVC y conexiones	50	50,00
1	Módulo L298N control de giro motor	15	15,00
3	Diseño de protección en cortadora láser	25	75,00
2	sensor de temperatura	10	20,00
2	sensor de uv GUVAS12SD	30	60,00
2	sensor de humedad del suelo	10	20,00
1	Módulo RTC Ds3231	7	7,00
4	SEÑALIZADORES LED'S	5	20,00
1	MODULO RELES ARDUINO	30	30,00
	ELEMENTOS VARIOS CABLES, LED'S,RESISTENCIAS,OTROS		80,00
			TOTALES
	TOTAL		950,00

Fuente: Autor.

Anexo 5. Diseño del circuito y programación de nodos

Figura 81

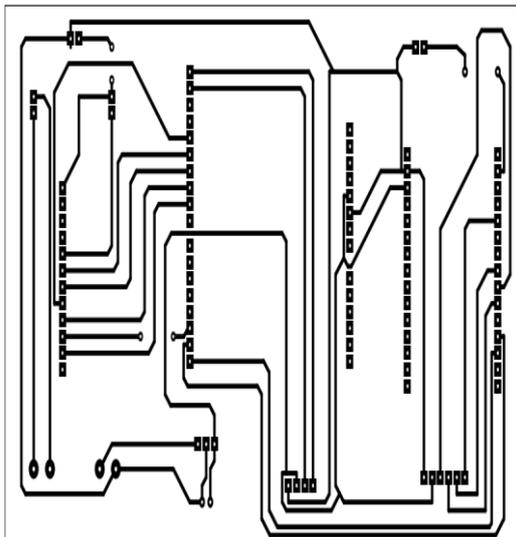
Placa del Nodo de Recolección de Datos



Fuente: Autor

Figura 83

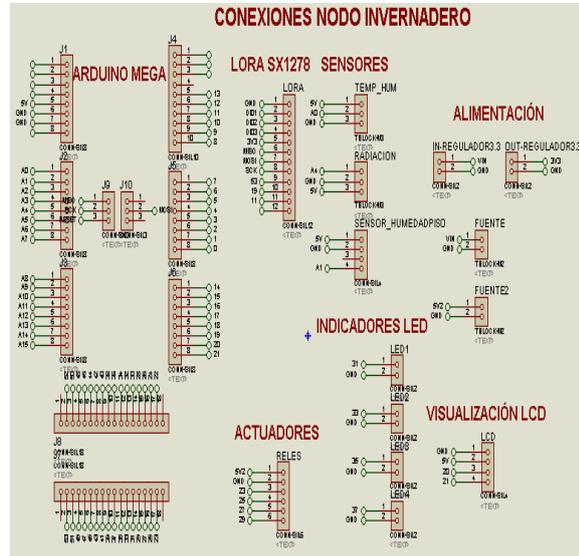
Circuito Impreso para Placa del Nodo Central



Fuente: Autor

Figura 82

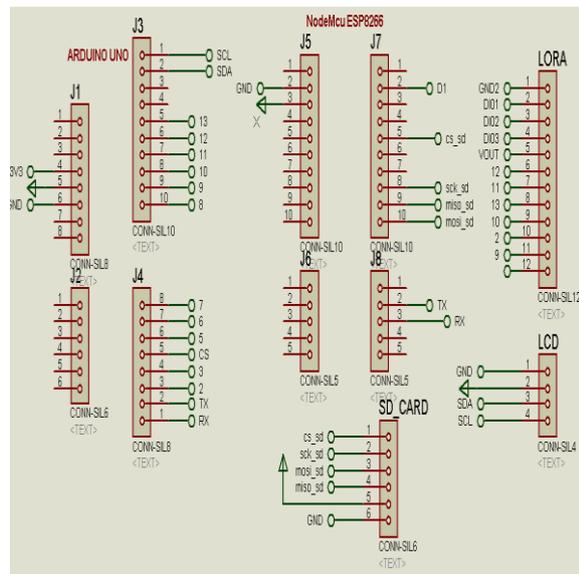
Conexiones en el Software Proteus



Fuente: Autor

Figura 84

Conexión del Nodo Central en Proteus

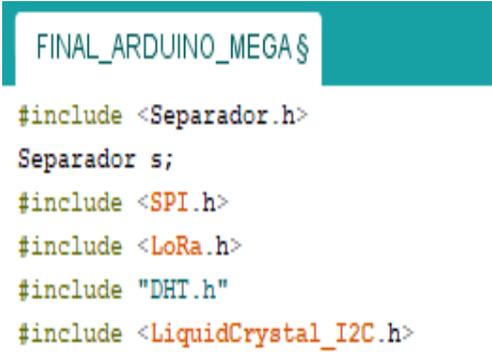


Fuente: Autor

Anexo 6. Librerías de Arduino IDE.

Tabla 20

Librerías en Arduino IDE

Ilustración	Descripción
 <pre>FINAL_ARDUINO_MEGA\$ #include <Separador.h> Separador s; #include <SPI.h> #include <LoRa.h> #include "DHT.h" #include <LiquidCrystal_I2C.h></pre>	<p>La librería Separador ayudará en los datos mediante el apartado por comas (",") cuando envía y recibe, los datos se envían desde el nodo por medio de coma en el siguiente formato: identificador del nodo, temperatura, humedad y radiación y datos que receptorá del nodo central con los valores del sistema y actuadores.</p> <p>SPI habilitan la comunicación Serial Peripheral Interface entre el integrado del arduino y el módulo LoRa mediante los comandos de mosi, miso, sclk y ss, cuando se toman módulos de distintos se utiliza el comando Lora.setPins</p> <p>LoRa.h facilita la comunicación y permite conectar el microcontrolador con el chip de radio frecuencia sx1278 a su frecuencia especifica mediante el comando Lora.begin (Frecuencia del módulo), se ocupó un módulo a 433MHz y si se encuentra conectado seguirá caso contrario emitirá un mensaje de fallo además de librerías DHT.h para el sensor de temperatura y humedad.</p>

Fuente: Autor

Anexo 7. Programación Arduino IDE Nodo Final.

```
/LIBRERIAS  
#include <Separador.h>  
Separador s;  
#include <SPI.h>//libreria de comunicacion protocolo SPI  
#include <LoRa.h>//Libreria comunicacion con LoRa  
#include "DHT.h"// Libreria sensor  
#include <Wire.h> // libreria de comunicacion por I2C  
#include <LCD.h> // libreria para funciones de LCD  
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // libreria para LCD por I2C  
//DECLARACION DE PINES  
#define DHTPIN A0 // what pin we're connected to  
#define Led 7  
#define ss 53  
#define reset 11  
#define dio0 19
```

```

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
//ACTUADORES
#define led_nebulizador 25
#define led_goteo 27
#define led_reflector 29
//LEDS
#define led_ventana_on 31
#define led_nebulizador_on 33
#define led_goteo_on 35
#define led_reflector_on 37
//DECLARACION DE VARIBALES
unsigned long tiempo;
unsigned long tiempo2=0;
int diferencia2=3000;
int a=0;
int b=0;
int c=0;
int d=0;
int comienzo= 2;
int IN1 = 2;
int IN2 = 3;
int ENA = 4;
int ident=111;
float temp,hum,humS,S_uv;
int ventACT=2,nebACT=2,riegoACT=2,reflectorACT=2,modoACT=2;
int internet=0;
int estado=2;
String incoming;
int tam;
int va=2;
int counter = 0;
long lastSendTime = 0;
int interval = 5000;
long lastSendTime2 = 0;
int interval2 = 10000;
//DEFINICION DE PINES SEGUN LIRERIA
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7); // DIR, E, RW, RSH, D4, D5, D6, D7
//VALORES SENSOR DE TEMPERATURA
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);//int hum;//float temp;
void setup() {
//INICIALIZACION PINES DE SALIDA
pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(ENA, OUTPUT);
pinMode(led_ventana_on,OUTPUT);
pinMode(led_nebulizador,OUTPUT);
pinMode(led_nebulizador_on,OUTPUT);
pinMode(led_goteo,OUTPUT);
pinMode(led_goteo_on,OUTPUT);
pinMode(led_reflector,OUTPUT);
pinMode(led_reflector_on,OUTPUT);
//INICIALIZACION DE LCD I2C
lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
lcd.setBacklight(HIGH);
lcd.begin(16, 2);
lcd.clear();

