

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE UNA
RED INALÁMBRICA UTILIZANDO XBEE, ARDUINO Y APLICACIÓN DE
MONITOREO MAJES – AREQUIPA**

Tesis presentada por la Bachiller:

Málaga Pinto, Hans Grober

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Electrónico

Especialidad Telecomunicaciones

Asesor:

Ing. Quispe Yauyo, Juan Medardo

Arequipa- Perú

2021

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA ELECTRONICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 13 de Mayo del 2021

Dictamen: 002386-C-EPIE-2021

Visto el borrador del expediente 002386, presentado por:

2009222471 - MALAGA PINTO HANS GROBER

Titulado:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE UNA RED INALÁMBRICA
UTILIZANDO XBEE, ARDUINO Y APLICACIÓN DE MONITOREO MAJES ? AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1531 - RIVERA CHAVEZ VICTOR HUGO
DICTAMINADOR**



**1691 - QUISPE YAUYO JUAN MEDARDO
DICTAMINADOR**



**1886 - COPA PINEDA JUAN CARLOS
DICTAMINADOR**



Dedicatorias

Gracias a las personas que son importantes en mi vida, que día a día fueron mi apoyo y sustento para que hoy este gran sueño se hiciera realidad, nada de esto hubiera sido posible sin ustedes y, sobre todo, el grana mor y empuje que necesite en los momentos difíciles, ahora es momento de retribuir todo su esfuerzo para conmigo.

Esta tesis se la dedico a mis amados padres que siempre apostaron por mí, a mi hermana que fue mi compañera, a mis abuelos que me dieron todo el amor del mundo y en especial a mi enamorada Karla que llego a mi vida hace 4 años cuando este proyecto comenzó, fue un gran apoyo y empuje que siempre creyó en mí.

Agradezco a Dios a mis padres, a ellos va mi agradecimiento por su apoyo incondicional y perseverancia en cada momento de mi vida académica y profesional y de siempre un agradecimiento especial a mi asesor Ing. Juan Medardo Quispe Yauyo por su asesoría ya que ha sido fundamental en logro de la tesis.

Agradecimiento

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A la UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA por darme la oportunidad de estudiar y prepararme para ser un profesional. A mi asesor de tesis, Ing. Juan Medardo Quispe Yauyo por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. agradecer a mis padres que fueron mis primeros maestros por guiarme en muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud, por sus consejos, que ayudaron a formarme como persona y profesional. Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones para ellos Muchas gracias y que Dios los bendiga.

RESUMEN

Los sistemas de riego actuales son realizados mediante canales de regadío y mediante el consumo de horas hombre de los capataces o peones agricultores, haciendo que este sistema tradicional no sea eficiente debido a que consume recursos humanos y agua en exceso o deficiente, pudiendo traer como resultado que la producción de frutos insatisfechos por el cliente final. Para lo cual, al evaluar las deficiencias de este sistema, surge la necesidad de desarrollar un sistema de riego automatizado que podría ahorrar muchos altercados con este tema y mantener un nivel de humedad adecuado en una determinada plantación para lo cual es importante saber cómo regar de manera eficiente sin desperdiciar agua ni ahogar a las plantas, así permitir ahorrar costos de agua y recurso humano. Para desarrollar estas plantas debemos tener espacios con la humedad adecuada para que las plantas crezcan y se desarrollen de la mejor manera requiere mucha agua y dependiendo de la zona, es posible que haya restricciones de agua o simplemente flujos muy bajos durante gran parte del año. Todo esto sería posible gracias al desarrollo actual de las aplicaciones para móviles, RF, microcontroladores, sensores y actuadores que se pueden crear plataformas de gestión del riego a través de una red de control todos debidamente comunicados para visualizarlos y programarlos de forma remota a través de internet mediante PC y aplicaciones en las plataformas Android e IOS para móviles y tabletas.

Palabras claves:

Sistema de riego, Red inalámbrica, Xbee, Arduino, aplicación de monitoreo

ABSTRACT

The current irrigation systems are carried out through irrigation channels and through the consumption of man hours of the foremen or farm laborers, making this traditional system inefficient because it consumes human resources and water in excess or deficient, and can result in that the production of unsatisfied fruits by the end customer. For which, when evaluating the deficiencies of this system, the need arises to develop an automated irrigation system that could save many altercations with this issue and maintain an adequate level of humidity in a given plantation for which it is important to know how to irrigate Efficient without wasting water or drowning plants, thus saving water and human resource costs. To develop these plants, we must have spaces with adequate humidity so that the plants grow and develop in the best way requires a lot of water and depending on the area, it is possible that there are water restrictions or simply very low flows during much of the year. All this would be possible thanks to the current development of mobile applications, RF, microcontrollers, sensors and actuators that can create irrigation management platforms through a control network all duly communicated to view and program them remotely through Internet via PC and applications on Android and IOS platforms for mobile phones and tablets.

Keywords:

Irrigation system, Wireless network, Xbee, Arduino, monitoring application.