```

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("T:");
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print("H:");
lcd.setCursor (8,0);
lcd.print("HS:");
lcd.setCursor (8,1);
lcd.print("R:");
//INICIALIZACION PUERTO SERIAL
Serial.begin(115200);
while (!Serial);
dht.begin();
Serial.println("NODO 1");
//INICIALIZACION DE PINES AL MODULO LORA SEGUN
MICROCONTROLADOR
LoRa.setSpreadingFactor(12); //6-12
LoRa.setSignalBandwidth(7.8);
LoRa.setCodingRate4(8); //5-8
LoRa.setPins(ss, reset, dio0);
if (!LoRa.begin(433E6)) {
  Serial.println("FALLO");
  // while (1);
  ;
}
}
void loop() {
//LECTURA DE SENSORES SEGUN FUNCION
temp = dht.readTemperature();
hum = dht.readHumidity();
humS =humSuelo();
S_uv=sensor_uv();
//REPRESENTACION EN LCD DE VARIBALES
lcd.setCursor (2,0);
lcd.print (String(temp) + "C");
lcd.setCursor (2,1);
lcd.print (String(hum) + "%");
lcd.setCursor (11,0);
lcd.print (String(humS) + "%");
lcd.setCursor (11,1);
lcd.print (String(S_uv) + "r");
delay(200);
//ENVIO DE DATOS CADA 5 SEG
if (millis() - lastSendTime >= interval) { //INTER 5000 LASTE 0 MILLIS TIMEPO
TRANURRIDO
envio_dato();
lastSendTime = millis();
}
// MANTIENE RECIBIENDO DATOS
recibiendo_datos();
//SISTEMA MANUAL
if(internet==0){
actuador1(temp);
actuador2(hum);
actuador3(humS);
actuador4(S_uv);
}
}

```

```

//SISTEMA AUTOMATICO
if(internet==1){
  manual();
  ventana_automatiko();
}
}

//SENSOR GUAVA S12SD
float sensor_uv(){
//int sensor_value = analogRead(A4); //
const float lambda_0V = 0;
const float lambda_5V = 10.46;
float uvIntensity = lambda_0V + ((lambda_5V - lambda_0V) * analogRead(A4)/1024);
//float volts = (sensor_value / 1024.0) * 5.0; //volatje
//float UV_index = volts * 1.64;
  // Serial.print("volt1");
  // Serial.println(volts);
  // Serial.print (" UV Index: ");
  //Serial.println (UV_index);
return(uvIntensity);
}

//SENSOR ANALÓGICO HUMEDD DEL SUELO
float humSuelo(){
int dato1=analogRead(A1);
float d;
d= map( dato1,0, 1023, 100, 0);
return (d);
}
//////////ACTIVACION MANUAL //////////
void manual(){
if(ventACT==1||ventACT==0){
  if(ventACT==0){
    //ventana forzada a cerrar
    digitalWrite(led_ventana_on,LOW);
    va=0;
  }
  if(ventACT==1){
    //ventana forzada a abrir
    digitalWrite(led_ventana_on,HIGH);
    va=1;
  }
  if(nebACT==0){
    digitalWrite(led_nebulizador,LOW);
    digitalWrite(led_nebulizador_on,LOW);
  }
  if(nebACT==1){
    digitalWrite(led_nebulizador,HIGH);
    digitalWrite(led_nebulizador_on,HIGH);
  }
  if(riegoACT==0){
    digitalWrite(led_goteo,LOW);
    digitalWrite(led_goteo_on,LOW);
  }
  if(riegoACT==1){
    //ventana forzada a cerrar

```

```

digitalWrite(led_goteo,HIGH);
digitalWrite(led_goteo_on,HIGH);
}
if(reflectorACT==0){
digitalWrite(led_reflector,LOW);
digitalWrite(led_reflector_on,LOW);
}
if(reflectorACT==1){
digitalWrite(led_reflector,HIGH);
digitalWrite(led_reflector_on,HIGH);
}
}
}
/////SEPARACION_DE_PAQUETES////////
void separacion_actuador(){
//if(tam>=12){return;}
if(tam==11){
String d1 = s.separa(incoming, ',',0);
String d2 = s.separa(incoming, ',',1);
String d3 = s.separa(incoming, ',',2);
String d4 = s.separa(incoming, ',',3);
String d5 = s.separa(incoming, ',',4);
ventACT= d1.toInt();
nebACT= d2.toInt();
riegoACT= d3.toInt();
reflectorACT= d4.toInt();
modoACT= d5.toInt();
//if(ventACT==0||ventACT==1){
//}
}
}
//////////ACTUADORES_MANUAL////////
void recibiendo_datos(){
int packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
while (LoRa.available()) {
incoming =LoRa.readString();
tam=incoming.length();
}
if(tam==11){
Serial.println("Received packet");
Serial.print(incoming);
Serial.print(" with RSSI ");
Serial.println(LoRa.packetRssi());
comienzo=0;
separacion_actuador();
if(modoACT==0){
internet=0;
}
//activa el modo manual actuadores
if(modoACT==1){
internet=1;
}
}
}
}
}
}

```

```

//////////ENVIO_PAQUETE_LORA////////
void envio_dato(){
  Serial.print("Sending packet: ");
  Serial.println(counter);
  // send packet
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.print(ident);
  LoRa.print(",");
  LoRa.print(temp);
  LoRa.print(",");
  LoRa.print(hum);
  LoRa.print(",");
  LoRa.print(humS);
  LoRa.print(",");
  LoRa.println(S_uv);
  LoRa.endPacket();
  Serial.print(ident);
  Serial.print(",");
  Serial.print(temp);
  Serial.print(",");
  Serial.print(hum);
  Serial.print(",");
  Serial.print(humS);
  Serial.print(",");
  Serial.println(S_uv);
  Serial.flush();
  counter++;
}
//////////VENTILACION_AUTOMATICO////////
float ventana_automatico(){
  if(va==1){
    a++;
    if(a==1){
      digitalWrite(ENA, HIGH); // habilita motor A (giro en un sentido)
      digitalWrite(IN1, LOW); // IN1 a 0
      digitalWrite(IN2, HIGH);
      delay(2000);
      digitalWrite(ENA, LOW); // habilit
      b=0;
    }
  }
  if(va==0){
    b++;
    if(b==1){
      digitalWrite(ENA, HIGH); // habilita motor A (giro en un sentido)
      digitalWrite(IN1, HIGH); // IN1 a 0
      digitalWrite(IN2, LOW);
      delay(2000);
      digitalWrite(ENA, LOW); // habilit
      a=0;
    }
  }
}
//////////ACTYADORES_AUTOMATICO////////
// temperatura aire
float actuador1(float tempe){
  if(tempe>28){

```

```

// digitalWrite(led_ventana,HIGH);
digitalWrite(led_ventana_on,HIGH);
  c++;
  if(c==1){
digitalWrite(ENA, HIGH); // habilita motor A (giro en un sentido)
digitalWrite(IN1, LOW); // IN1 a 0
digitalWrite(IN2, HIGH);
delay(2000);
digitalWrite(ENA, LOW); // habilit
  d=0;
  }
  }
if(tempe<23){
digitalWrite(led_ventana_on,LOW);
  d++;
  if(d==1){
digitalWrite(ENA, HIGH); // habilita motor A (giro en un sentido)
digitalWrite(IN1, HIGH); // IN1 a 0
digitalWrite(IN2, LOW);
delay(2000);
digitalWrite(ENA, LOW); // habilit
  c=0;
  }
  }
}

float actuador2(float hume){
  //Humedad Relativa
if(hume>95){
  digitalWrite(led_nebulizador,LOW);
  digitalWrite(led_nebulizador_on,LOW);}
if(hume<90){
  digitalWrite(led_nebulizador,HIGH);
  digitalWrite(led_nebulizador_on,HIGH);}
  }
  //Humedad del suelo
float actuador3(float hS){
if(hS>65){
  digitalWrite(led_goteo,LOW);
  digitalWrite(led_goteo_on,LOW);}
if(hS<50){
  digitalWrite(led_goteo,HIGH);
  digitalWrite(led_goteo_on,HIGH);}
  }
  //radiacion
float actuador4(float Radi){
if(Radi>4){
  digitalWrite(led_reflector,LOW);
  digitalWrite(led_reflector_on,LOW);}
if(Radi<4){
  digitalWrite(led_reflector,HIGH);
  digitalWrite(led_reflector_on,HIGH);}
  }
}

```

Anexo 8. Sensor

Figura 85

Datasheet sensor Guvas12sd

UV-A Sensor

GUVA-S12SD



Features

- Gallium Nitride Based Material
- Schottky-type Photodiode
- Photovoltaic Mode Operation
- Good Visible Blindness
- High Responsivity & Low Dark Current

Applications

- UV Index Monitoring
- UV-A Lamp Monitoring



Outline Diagrams and Dimensions



Absolute Maximum Ratings

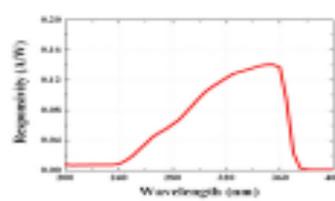
Parameter	Symbol	Min.	Max.	Unit	Remark
Storage Temperature	T_{st}	-40	90	°C	
Operating Temperature	T_{op}	-30	85	°C	
Reverse Voltage	$V_{r, max}$		5	V	
Forward Current	$I_{f, max}$		1	mA	
Optical Source Power Range	P_{opt}	0.1µ	100m	W/cm ²	UVA Lamp
Soldering Temperature	T_{sld}		260	°C	within 10 sec.

!!!Notice: apply to us in the case that Optical Source Power is over 100mW/cm²

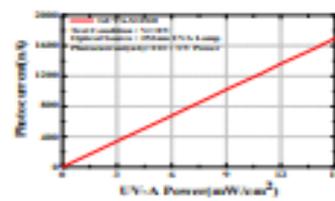
Characteristics (at 25°C)

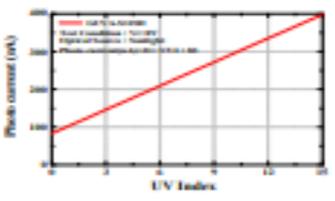
Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Conditions
Dark Current	I_d			1	nA	$V_r = 0.1 V$
Photo Current	I_{ph}	101	113	125	nA	UVA Lamp, 1mW/cm ²
			21		nA	1 UVI
Temperature Coefficient	I_c		0.08		%/°C	UVA Lamp
Responsivity	R		0.14		A/W	$\lambda = 350 nm, V_r = 0 V$
Spectral Detection Range	λ	240		370	nm	10% of R
Active area			0.076		cm ²	

Responsivity Curve



Photocurrent along UV Power





Caution

ESD can damage the device hence please avoid ESD.

Fuente: Autor

Anexo 9. Datos de los nodos

7.1.- Nodo 121

DÍA	Estadísticos	Figuras																																																					
1	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>H R (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,02</td> <td>94,02</td> <td>53,49</td> <td>,6756</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>53,00</td> <td>,6300</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>26</td> <td>95</td> <td>53</td> <td>,18^a</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>1,332</td> <td>1,440</td> <td>,925</td> <td>,46193</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>91</td> <td>52</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>55</td> <td>2,21</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	H R (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media		25,02	94,02	53,49	,6756	Mediana		25,00	95,00	53,00	,6300	Moda		26	95	53	,18 ^a	Desv. Desviación		1,332	1,440	,925	,46193	Mínimo		23	91	52	,15	Máximo		28	95	55	2,21	
		T (°C)	H R (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)																																																		
N	Válido	41	41	41	41																																																		
	Perdidos	0	0	0	0																																																		
Media		25,02	94,02	53,49	,6756																																																		
Mediana		25,00	95,00	53,00	,6300																																																		
Moda		26	95	53	,18 ^a																																																		
Desv. Desviación		1,332	1,440	,925	,46193																																																		
Mínimo		23	91	52	,15																																																		
Máximo		28	95	55	2,21																																																		
2	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,41</td> <td>94,20</td> <td>51,88</td> <td>,7761</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>26,00</td> <td>94,00</td> <td>52,00</td> <td>,7400</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>26</td> <td>95</td> <td>52</td> <td>,63</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>1,095</td> <td>,928</td> <td>,331</td> <td>,38033</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>92</td> <td>51</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>52</td> <td>2,11</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media		25,41	94,20	51,88	,7761	Mediana		26,00	94,00	52,00	,7400	Moda		26	95	52	,63	Desv. Desviación		1,095	,928	,331	,38033	Mínimo		23	92	51	,15	Máximo		28	95	52	2,11	
		T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)																																																		
N	Válido	41	41	41	41																																																		
	Perdidos	0	0	0	0																																																		
Media		25,41	94,20	51,88	,7761																																																		
Mediana		26,00	94,00	52,00	,7400																																																		
Moda		26	95	52	,63																																																		
Desv. Desviación		1,095	,928	,331	,38033																																																		
Mínimo		23	92	51	,15																																																		
Máximo		28	95	52	2,11																																																		
3	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,66</td> <td>94,24</td> <td>63,98</td> <td>1,0210</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>26,00</td> <td>94,00</td> <td>64,00</td> <td>,9800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>25</td> <td>95</td> <td>65</td> <td>,63^a</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>,855</td> <td>1,044</td> <td>2,286</td> <td>,42871</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>24</td> <td>90</td> <td>51</td> <td>,11</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>66</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media		25,66	94,24	63,98	1,0210	Mediana		26,00	94,00	64,00	,9800	Moda		25	95	65	,63 ^a	Desv. Desviación		,855	1,044	2,286	,42871	Mínimo		24	90	51	,11	Máximo		28	95	66	1,98	
		T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)																																																		
N	Válido	41	41	41	41																																																		
	Perdidos	0	0	0	0																																																		
Media		25,66	94,24	63,98	1,0210																																																		
Mediana		26,00	94,00	64,00	,9800																																																		
Moda		25	95	65	,63 ^a																																																		
Desv. Desviación		,855	1,044	2,286	,42871																																																		
Mínimo		24	90	51	,11																																																		
Máximo		28	95	66	1,98																																																		
4	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,56</td> <td>94,17</td> <td>59,54</td> <td>,8102</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>60,00</td> <td>,7800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>25</td> <td>95</td> <td>60</td> <td>,54</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>1,205</td> <td>,998</td> <td>1,164</td> <td>,30754</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>91</td> <td>58</td> <td>,53</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>62</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media		25,56	94,17	59,54	,8102	Mediana		25,00	94,00	60,00	,7800	Moda		25	95	60	,54	Desv. Desviación		1,205	,998	1,164	,30754	Mínimo		23	91	58	,53	Máximo		28	95	62	1,98	
		T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)																																																		
N	Válido	41	41	41	41																																																		
	Perdidos	0	0	0	0																																																		
Media		25,56	94,17	59,54	,8102																																																		
Mediana		25,00	94,00	60,00	,7800																																																		
Moda		25	95	60	,54																																																		
Desv. Desviación		1,205	,998	1,164	,30754																																																		
Mínimo		23	91	58	,53																																																		
Máximo		28	95	62	1,98																																																		