INTRODUCCIÓN

En la región Arequipa una de las principales actividades económicas es la agricultura la cual en su mayoría se realiza de forma artesanal, esto no siempre garantiza una buena cosecha, depende de muchos factores que actualmente se pueden controlar, lo cual permite un mejor desarrollo del cultivo ahorrando tiempo, agua y disminuyendo riesgos.

Es por esto que la tecnología pasa a ser un gran aliado en dicha actividad, ofreciendo grandes resultados y sobre todo al no ser invasivo es amigable con el medio ambiente.

Una de las herramientas que se plantea es el uso de sensores que midan la humedad y la temperatura de la tierra. Optimizando la productividad, así como también el tiempo, calidad y ganancia.

Otra de las herramientas que se plantea es la comunicación entre el agricultor y la maquina (Arduino), es de una interfaz rápida e eficiente para la comprensión del usuario, la utilización del Arduino es básicamente para el procesamiento de datos, el Xbee es el módulo de envío y recepción, el cual podemos configurar para que cumpla con la tarea asignada.

La comunicación entre estos módulos de radiofrecuencia (Xbee), depende del punto de vista que tenga y la distancia entre ellos, dado que si los tenemos a mayor distancia la ganancia de recepción se puede ver afectada.

Utilizando estos módulos de Arduino y Xbee los cuales son poco invasivos podemos mejorar la actividad agrícola, teniendo así un historial de los distintos factores que pueden afectar a la plantación y los cuales podemos mejorar con los datos almacenados en el Módulo Arduino.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN5

ABSTRACT6

INTRODUCCIÓN..... 7

CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO..... 14

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.1. Identificación Del Problema 15

1.2. Descripción Del Problema 15

1.3. Objetivos 16

1.3.1. Objetivo General..... 16

1.3.2. Objetivos Específicos 16

1.4. Hipótesis De La Investigación..... 16

1.4.1. Hipótesis General..... 16

1.4.2. Hipótesis Específicas..... 17

1.5. Justificación De La Investigación 17

1.6. Alcances De La Investigación 18

CAPITULO II MARCO TEORICO 19

2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 20

2.1. Bases Teóricas..... 21

2.1.1 Espectro Electromagnético 21

2.1.2. Red De Sensores Inalámbricos..... 22

2.1.3. ¿Qué Es Zigbee? 22

2.1.4. Espectro y Frecuencias de Zigbee 22

2.1.5. Tipos de Modulación de Zigbee 23

2.1.5.1. Modulación OQPSK..... 23

2.1.5.2. Modulación BPSK..... 23

2.1.6. Características Técnicas De Los Zigbee	24
2.1.6.1. Protocolo de Comunicación	24
2.1.6.2. Topología de Red Zigbee.....	24
2.1.7. Introducción de Arduino	25
2.1.7.1. ¿Qué es Arduino?.....	25
2.1.7.2. ¿Por Qué Arduino?.....	25
2.1.7.3. Hardware	26
2.1.8. Comunicación.....	26
2.1.9. Diseño de Pantalla en Telemetry Viewer.....	26
2.1.10 Terreno De Aplicación	28
2.1.11. Humedad de diferentes plantaciones en Majes.....	28
2.1.12. Lenguaje de Operación	29
2.1.12.1. Funciones.....	30
2.1.13. Energía Renovable (Panel Fotovoltaico)	30
2.1.14. Tipos de Energías Renovables.....	31
2.1.14.1. Energía Fotovoltaica.....	31
2.1.14.2. Panel Fotovoltaico	31
2.1.14.3. Tipos De Paneles Fotovoltaicos	32
2.2. Rele y Electrovalvula	32
2.2.1. Válvula eléctrica	32
2.2.2. ¿Qué es un Rele?.....	33
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3. METODOLOGIA.....	36
3.1. Técnicas e instrumentos.....	36
3.1.1. Técnicas	36
3.1.2. Instrumentos	37
3.2. Campo de verificación	37
3.2.1. Ubicación Espacial	38
3.2.2. Ubicación Temporal.....	38
3.2.3. Unidades de Estudio.....	38
3.3. Estrategia	38

CAPITULO IV DISEÑO E INGENIERÍA DEL PROYECTO	40
4. DISEÑO, INGENIERIA Y PROGRAMACIÓN DE XBEE Y ARDUINO	41
4.1. Programación de Xbee Coordinador	41
4.2. Configuración de Router Medición (Humedad y Temperatura)	42
4.3. Configuración de Router De Electroválvulas	43
4.4. Programación de Arduino	43
4.5. Diagramas de Bloques General de Tesis	44
4.5.1. Diagramas de Bloques General (de Imágenes).....	44
4.5.2. Diagramas de Bloques General (Conceptual)	45
4.6. Diagramas y Programa de Modulo Coordinador.....	46
4.6.1. Diagrama de Bloques de Modulo Coordinador	46
4.6.2. Diagrama de Flujo de Modulo Coordinador.....	46
4.6.3. Programa de Modulo Coordinador	48
4.6.4. Explicación Breve de la Programación del Coordinador	50
4.7. Diagramas y Programa de Router de Electroválvulas	50
4.7.1. Diagrama de Bloques de Router de Electroválvulas	50
4.7.2. Diagrama de Flujo de Router de Electroválvulas	51
4.7.3. Programa de Router de Electroválvulas	53
4.7.4. Explicación Breve de la Programación del Router Electroválvulas	54
4.8. Diagramas y Programa de Modulo Router Medicion	54
4.8.1. Diagrama de Bloques de Modulo Router Medicion	54
4.8.2. Diagrama de Flujo de Modulo Router Medición	54
4.8.3. Programa de Modulo Router Medición	56
4.8.4. Explicación Breve de la Programación del Router Medición.	56
4.9. Pruebas realizadas.....	57
4.9.1. Implementación.....	57
4.9.2. Ubicación de Módulos	60
4.9.3. Pruebas realizadas con LCD	65
4.9.4. Pruebas con Coordinado y Pantalla	65
4.9.5. Visualizacion de Datos por Ubidots	67
4.9.6. Visualizacion de Datos por Ubidots Celular	73
4.10. Cálculos de la Propagación y Potencia.....	76
4.10.1. Calculo de reles, electroválvula y Potencia	81
4.11. Alimentacion de Emergencia.	82