5	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>TC</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,66</td> <td>94,41</td> <td>57,00</td> <td>1,034</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>26,00</td> <td>95,00</td> <td>57,00</td> <td>,7800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>58</td> <td>,68</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td>,883</td> <td>,894</td> <td>,949</td> <td>,4857</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>92</td> <td>55</td> <td>,58</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>58</td> <td>2,20</td> </tr> </tbody> </table>		TC	HR (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,66	94,41	57,00	1,034	Mediana	26,00	95,00	57,00	,7800	Moda	25	95	58	,68	Desv. Desviación	,883	,894	,949	,4857	Mínimo	24	92	55	,58	Máximo	28	95	58	2,20	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	TC	HR (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)																																											
N Válido	41	41	41	41																																											
Perdidos	0	0	0	0																																											
Media	25,66	94,41	57,00	1,034																																											
Mediana	26,00	95,00	57,00	,7800																																											
Moda	25	95	58	,68																																											
Desv. Desviación	,883	,894	,949	,4857																																											
Mínimo	24	92	55	,58																																											
Máximo	28	95	58	2,20																																											
6	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,05</td> <td>94,41</td> <td>54,05</td> <td>,7159</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>54,00</td> <td>,6300</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>24</td> <td>95</td> <td>55</td> <td>,63^a</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td>1,322</td> <td>,894</td> <td>,893</td> <td>,34657</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>92</td> <td>53</td> <td>,18</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>55</td> <td>1,24</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,05	94,41	54,05	,7159	Mediana	25,00	95,00	54,00	,6300	Moda	24	95	55	,63 ^a	Desv. Desviación	1,322	,894	,893	,34657	Mínimo	23	92	53	,18	Máximo	28	95	55	1,24	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																											
N Válido	41	41	41	41																																											
Perdidos	0	0	0	0																																											
Media	25,05	94,41	54,05	,7159																																											
Mediana	25,00	95,00	54,00	,6300																																											
Moda	24	95	55	,63 ^a																																											
Desv. Desviación	1,322	,894	,893	,34657																																											
Mínimo	23	92	53	,18																																											
Máximo	28	95	55	1,24																																											
7	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T(°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,59</td> <td>94,12</td> <td>60,85</td> <td>1,0100</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>61,00</td> <td>1,1300</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>60^a</td> <td>,14^a</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td>1,341</td> <td>,954</td> <td>3,151</td> <td>,47005</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>92</td> <td>51</td> <td>,13</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>65</td> <td>2,01</td> </tr> </tbody> </table>		T(°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,59	94,12	60,85	1,0100	Mediana	25,00	94,00	61,00	1,1300	Moda	25	95	60 ^a	,14 ^a	Desv. Desviación	1,341	,954	3,151	,47005	Mínimo	24	92	51	,13	Máximo	28	95	65	2,01	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T(°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																											
N Válido	41	41	41	41																																											
Perdidos	0	0	0	0																																											
Media	25,59	94,12	60,85	1,0100																																											
Mediana	25,00	94,00	61,00	1,1300																																											
Moda	25	95	60 ^a	,14 ^a																																											
Desv. Desviación	1,341	,954	3,151	,47005																																											
Mínimo	24	92	51	,13																																											
Máximo	28	95	65	2,01																																											
8	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR(%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,24</td> <td>94,27</td> <td>54,27</td> <td>,8168</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>54,00</td> <td>,7900</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>94^a</td> <td>54</td> <td>,87^a</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td>1,044</td> <td>,807</td> <td>,867</td> <td>,31514</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>92</td> <td>53</td> <td>,14</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>56</td> <td>1,46</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR(%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,24	94,27	54,27	,8168	Mediana	25,00	94,00	54,00	,7900	Moda	25	94 ^a	54	,87 ^a	Desv. Desviación	1,044	,807	,867	,31514	Mínimo	23	92	53	,14	Máximo	28	95	56	1,46	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR(%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																											
N Válido	41	41	41	41																																											
Perdidos	0	0	0	0																																											
Media	25,24	94,27	54,27	,8168																																											
Mediana	25,00	94,00	54,00	,7900																																											
Moda	25	94 ^a	54	,87 ^a																																											
Desv. Desviación	1,044	,807	,867	,31514																																											
Mínimo	23	92	53	,14																																											
Máximo	28	95	56	1,46																																											

9	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,10</td> <td>94,51</td> <td>60,66</td> <td>,8068</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>63,00</td> <td>,9800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>63</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,179</td> <td>,925</td> <td>4,804</td> <td>,54013</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>52</td> <td>,13</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>64</td> <td>1,75</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,10	94,51	60,66	,8068	Mediana	25,00	95,00	63,00	,9800	Moda	25	95	63	,15	Desv.	1,179	,925	4,804	,54013	Desviación					Mínimo	23	91	52	,13	Máximo	28	95	64	1,75	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACION UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	41	41	41	41																																																
Perdidos	0	0	0	0																																																
Media	25,10	94,51	60,66	,8068																																																
Mediana	25,00	95,00	63,00	,9800																																																
Moda	25	95	63	,15																																																
Desv.	1,179	,925	4,804	,54013																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	52	,13																																																
Máximo	28	95	64	1,75																																																
10	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,98</td> <td>94,27</td> <td>59,12</td> <td>,8978</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>26,00</td> <td>94,00</td> <td>59,00</td> <td>1,0100</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>26</td> <td>95</td> <td>59</td> <td>1,18</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>,987</td> <td>,895</td> <td>,954</td> <td>,37729</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>91</td> <td>58</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>61</td> <td>1,56</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,98	94,27	59,12	,8978	Mediana	26,00	94,00	59,00	1,0100	Moda	26	95	59	1,18	Desv.	,987	,895	,954	,37729	Desviación					Mínimo	24	91	58	,15	Máximo	28	95	61	1,56	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACION UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	41	41	41	41																																																
Perdidos	0	0	0	0																																																
Media	25,98	94,27	59,12	,8978																																																
Mediana	26,00	94,00	59,00	1,0100																																																
Moda	26	95	59	1,18																																																
Desv.	,987	,895	,954	,37729																																																
Desviación																																																				
Mínimo	24	91	58	,15																																																
Máximo	28	95	61	1,56																																																
11	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>26,37</td> <td>94,22</td> <td>57,15</td> <td>1,0702</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>27,00</td> <td>94,00</td> <td>57,00</td> <td>1,1500</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>27</td> <td>94</td> <td>57</td> <td>1,15</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,260</td> <td>,822</td> <td>,760</td> <td>,57177</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>92</td> <td>56</td> <td>,14</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>58</td> <td>2,21</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	26,37	94,22	57,15	1,0702	Mediana	27,00	94,00	57,00	1,1500	Moda	27	94	57	1,15	Desv.	1,260	,822	,760	,57177	Desviación					Mínimo	24	92	56	,14	Máximo	28	95	58	2,21	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACION UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																
N Válido	41	41	41	41																																																
Perdidos	0	0	0	0																																																
Media	26,37	94,22	57,15	1,0702																																																
Mediana	27,00	94,00	57,00	1,1500																																																
Moda	27	94	57	1,15																																																
Desv.	1,260	,822	,760	,57177																																																
Desviación																																																				
Mínimo	24	92	56	,14																																																
Máximo	28	95	58	2,21																																																
12	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,34</td> <td>94,56</td> <td>54,02</td> <td>,8671</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>54,00</td> <td>,9800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>55</td> <td>,19^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,015</td> <td>,550</td> <td>,851</td> <td>,47949</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>93</td> <td>53</td> <td>,13</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>55</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	41	41	41	41	Perdidos	0	0	0	0	Media	25,34	94,56	54,02	,8671	Mediana	25,00	95,00	54,00	,9800	Moda	25	95	55	,19 ^a	Desv.	1,015	,550	,851	,47949	Desviación					Mínimo	23	93	53	,13	Máximo	28	95	55	1,98	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACION UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																
N Válido	41	41	41	41																																																
Perdidos	0	0	0	0																																																
Media	25,34	94,56	54,02	,8671																																																
Mediana	25,00	95,00	54,00	,9800																																																
Moda	25	95	55	,19 ^a																																																
Desv.	1,015	,550	,851	,47949																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	93	53	,13																																																
Máximo	28	95	55	1,98																																																

<p>13</p>	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>24,85</td> <td>94,73</td> <td>60,46</td> <td>,7578</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>64,00</td> <td>,3600</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>26</td> <td>95</td> <td>64</td> <td>,18</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>1,216</td> <td>,742</td> <td>5,732</td> <td>,66472</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>91</td> <td>52</td> <td>,13</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>27</td> <td>95</td> <td>66</td> <td>2,10</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41		Perdidos	0	0	0	0	Media		24,85	94,73	60,46	,7578	Mediana		25,00	95,00	64,00	,3600	Moda		26	95	64	,18	Desv. Desviación		1,216	,742	5,732	,66472	Mínimo		23	91	52	,13	Máximo		27	95	66	2,10	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																			
N	Válido	41	41	41	41																																																			
	Perdidos	0	0	0	0																																																			
Media		24,85	94,73	60,46	,7578																																																			
Mediana		25,00	95,00	64,00	,3600																																																			
Moda		26	95	64	,18																																																			
Desv. Desviación		1,216	,742	5,732	,66472																																																			
Mínimo		23	91	52	,13																																																			
Máximo		27	95	66	2,10																																																			
<p>14</p>	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T(°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,15</td> <td>94,78</td> <td>62,51</td> <td>,6771</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>62,00</td> <td>,3700</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>25</td> <td>95</td> <td>62</td> <td>,21</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>,910</td> <td>,419</td> <td>,779</td> <td>,54691</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>94</td> <td>62</td> <td>,14</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>27</td> <td>95</td> <td>64</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>			T(°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41		Perdidos	0	0	0	0	Media		25,15	94,78	62,51	,6771	Mediana		25,00	95,00	62,00	,3700	Moda		25	95	62	,21	Desv. Desviación		,910	,419	,779	,54691	Mínimo		23	94	62	,14	Máximo		27	95	64	1,98	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T(°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																			
N	Válido	41	41	41	41																																																			
	Perdidos	0	0	0	0																																																			
Media		25,15	94,78	62,51	,6771																																																			
Mediana		25,00	95,00	62,00	,3700																																																			
Moda		25	95	62	,21																																																			
Desv. Desviación		,910	,419	,779	,54691																																																			
Mínimo		23	94	62	,14																																																			
Máximo		27	95	64	1,98																																																			
<p>15</p>	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T(°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>24,90</td> <td>94,61</td> <td>58,05</td> <td>,8171</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>58,00</td> <td>,7400</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>25</td> <td>95</td> <td>60</td> <td>,18</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>,995</td> <td>,771</td> <td>1,499</td> <td>,56627</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>91</td> <td>56</td> <td>,13</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>60</td> <td>2,03</td> </tr> </tbody> </table>			T(°C)	HR (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)	N	Válido	41	41	41	41		Perdidos	0	0	0	0	Media		24,90	94,61	58,05	,8171	Mediana		25,00	95,00	58,00	,7400	Moda		25	95	60	,18	Desv. Desviación		,995	,771	1,499	,56627	Mínimo		23	91	56	,13	Máximo		28	95	60	2,03	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T(°C)	HR (%)	HS (%)	RUV (mW/cm2)																																																			
N	Válido	41	41	41	41																																																			
	Perdidos	0	0	0	0																																																			
Media		24,90	94,61	58,05	,8171																																																			
Mediana		25,00	95,00	58,00	,7400																																																			
Moda		25	95	60	,18																																																			
Desv. Desviación		,995	,771	1,499	,56627																																																			
Mínimo		23	91	56	,13																																																			
Máximo		28	95	60	2,03																																																			

7.2. Nodo 111.

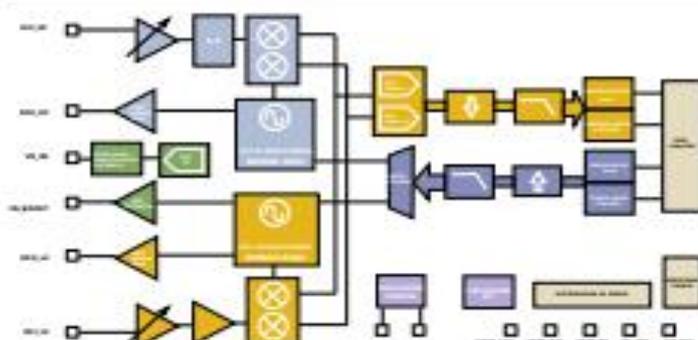
D I A	Estadísticos	Figuras																																																		
1	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>24,81</td> <td>94,68</td> <td>56,61</td> <td>,5255</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>56,00</td> <td>,3900</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>56</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,276</td> <td>,945</td> <td>,844</td> <td>,41815</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>56</td> <td>,15</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>58</td> <td>2,07</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	31	31	31	31	Perdidos	10	10	10	10	Media	24,81	94,68	56,61	,5255	Mediana	25,00	95,00	56,00	,3900	Moda	25	95	56	,15	Desv.	1,276	,945	,844	,41815	Desviación					Mínimo	23	91	56	,15	Máximo	28	95	58	2,07	<p style="text-align: center;">Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p> <p style="text-align: center;">HORA Y FECHA</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	31	31	31	31																																																
Perdidos	10	10	10	10																																																
Media	24,81	94,68	56,61	,5255																																																
Mediana	25,00	95,00	56,00	,3900																																																
Moda	25	95	56	,15																																																
Desv.	1,276	,945	,844	,41815																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	56	,15																																																