4.11.1. Restablecimiento del sistema ante la falla de Alimentacion	84
CAPITULO V FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	85
5. PRESUPUESTO DE PROYECTO DE TESIS	86
5.1. Antecedentes de la Investigación	86
5.2. Presupuesto general del Proyecto para ser implementado.	86
5.3. Detalle de las partes del presupuesto.	88
5.3.1. Detalle de Mano de Obra.....	89
5.3.2. Detalle de Equipo de Protección de Seguridad.....	89
5.3.3. Detalle de Equipos y Herramientas.	89
5.3.4. Detalle de Materiales E Insumos.	89
5.3.5. Detalle de Transporte.....	90
5.3.6. Detalle de Utilidad.....	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1 Diseño de Pantalla en Telemetry Viewer.....	27
Figure 2 Electrovalvula.	33
Figure 3 Rele.	34
Figure 4 Programación de Xbee Coordinador.....	41
Figure 5 Configuración de Router Medición (Humedad y Temperatura).....	42
Figure 6 Configuración de Router De Electroválvulas	43
Figure 7 Diagrama de Bloques de proyecto de Tesis	44
Figure 8 Diagrama de Bloques Conceptual.....	45
Figure 9 Diagrama de Bloques de Modulo Coordinador	46
Figure 10 Diagrama de Flujo de Modulo Coordinador	47
Figure 11 Diagrama de Bloques de Router de Electroválvulas.....	51
Figure 12 Diagrama de Flujo de Router de Electroválvulas	52
Figure 13 Diagrama de Bloques de Modulo Router Medición	54
Figure 14 Diagrama de Flujo de Modulo Router Medición	55
Figure 15 Módulo de Arduino como Coordinador.....	57
Figure 16 Módulo de Arduino como Router	58
Figure 17 Módulo de Arduino como Actuador	58
Figure 18 Modulo instalados en sus puntos.	59
Figure 19 Visualización de Módulos por TelemetryViewer_v0.4.	59
Figure 20 Ubico del módulo de Coordinador.....	60
Figure 21 Ubicación del módulo de Router.....	61
Figure 22 Ubicación del módulo de Actuador.....	61
Figure 23 Visualización de Telemetry Viewer.....	62
Figure 24 Modulo Actuador Activando Electrovalvula.	64
Figure 25 Modulo Coordinador con LCD.	66
Figure 26 Modulo Coordinador con LCD.	66
Figure 27 Módulo I2C-LCD.....	67
Figure 28 Pagina Ubidots, Token.	68
Figure 29 Pagina Ubidots, Devices.	69
Figure 30 Pagina Ubidots, Variables.....	70
Figure 31 Pagina Ubidots, Variable Temperatura.	71

Figure 32 Pagina Ubidots, Etiqueta de variables.....	72
Figure 33 Pagina Ubidots, Dashboard de variables.....	73
Figure 34 Icono de Ubidots.	74
Figure 35 Dashboard de Ubidots por Aplicación.	75
Figure 36 Dashboard de Ubidots por Navegador de Celular.	76
Figure 37 Modelo de Friis.	77
Figure 38 Módulo de protección de conmutación automática para UPS emergencia.....	82
Figure 39 Módulo de Router y By-Pass.	83
Figure 40 Módulo Actuador y By-Pass.	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Humedad en las diferentes plantaciones en Majes.....	29
Tabla 2 Valores recomendados de RSSI.....	78
Tabla 3 Tabla de Valores de RSSI.....	79
Tabla 4 Tabla de Presupuestos.....	88

ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 Grafica de Temperatura de prueba realizada.....	63
Grafica 2 Grafica de Humedad de prueba realizada.....	63
Grafica 3 Distancia vs Perdidas de propagación.....	80
Grafica 4 Distancia vs Nivel de recepción de la señal de dB.....	80



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación Del Problema

La agricultura en el sur del país especialmente en la región Arequipa es una de las actividades más importantes y cual tiene varios problemas al momento de la plantación ya que si las condiciones climáticas, condiciones del terreno no son las apropiadas el cultivo podría ser de calidad mala o en caso contrario sería de una condición muy óptima.