Máximo	28	95	58	2,07																																																
2	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>33</td> <td>33</td> <td>33</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,33</td> <td>94,52</td> <td>52,27</td> <td>,8233</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>26,00</td> <td>95,00</td> <td>52,00</td> <td>,8400</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>26</td> <td>95</td> <td>52</td> <td>,79^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,315</td> <td>,870</td> <td>,574</td> <td>,41705</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>51</td> <td>,17</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>53</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	33	33	33	33	Perdidos	8	8	8	8	Media	25,33	94,52	52,27	,8233	Mediana	26,00	95,00	52,00	,8400	Moda	26	95	52	,79 ^a	Desv.	1,315	,870	,574	,41705	Desviación					Mínimo	23	91	51	,17	Máximo	28	95	53	1,98	<p style="text-align: center;">Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p> <p style="text-align: center;">HORA Y FECHA</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	33	33	33	33																																																
Perdidos	8	8	8	8																																																
Media	25,33	94,52	52,27	,8233																																																
Mediana	26,00	95,00	52,00	,8400																																																
Moda	26	95	52	,79 ^a																																																
Desv.	1,315	,870	,574	,41705																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	51	,17																																																
Máximo	28	95	53	1,98																																																
3	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,46</td> <td>93,77</td> <td>63,49</td> <td>,9706</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>26,00</td> <td>94,00</td> <td>64,00</td> <td>,9800</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>26</td> <td>93^a</td> <td>63</td> <td>,32^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>,980</td> <td>1,308</td> <td>1,821</td> <td>,49784</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>90</td> <td>55</td> <td>,20</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>27</td> <td>95</td> <td>65</td> <td>1,87</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	35	35	35	35	Perdidos	6	6	6	6	Media	25,46	93,77	63,49	,9706	Mediana	26,00	94,00	64,00	,9800	Moda	26	93 ^a	63	,32 ^a	Desv.	,980	1,308	1,821	,49784	Desviación					Mínimo	23	90	55	,20	Máximo	27	95	65	1,87	<p style="text-align: center;">Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p> <p style="text-align: center;">HORA Y FECHA</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	35	35	35	35																																																
Perdidos	6	6	6	6																																																
Media	25,46	93,77	63,49	,9706																																																
Mediana	26,00	94,00	64,00	,9800																																																
Moda	26	93 ^a	63	,32 ^a																																																
Desv.	,980	1,308	1,821	,49784																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	90	55	,20																																																
Máximo	27	95	65	1,87																																																
4	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>33</td> <td>33</td> <td>33</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,15</td> <td>94,45</td> <td>60,58</td> <td>,8042</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>60,00</td> <td>,7400</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>26</td> <td>95</td> <td>59^a</td> <td>,75</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,034</td> <td>,869</td> <td>1,393</td> <td>,40709</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>93</td> <td>59</td> <td>,26</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>27</td> <td>95</td> <td>63</td> <td>1,70</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	33	33	33	33	Perdidos	8	8	8	8	Media	25,15	94,45	60,58	,8042	Mediana	25,00	95,00	60,00	,7400	Moda	26	95	59 ^a	,75	Desv.	1,034	,869	1,393	,40709	Desviación					Mínimo	24	93	59	,26	Máximo	27	95	63	1,70	<p style="text-align: center;">Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p> <p style="text-align: center;">HORA Y FECHA</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																
N Válido	33	33	33	33																																																
Perdidos	8	8	8	8																																																
Media	25,15	94,45	60,58	,8042																																																
Mediana	25,00	95,00	60,00	,7400																																																
Moda	26	95	59 ^a	,75																																																
Desv.	1,034	,869	1,393	,40709																																																
Desviación																																																				
Mínimo	24	93	59	,26																																																
Máximo	27	95	63	1,70																																																

5	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>32</td> <td>32</td> <td>32</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,44</td> <td>93,91</td> <td>57,13</td> <td>1,0888</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,50</td> <td>95,00</td> <td>56,00</td> <td>,9600</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>24</td> <td>95</td> <td>56</td> <td>,21^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,435</td> <td>1,279</td> <td>1,476</td> <td>,57858</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>92</td> <td>56</td> <td>,21</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>59</td> <td>2,10</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	32	32	32	32	Perdidos	9	9	9	9	Media	25,44	93,91	57,13	1,0888	Mediana	25,50	95,00	56,00	,9600	Moda	24	95	56	,21 ^a	Desv.	1,435	1,279	1,476	,57858	Desviación					Mínimo	23	92	56	,21	Máximo	28	95	59	2,10	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	32	32	32	32																																																
Perdidos	9	9	9	9																																																
Media	25,44	93,91	57,13	1,0888																																																
Mediana	25,50	95,00	56,00	,9600																																																
Moda	24	95	56	,21 ^a																																																
Desv.	1,435	1,279	1,476	,57858																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	92	56	,21																																																
Máximo	28	95	59	2,10																																																
6	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS (%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>38</td> <td>38</td> <td>38</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,05</td> <td>93,66</td> <td>54,42</td> <td>1,0476</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>54,00</td> <td>,7900</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>54</td> <td>,65^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,012</td> <td>1,697</td> <td>,552</td> <td>,51432</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>90</td> <td>54</td> <td>,45</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>56</td> <td>2,01</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	38	38	38	38	Perdidos	3	3	3	3	Media	25,05	93,66	54,42	1,0476	Mediana	25,00	95,00	54,00	,7900	Moda	25	95	54	,65 ^a	Desv.	1,012	1,697	,552	,51432	Desviación					Mínimo	24	90	54	,45	Máximo	28	95	56	2,01	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS (%)	R UV (mW/cm2)																																																
N Válido	38	38	38	38																																																
Perdidos	3	3	3	3																																																
Media	25,05	93,66	54,42	1,0476																																																
Mediana	25,00	95,00	54,00	,7900																																																
Moda	25	95	54	,65 ^a																																																
Desv.	1,012	1,697	,552	,51432																																																
Desviación																																																				
Mínimo	24	90	54	,45																																																
Máximo	28	95	56	2,01																																																
7	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,46</td> <td>93,51</td> <td>61,14</td> <td>1,1589</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>93,00</td> <td>61,00</td> <td>1,2200</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>93</td> <td>60</td> <td>1,21^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,145</td> <td>,932</td> <td>3,343</td> <td>,43635</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>24</td> <td>92</td> <td>52</td> <td>,19</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>66</td> <td>1,95</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	37	37	37	37	Perdidos	4	4	4	4	Media	25,46	93,51	61,14	1,1589	Mediana	25,00	93,00	61,00	1,2200	Moda	25	93	60	1,21 ^a	Desv.	1,145	,932	3,343	,43635	Desviación					Mínimo	24	92	52	,19	Máximo	28	95	66	1,95	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																
N Válido	37	37	37	37																																																
Perdidos	4	4	4	4																																																
Media	25,46	93,51	61,14	1,1589																																																
Mediana	25,00	93,00	61,00	1,2200																																																
Moda	25	93	60	1,21 ^a																																																
Desv.	1,145	,932	3,343	,43635																																																
Desviación																																																				
Mínimo	24	92	52	,19																																																
Máximo	28	95	66	1,95																																																
8	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>24,70</td> <td>93,86</td> <td>57,24</td> <td>,8246</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>58,00</td> <td>,8500</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>94</td> <td>58</td> <td>,89</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>,812</td> <td>,822</td> <td>1,461</td> <td>,25269</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>92</td> <td>54</td> <td>,19</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>26</td> <td>95</td> <td>59</td> <td>1,35</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N Válido	37	37	37	37	Perdidos	4	4	4	4	Media	24,70	93,86	57,24	,8246	Mediana	25,00	94,00	58,00	,8500	Moda	25	94	58	,89	Desv.	,812	,822	1,461	,25269	Desviación					Mínimo	23	92	54	,19	Máximo	26	95	59	1,35	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
	T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																
N Válido	37	37	37	37																																																
Perdidos	4	4	4	4																																																
Media	24,70	93,86	57,24	,8246																																																
Mediana	25,00	94,00	58,00	,8500																																																
Moda	25	94	58	,89																																																
Desv.	,812	,822	1,461	,25269																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	92	54	,19																																																
Máximo	26	95	59	1,35																																																

9	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>34</td> <td>34</td> <td>34</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,21</td> <td>94,12</td> <td>57,74</td> <td>,8868</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>95,00</td> <td>55,50</td> <td>,8950</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>25</td> <td>95</td> <td>63</td> <td>,17^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td></td> <td>1,225</td> <td>,977</td> <td>5,637</td> <td>,56953</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>93</td> <td>51</td> <td>,16</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>27</td> <td>95</td> <td>66</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N	Válido	34	34	34	34		Perdidos	7	7	7	7	Media		25,21	94,12	57,74	,8868	Mediana		25,00	95,00	55,50	,8950	Moda		25	95	63	,17 ^a	Desv.		1,225	,977	5,637	,56953	Desviación						Mínimo		23	93	51	,16	Máximo		27	95	66	1,98	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																									
N	Válido	34	34	34	34																																																									
	Perdidos	7	7	7	7																																																									
Media		25,21	94,12	57,74	,8868																																																									
Mediana		25,00	95,00	55,50	,8950																																																									
Moda		25	95	63	,17 ^a																																																									
Desv.		1,225	,977	5,637	,56953																																																									
Desviación																																																														
Mínimo		23	93	51	,16																																																									
Máximo		27	95	66	1,98																																																									
10	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,49</td> <td>93,46</td> <td>58,89</td> <td>1,0740</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>26,00</td> <td>93,00</td> <td>59,00</td> <td>1,0100</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>24</td> <td>93</td> <td>57</td> <td>1,87</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td></td> <td>1,401</td> <td>1,268</td> <td>1,967</td> <td>,55843</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>24</td> <td>91</td> <td>57</td> <td>,18</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>62</td> <td>1,98</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	35	35	35	35		Perdidos	6	6	6	6	Media		25,49	93,46	58,89	1,0740	Mediana		26,00	93,00	59,00	1,0100	Moda		24	93	57	1,87	Desv.		1,401	1,268	1,967	,55843	Desviación						Mínimo		24	91	57	,18	Máximo		28	95	62	1,98	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																									
N	Válido	35	35	35	35																																																									
	Perdidos	6	6	6	6																																																									
Media		25,49	93,46	58,89	1,0740																																																									
Mediana		26,00	93,00	59,00	1,0100																																																									
Moda		24	93	57	1,87																																																									
Desv.		1,401	1,268	1,967	,55843																																																									
Desviación																																																														
Mínimo		24	91	57	,18																																																									
Máximo		28	95	62	1,98																																																									
11	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T(°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>RUV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,31</td> <td>93,66</td> <td>54,46</td> <td>1,2749</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>93,00</td> <td>54,00</td> <td>1,1500</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>24</td> <td>93</td> <td>54</td> <td>,98</td> </tr> <tr> <td>Desv. Desviación</td> <td></td> <td>1,301</td> <td>1,110</td> <td>,657</td> <td>,45711</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>24</td> <td>91</td> <td>54</td> <td>,50</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>56</td> <td>2,23</td> </tr> </tbody> </table>			T(°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)	N	Válido	35	35	35	35		Perdidos	6	6	6	6	Media		25,31	93,66	54,46	1,2749	Mediana		25,00	93,00	54,00	1,1500	Moda		24	93	54	,98	Desv. Desviación		1,301	1,110	,657	,45711	Mínimo		24	91	54	,50	Máximo		28	95	56	2,23	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>						
		T(°C)	HR (%)	HS(%)	RUV (mW/cm2)																																																									
N	Válido	35	35	35	35																																																									
	Perdidos	6	6	6	6																																																									
Media		25,31	93,66	54,46	1,2749																																																									
Mediana		25,00	93,00	54,00	1,1500																																																									
Moda		24	93	54	,98																																																									
Desv. Desviación		1,301	1,110	,657	,45711																																																									
Mínimo		24	91	54	,50																																																									
Máximo		28	95	56	2,23																																																									
12	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>T (°C)</th> <th>HR(%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>Válido</td> <td>36</td> <td>36</td> <td>36</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Perdidos</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td></td> <td>25,47</td> <td>93,78</td> <td>53,22</td> <td>1,1389</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td></td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>53,00</td> <td>,9700</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td></td> <td>24^a</td> <td>95</td> <td>53</td> <td>1,94</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td></td> <td>1,298</td> <td>1,267</td> <td>,422</td> <td>,58767</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td></td> <td>23</td> <td>92</td> <td>53</td> <td>,16</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td></td> <td>28</td> <td>95</td> <td>54</td> <td>2,03</td> </tr> </tbody> </table>			T (°C)	HR(%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N	Válido	36	36	36	36		Perdidos	5	5	5	5	Media		25,47	93,78	53,22	1,1389	Mediana		25,00	94,00	53,00	,9700	Moda		24 ^a	95	53	1,94	Desv.		1,298	1,267	,422	,58767	Desviación						Mínimo		23	92	53	,16	Máximo		28	95	54	2,03	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR(%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																																									
N	Válido	36	36	36	36																																																									
	Perdidos	5	5	5	5																																																									