1.2. Descripción Del Problema

En la actualidad la agricultura es una de las actividades más importantes para el país y sobre todo para la región sur, Arequipa es considerada una de las regiones más importantes.

La agricultura en la región Arequipa presenta algunos problemas como la optimización de recursos hídricos, optimización en la producción de cultivos, así como la determinación de cuanta debería ser la humedad necesaria, cuál debería ser la temperatura óptima para los diferentes cultivos y como consecuencia desarrollar un sistema de riego que permita mejorar la producción agrícola en la Región Sur.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de riego mediante una red inalámbrica utilizando Xbee, Arduino y aplicación de monitoreo en Majes, Arequipa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Considerar el tipo de suelo y el tipo de plantaciones de mayor auge en la zona Majes.
- Diseñar una opción de riego que sea automatizado el cual involucre los datos monitoreados.
- Ver el grado de riego que requiere y así poder realizar un riego óptimo y eficiente.
- Implementar una aplicación para sistema de riego mediante una red inalámbrica.

1.4. Hipótesis De La Investigación

1.4.1. Hipótesis General

Es probable que el Diseñar e implementación de un sistema de riego mediante una red inalámbrica utilizando Xbee, Arduino y aplicación de monitoreo Majes, Arequipa incida óptimamente en la región Arequipa.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- Según el estudio Agrologico del Ministerio de Agricultura, sobre el tipo de suelo de majes, este sistema funcionaria de manera óptima en las plantaciones que se realicen dicha zona.
- El riego que sea automatizado el cual involucre los datos monitoreados.
- El grado de riego que requiere y así poder realizar un riego óptimo y eficiente.
- La aplicación para sistema de riego mediante una red inalámbrica con diagramas de temperatura y humedad.

1.5. Justificación De La Investigación

La importancia del proyecto es poder ayudar al agricultor a obtener un producto de calidad, bueno y saludable, con este sistema que se plantea podremos saber y tener un registro en tiempo real, cuáles fueron las variables que afectaron al producto para llegar a ser de calidad o en su caso lo opuesto.

Por este medio podremos tener en cuenta para próximas cosechas que productos seria los adecuados poder cultivar en fechas venideras y prevenir cuales fueron los errores en caso el cultivo haya sido de mala calidad o mejorar en caso haya sido de una calidad óptima y poder mantenerlo de esa forma.

1.6. Alcances De La Investigación

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño e implementación de un sistema de riego mediante una red inalámbrica utilizando XBEE, ARDUINO y sensores los cuales dispondrán básicamente de los siguientes elementos Nodo Final, Nodo Coordinador para poder así recolectar los datos de los sensores de Humedad Y Temperatura.

Se utilizará Sensores de Humedad y Temperatura para obtener los datos respectivamente de cada uno de ellos, así como la adición de una pantalla para la visualización de los datos ya obtenidos.

La red Inalámbrica trabajará en una topología tipo estrella, pero también se podría trabajar en otros tipos de topologías como Malla, así también se trabajará a una frecuencia de 2.4Ghz que es el protocolo inalámbrico Zigbee.

Se trabajará con el programa libre de ARDUINO, así como el Hardware y también con el hardware de XBEE libre también.

Para poder alimentar nuestro proyecto se recurrió a la energía renovable que en este caso en la localidad de Majes abunda y es la energía Solar, usaremos paneles Fotovoltaicos teniendo cuidado con el medio ambiente.



CAPITULO II MARCO TEORICO

2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el artículo realizado por Calvillo, Bonilla, Nuñez (2017), dice que, para mantener la comunicación de los nodos en un nivel sin pérdidas de datos, la señal de recepción debe alcanzar valores que no decaigan más allá de los -70dBm.

En la medida que se incrementa la distancia, la señal recibida disminuye. Si se mejora el sistema de ganancia permitirá mejorar el margen de seguridad del radioenlace. presenta las máximas distancias que se pueden obtener mediante la ganancia conjunta de las antenas de transmisión y recepción. (pag.46).

Además Calvillo, Bonilla, Nuñez (2017) Las mediciones permitieron corroborar cómo el RSSI cambia a lo largo de la distancia, las lecturas de la potencia de recepción estuvieron dentro del margen dorado de la potencia de recepción hasta -50 dBm, sin embargo, los valores cercanos al margen dorado de la potencia de recepción inferior, hacían el enlace inestable y con pérdida de datos y por el contrario las lecturas cercanas a margen dorado de la potencia de recepción superior presentaban un enlace robusto. (pag.46).

En el artículo realizado por (Albarracín, Contero, 2017), se confirmó la factibilidad de la implementación de una red inalámbrica para su aplicación en el área ambiental. Se logró desarrollar un sistema de monitorización en tiempo real de parámetros determinantes de la calidad del agua, de acuerdo con la norma mexicana de aguas residuales NMX-AA-003-1980, haciendo de este un proceso más eficiente, confiable y seguro que el proceso que anteriormente se realizaba.

Albarracín, Contero (2017), añade que la utilización de una característica importante de Zigbee, como lo es la topología malla, permitió crear la red de monitorización planteada evitando fallas en la conexión a través del protocolo de enrutamiento AODV que emplea esta tecnología, la cual permite la auto-recuperación de la red.

En el artículo realizado por Herrera, Barrios, Pérez (2014), indica que a través de, la configuración de cable virtual del Xbee se pudo transmitir de punto a punto la información enviada por el generador de señales hacia el computador, sin embargo, se debe tener en cuenta que la señal recibida en LabView se observa un poco alterada debido al cambio de distancia del dispositivo de calor, el cual se alejaba y se acercaba al sensor. (pag.71).

Herrera, Barrios, Pérez (2014) confirma que los Xbee son dispositivos que pueden funcionar en red, en este caso se realizó transmisión punto a punto, pero es posible realizar redes de sensores en los procesos y medir variables físicas diferentes, también refiere que un sistema SCADA inalámbrico utilizando el Arduino permite desarrollar proyectos de instrumentación industrial a un bajo costo, sin disminuir la calidad. También se considera la utilización de la aplicación XCOS de Scilab en futuro proyecto para completar un sistema SCADA totalmente libre. (pag.71).

Adicionalmente Herrera, Barrios, Pérez (2014) La comunicación inalámbrica realizada con Xbee fue lograda con éxito, no hubo perturbaciones a excepción de un deterioro de la señal cuadrada observada en LabView, quizá esto se deba a una alta sensibilidad del software a los cambios de voltaje en rangos cortos de tiempo o alguna interferencia en la comunicación inalámbrica. (pag.71).

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Espectro Electromagnético

Se le llega a denominar espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

Según Luque Ordóñez (2017) una onda electromagnética es la propagación simultánea de los campos eléctrico y magnético producidos por una carga eléctrica en movimiento.

Las principales características de las ondas electromagnéticas son las siguientes:

- No necesitan un medio para propagarse: pueden propagarse en el vacío o en cualquier otro medio.
- Son tridimensionales: se propagan en las tres direcciones del espacio.

- Son transversales: la perturbación se produce perpendicularmente a la dirección de propagación. (Pag.17).

2.1.2. Red De Sensores Inalámbricos

Según Rapallini (2021) Las Redes de Sensores Inalámbricos (Wireless Sensor Networks-WSN) están formadas por dispositivos autónomos distribuidos espacialmente para monitorear condiciones físicas o ambientales, pudiendo incluir además de sensores, actuadores una puerta de enlace (gateway) que provee conectividad inalámbrica con otros nodos distribuidos a una red de datos y, por lo tanto, a Internet (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet - TCP/IP). (Pag.2).

2.1.3. ¿Qué Es Zigbee?

Según Dignani (2011) ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el armado de redes inalámbricas de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250Kbps. (Pag.2).

2.1.4. Espectro y Frecuencias de Zigbee

Según Sifuentes Jiménez (2018) Respecto al espectro Zigbee tenemos lo siguiente:

- Un canal entre 868MHz y 868.6MHz, Ch1 hasta Ch10.
- Diez canales entre 902.0MHz y 928.0MHz, Ch1 hasta Ch10.
- Dieciséis canales entre 2.4GHz y 2.4835GHz, Ch1 hasta Ch26.

El estándar ZigBee especifica una sensibilidad en el receptor de -85dBm en la banda de los 2.4GHz. Y una sensibilidad de -92 dBm en la banda 865/915MHz. (Pag.26).

2.1.5. Tipos de Modulación de Zigbee

Según Ortega Huembes (2008) refiere que Zigbee opera en dos bandas de frecuencia:

- 2.4 GHz con tasa máxima de transferencia de 250 Kbps, para este caso, modula en O-QPSK (Modulación con desplazamiento de fase en cuadratura con desplazamiento temporal).
- 868-928 MHz para tasa de datos entre 20 y 40 Kbps, para este otro, modula en BPSK (Modulación con desplazamiento de fase binaria).

2.1.5.1. Modulación OQPSK

Ortega Huembes (2008) refiere que la modulación OQPSK consiste en realizar una transición de fase en cada intervalo de señalización de bits, por portadora en cuadratura.

2.1.5.2. Modulación BPSK

Ortega Huembes (2008) refiere que en esta modulación se tiene como resultados posibles dos fases de salida para la portadora con una sola frecuencia. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de

entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase.

2.1.6. Características Técnicas De Los Zigbee

2.1.6.1. Protocolo de Comunicación

Sus características principales son:

- Su velocidad de transmisión es hasta 250 Kbps y su rango de cobertura de 10 a 75 metros.
- Su desempeño no se ve afectado por redes Wifi o Bluetooth, a pesar de que coexiste con estos en la misma frecuencia.
- Se ve favorecido por la cantidad de nodos que existan en una red porque de esta manera se garantiza la llegada de un paquete a su destino.

2.1.6.2. Topología de Red Zigbee

En Zigbee existen tres tipos de topologías:

- De estrella, donde el coordinador se sitúa en el centro.
- De árbol, donde el coordinador será la raíz del árbol.
- La más importante la red malla o Mesh Network, a través de este tipo de topología se logra la comunicación multi-salto que consiste en que un equipo pueda utilizar a otros como ruta para llegar a su destino, esto reviste de vital importancia entre equipos que no estén conectados directamente, de

esta manera se podrán hacer llegar datos de un punto a otro, bajo la condición de que el vecino se encuentre en el área de cobertura de quien está enviando los datos. Aquí el coordinador gestiona los caminos de donde se envía los datos.

2.1.7. Introducción de Arduino

La introducción de Arduino es una recopilación de varios artículos y de algunas experiencias ya vividas con este módulo y también de artículos de páginas web, así como también de PDF los cuales se tomó como referencia.

2.1.7.1. ¿Qué es Arduino?

Enríquez Herrador (2009) refiere que arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa.

2.1.7.2. ¿Por Qué Arduino?

Enríquez Herrador (2009) refiere que hay muchos otros microcontroladores y plataformas microcontroladoras disponibles para computación física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y muchas otras ofertas de funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de microcontrolador y la encierran en un paquete fácil de usar.

Arduino también Simplifica el proceso de trabajo con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas.

2.1.7.3. Hardware

En Arduino se tiene una variedad de versiones de placas, en Arduino la mayoría de estos utilizan el ATmega168 de Atmel, mientras que las placas más antiguas en Arduino son las Atmega8.

2.1.8. Comunicación

Enríquez Herrador (2009) refiere que arduino tiene un número de infraestructuras para comunicarse con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega168 provee comunicación serie UART TTL (5 V), la cual está disponible en los pines digitales 0 (Rx) y 1 (Tx). Un FTDI FT232RL en la placa canaliza esta comunicación serie al USB y los drivers FTDI (incluidos con el software Arduino) proporcionan un puerto de comunicación virtual al software del ordenador. El software Arduino incluye un monitor serie que permite a datos de texto simple ser enviados a y desde la placa Arduino.

2.1.9. Diseño de Pantalla en Telemetry Viewer

En el aplicativo de TELEMETRY VIEWER es donde podremos realizar el arte y el diseño donde podremos los datos de temperatura y Humedad, así como poder graficar

dichos parámetros, y la cual podremos instalarla en nuestra PC de manera rápida y sencilla ya que no tiene restricción alguna y es de libre acceso.

El programa que estamos escogiendo es dado que su uso es de manera sencilla y de forma intuitiva, ya que esta aplicación es para que todo se de manera más sencilla y rápida a la hora de ver los datos y poder llevar un registro.

Una vez se logre entablar la comunicación por WIFI de los Xbee, tendremos que hacer que en el programa a diferenciar los datos tanto de Temperatura como el de Humedad.

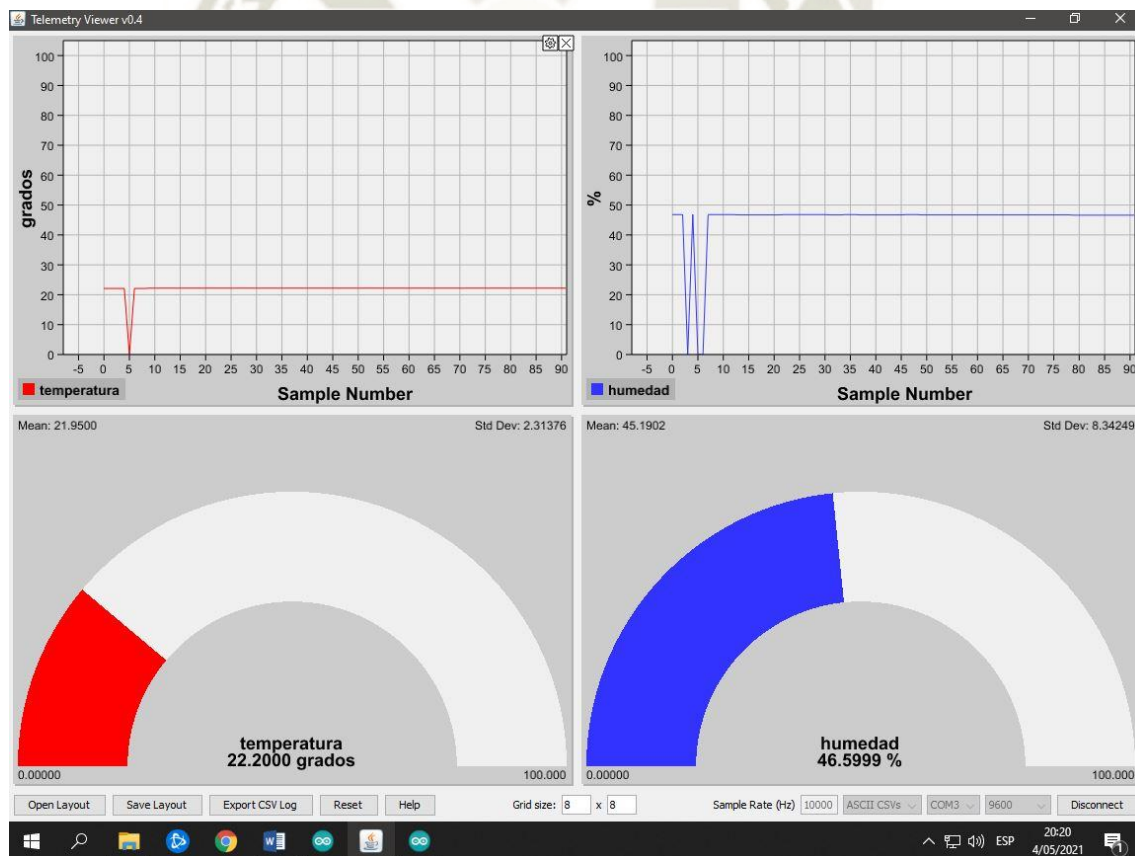


Figure 1 Diseño de Pantalla en Telemetry Viewer.

Fuente: Elaboración Propia (2020)

2.1.10. Terreno De Aplicación

Ministerio de Agricultura (1975) La calidad de los suelos encontrados en el valle son muy diversos, dependiendo fundamentalmente de su origen, los suelos aluviales compuestos de gravas y arenas son los más estables, mientras que los suelos coluviales-proluviales-deluviales son menos estables. (Pag.1).

Cáceres López (2017) Los suelos de las pampas de majes y siguas corresponden a los suelos desérticos en los que los paisajes están representados por regiones planas o ligeramente onduladas, bisecadas por torrenteras poco profundas, Su textura es arenosa a franco arenoso, con cantidades apreciables materiales gruesos (piedras, guijarros, gravas) en donde la materia orgánica, el nitrógeno orgánico y la vida microbiana están prácticamente ausentes, por los que los suelos no han evolucionado, a excepción de una lenta meteorización superficial.

Los suelos del área dedicada al desarrollo agropecuario, se ubican en el tablazo de majes-siguas y presentan extensas áreas planas interrumpidas por depresiones y elevaciones. Tienen una pendiente promedio de 2,3% de Norte a Sur y un micro relieve con ligeras ondulaciones en algunos sectores. (Pag.72).

2.1.11. Humedad de diferentes plantaciones en Majes.

En la región Majes se siembra los siguientes cultivos:

- Fresas
- Alfalfa

- Papas
- Maíz

Plantación	Humedad
Fresas	El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%
Alfalfa	El rango de humedad debe alcanzar un 60 %
Papas	El rango de humedad debe alcanzar un 60 y el 80 %
Maíz	El rango óptimo de humedad relativa 50 a 80%

Tabla 1 Humedad en las diferentes plantaciones en Majes

Fuente: Elaboración propia. (2020).

2.1.12. Lenguaje de Operación

Todos los programas de Arduino deben contener dos Funciones básicas de manera obligatoria las cuales son: Setup () y Loop ().

Según Fernandez Daroca (2012) la función Setup () se ejecuta cuando se inicia un boceto. Se emplea para iniciar variables, establecer el estado de las entradas y salidas, inicializar librerías, etc. Esta función se ejecuta una única vez después de que se conecte la placa Arduino a la fuente de alimentación, o cuando se pulse el botón de reinicio de la placa.

Después de ejecutar la función Setup (), la función Loop () se ejecuta de manera consecutiva e ininterrumpida. Cuando se llega al final de esta función, se vuelve a ejecutar desde el principio hasta que se vuelva a reiniciar la placa. En el interior de esta función es donde se pone el código para controlar de forma activa la placa Arduino.

2.1.12.1. Funciones

Fernandez Daroca (2012) refiere que se muestran muchas funciones ya implementadas en el entorno Arduino para simplificar la tarea de desarrollo para problemas comunes. Muchas de ellas están limitadas a ser usadas en pines concretos y pueden necesitar de argumentos que no se detallan en este apartado.

- E/S Digital
- E/S Avanzada
- Tiempo
- Cálculo
- Trigonometría
- Números aleatorios
- Bits y Bytes
- Interrupciones externas
- Interrupciones
 - Serial
 - Stream

2.1.13. Energía Renovable (Panel Fotovoltaico)

Según Osinergmin (2013) la energía renovable es aquella energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables o renovables son la alternativa más limpia para el medio ambiente, estas energías se pueden regenerar de forma natural o artificial cuyo impacto en el medio ambiente es prácticamente puro. Entre las energías

renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, la biomasa y los biocarburantes.

2.1.14. Tipos de Energías Renovables

Según Osinergmin (2013) las energías renovables tenemos varios tipos en el ecosistema del Perú como lo son:

- Energía hidráulica.
- Energía eólica.
- Energía solar.
- Energía geotérmica.
- Energía mareomotriz.
- Energía de la biomasa.

2.1.14.1. Energía Fotovoltaica

Según Ojeda (2021) es utilizada para producir energía eléctrica, permite transformar la radiación solar en energía a través de placas fotovoltaicas. Puede ser utilizada tanto en grandes instalaciones como en instalaciones de placas solares para autoconsumo

2.1.14.2. Panel Fotovoltaico

Según refiere Planas (2015) un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad.

Los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones domésticas o en aplicaciones comerciales.

2.1.14.3. Tipos De Paneles Fotovoltaicos

Planas (2015) refiere que existen tres tipos de paneles Fotovoltaicos los cuales describiremos en las siguientes líneas:

- Paneles solares monocristalinos de celdas de silicio
- Paneles fotovoltaicos poli cristalina de silicio
- Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

2.2. Relé y Electrovalvula

2.2.1. Válvula eléctrica

La Válvula solenoide 1/2" 12V DC permite controlar el flujo de agua en una tubería. Las válvulas solenoides son un tipo de electroválvula todo, nada o abierto, cerrado. Tienen dos partes: el solenoide y el cuerpo de plástico. El solenoide es un electroimán que al ser energizado se desplaza junto con el diafragma de la válvula y permite el paso del fluido. La válvula se mantiene abierta mientras el solenoide está energizado. Cuando no está alimentado un resorte se encarga de regresar la válvula a su posición de reposo, que en este caso es del tipo normalmente cerrada (NC) (Mechatronics 2017). Esta válvula está conectada con el relé, quien controla su funcionamiento, se observa en la Figura 36.

Especificaciones de Electrovalvula:

- Voltaje: 12 V DC
- Potencia nominal: 5 W
- Presión: 0.02Mpa > 1.5L/min, 0.10Mpa > 7L/min, 0.30Mpa > 12L/min, 0.80Mpa > 20L/min
- Modelo de funcionamiento: Normalmente cerrado
- Conexión: 1/2"
- Tipo de rosca: 1/2" en la entrada y en la salida
- Temperatura del fluido: 0-100grados Celsius
- Uso: agua y fluidos de baja viscosidad
- Numero de aperturas: mas de 1,000,000 veces
- Material: Plastico



Figure 2 Electrovalvula.

Fuente: Tomado de Mechatronics (2017)

2.2.2. ¿Qué es un Relé?

Según Llamas, (2016) Un relé es un dispositivo electromecánico que permite a un procesador como Arduino controlar cargas a un nivel tensión o intensidad muy superior a las que su electrónica puede soportar.

Por ejemplo, con una salida por relé podemos encender o apagar cargas de corriente alterna a 220V e intensidades de 10A, lo cual cubre la mayoría de dispositivos domésticos que conectamos en casa a la red eléctrica.

Físicamente un relé se comporta como un interruptor “convencional” pero que, en lugar de accionarse manualmente, es activado de forma electrónica. Los relés son aptos para accionar cargas tanto de corriente alterna como continua.

Un relé dispone de dos circuitos:

- El circuito primario se conecta con la electrónica de baja tensión, en nuestro caso Arduino, y recibe la señal de encendido y apagado.
- El circuito secundario es el interruptor encargado de encender o apagar la carga.

Especificaciones Rele:

- Voltaje de Operación bobina: 5V DC
- Corriente bobina: 75 mA
- Voltaje máximo de carga: 240V AC/ 30V DC
- Corriente máxima de carga: 10A
- Contactos: 1 NO, 1 NC
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms



Figure 3 Rele.

Fuente: Tomado de Mechatronics (2017)



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. METODOLOGIA

3.1. Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos que vamos a necesitar para poder desarrollar el proyecto de tesis, los describiremos en los siguientes apartados.

3.1.1. Técnicas

La técnica y programas que se utilizara para poder desarrollar este proyecto son los siguientes:

- Para poder programar los Xbee utilizaremos el programa “XCTU” el cual es libre y se puede descargar desde su página sin ninguna restricción.
- Para la programación de los arduinos utilizaremos el programa “Arduino” el cual también es libre de poder ser descargado.
- Usaremos también el siguiente programa “TelemetryViewer_v0.4” el cual es libre de toda restricción, así mismo habría que tener en cuenta que necesitamos tener instalado “Java” para poder ejecutarlo.
- La técnica que usaremos será la de ir probando como se va con la programación y a la par ir probando los equipos y comprobar si estamos por buen camino.
- Iremos probando cada parte del proyecto etapa por etapa, desde la creación de fuentes de alimentación con paneles solares, para aprovechar el sol en la zona de Majes.
- Iremos calculando la distancia de cuantos metros tendría que estar alejados y si necesitamos que estén los Xbee mirándose (Comunicación Punto – Punto).

- Así mismo se tendrá que realizar una red “Malla” pero de forma trunca, esto ya que Usaremos un Coordinador, y dos Router, ya que la Red Malla Completa consta de: Coordinador, Router, Dispositivo Final.

3.1.2. Instrumentos

Los instrumentos que utilizare para poder realizar nuestro proyecto de tesis serían los siguientes:

Componentes:

- 3 Arduino Uno
- 3 Xbee S2C
- 3 Xbee Shild PRO
- 1 Shild Ethernet
- Sensor de Humedad Y Temperatura DHT11
- Electrovalvula Solenoide de 12 VDC de ½”
- PC Laptop
- Multímetro
- Cables de Conexión
- Paneles Fotovoltaicos
- Tubo Conduit Flexible

3.2. Campo de verificación

El campo de verificación que utilizaremos será la región de majes donde Instalaremos los Sensores de Humedad y Temperatura, así como las Electroválvulas donde

podremos hacer las pruebas necesarias de que nuestro proyecto de tesis funciona de forma óptima.

3.2.1. Ubicación