Media		25,47	93,78	53,22	1,1389																																																									
Mediana		25,00	94,00	53,00	,9700																																																									
Moda		24 ^a	95	53	1,94																																																									
Desv.		1,298	1,267	,422	,58767																																																									
Desviación																																																														
Mínimo		23	92	53	,16																																																									
Máximo		28	95	54	2,03																																																									

13	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,32</td> <td>93,35</td> <td>59,62</td> <td>1,0416</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>64,00</td> <td>,9500</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>94</td> <td>64</td> <td>,26^a</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,270</td> <td>1,567</td> <td>5,941</td> <td>,46389</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>51</td> <td>,20</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>28</td> <td>95</td> <td>66</td> <td>1,80</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	37	37	37	37	Perdidos	4	4	4	4	Media	25,32	93,35	59,62	1,0416	Mediana	25,00	94,00	64,00	,9500	Moda	25	94	64	,26 ^a	Desv.	1,270	1,567	5,941	,46389	Desviación					Mínimo	23	91	51	,20	Máximo	28	95	66	1,80	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																															
N Válido	37	37	37	37																																																
Perdidos	4	4	4	4																																																
Media	25,32	93,35	59,62	1,0416																																																
Mediana	25,00	94,00	64,00	,9500																																																
Moda	25	94	64	,26 ^a																																																
Desv.	1,270	1,567	5,941	,46389																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	51	,20																																																
Máximo	28	95	66	1,80																																																
14	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>24,17</td> <td>93,57</td> <td>62,49</td> <td>,9003</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>24,00</td> <td>94,00</td> <td>62,00</td> <td>,8400</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>24</td> <td>94</td> <td>62</td> <td>,73</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,043</td> <td>1,420</td> <td>,702</td> <td>,34522</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>62</td> <td>,41</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>26</td> <td>95</td> <td>64</td> <td>1,69</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	35	35	35	35	Perdidos	6	6	6	6	Media	24,17	93,57	62,49	,9003	Mediana	24,00	94,00	62,00	,8400	Moda	24	94	62	,73	Desv.	1,043	1,420	,702	,34522	Desviación					Mínimo	23	91	62	,41	Máximo	26	95	64	1,69	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																															
N Válido	35	35	35	35																																																
Perdidos	6	6	6	6																																																
Media	24,17	93,57	62,49	,9003																																																
Mediana	24,00	94,00	62,00	,8400																																																
Moda	24	94	62	,73																																																
Desv.	1,043	1,420	,702	,34522																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	62	,41																																																
Máximo	26	95	64	1,69																																																
15	<p style="text-align: center;">Estadísticos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T (°C)</th> <th>HR (%)</th> <th>HS(%)</th> <th>R UV (mW/cm2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N Válido</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Perdidos</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>25,17</td> <td>93,71</td> <td>58,97</td> <td>1,0363</td> </tr> <tr> <td>Mediana</td> <td>25,00</td> <td>94,00</td> <td>58,00</td> <td>,8500</td> </tr> <tr> <td>Moda</td> <td>25</td> <td>95</td> <td>58</td> <td>,82</td> </tr> <tr> <td>Desv.</td> <td>1,098</td> <td>1,226</td> <td>1,902</td> <td>,45127</td> </tr> <tr> <td>Desviación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>23</td> <td>91</td> <td>57</td> <td>,37</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>27</td> <td>95</td> <td>62</td> <td>1,94</td> </tr> </tbody> </table>		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)	N Válido	35	35	35	35	Perdidos	6	6	6	6	Media	25,17	93,71	58,97	1,0363	Mediana	25,00	94,00	58,00	,8500	Moda	25	95	58	,82	Desv.	1,098	1,226	1,902	,45127	Desviación					Mínimo	23	91	57	,37	Máximo	27	95	62	1,94	<p>Lineas múltiples Media de TEMPERATURA(°C), Media de HUMEDAD RELATIVA (%), Media de HUMEDAD SUELO(%), Media de RADIACIÓN UV(mW/cm2) por HORA Y FECHA por INDEX</p>
		T (°C)	HR (%)	HS(%)	R UV (mW/cm2)																																															
N Válido	35	35	35	35																																																
Perdidos	6	6	6	6																																																
Media	25,17	93,71	58,97	1,0363																																																
Mediana	25,00	94,00	58,00	,8500																																																
Moda	25	95	58	,82																																																
Desv.	1,098	1,226	1,902	,45127																																																
Desviación																																																				
Mínimo	23	91	57	,37																																																
Máximo	27	95	62	1,94																																																

SX1276/77/78/79 - Transmisor Receptor Bajo consumo y largo alcance 137 MHz a 1020 MHz



DESCRIPCION GENERAL	CARACTERISTICAS IMPORTANTES
<p>El chip SX1276/77/78/79 transmisor receptor incorpora el módem de larga distancia LoRa (MR) que proporciona comunicaciones de muy larga distancia, espectro ensanchado y muy alta inmunidad a la interferencia, consumiendo un mínimo de corriente.</p> <p>Usando la técnica de modulación LoRa (TM) patentada por semtech, el chip SX1276/77/78/79 puede alcanzar una sensibilidad de hasta -148dBm usando un cristal y algunos otros componentes de muy bajo costo. La alta sensibilidad, combinada con el amplificador de potencia integrado de +20 dBm proporciona un enlace de última tecnología adecuado para muchas aplicaciones que requieren un rango de robustez alto. LoRa (MR) también proporciona ventajas significativas en bloqueo a las interferencias y selectividad con respecto a técnicas de modulación convencionales, resolviendo el problema tradicional de compromiso entre distancia, inmunidad a la interferencia y consumo de energía.</p> <p>Estos dispositivos también incorporan otras modulaciones de alto desempeño como GFSK para sistemas que utilizan WMBus, IEEE802.15.4g. El chip SX1276/77/78/79 posee características excepcionales en cuanto a ruido de fase, selectividad, linealidad del receptor y punto de interceptación de tercer orden (IIP3) para un consumo de corriente significativamente más bajo que otros dispositivos de la competencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Módem LoRa (MR) Presupuesto de potencia de enlace máximo 166 dB +20 dBm - 100 mW de salida constante de RF vs. fuente de alimentación Amplificador de potencia de +14 dBm de alta eficiencia Velocidad de transmisión programable hasta 300 kbps Alta sensibilidad hasta -148 dBm Etapas de salida robustas: IIP3 = -11 dBm Excelente inmunidad al bloqueo por otras señales Baja corriente en modo recepción 3.9 mA, 200 nA para atención de registros. Sintetizador completamente integrado con resolución de 61 Hz modulaciones FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa(MR) y OOK. Incorpora sincronizador de bit para reconstrucción de señal de reloj. Detección de prebucleo 127 dB de rango dinámico de indicador de fuerza recibida (RSSI) Detección automática de RF y uso de canal (CAD) con control de frecuencia ultra-rápida Manejador de paquetes de hasta 256 bytes con control de errores mediante CRC Sensor de temperatura e indicador de batería baja incorporados.
APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Lectura automática de medidores de agua, gas y electricidad. Automatización de hogares y edificios Sistemas de seguridad y alarmas inalámbricas Control y máquinas industrial Sistemas de irrigación de gran distancia

! Este documento es un extracto, adaptación y traducción no oficial del original en Ingles! para mayor información consulte la página oficial del fabricante www.semtech.com

Anexo 11. Porcentaje Urkund



Document Information

Analyzed document	Tesis_Final_Richard_Chasiluisa_2020_URKUND.pdf (D82824718)
Submitted	10/26/2020 9:50:00 PM
Submitted by	Ingenieria
Submitter email	ingenieria_urkund@unach.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	ingenieria_urkund.GDC@analysis.urkund.com

Sources included in the report

	URL: https://docplayer.es/124719369-Prototipo-de-solucion-iot-con-tecnologia-lora-en-mo ... Fetched: 1/16/2020 10:39:20 PM	 2
---	---	---
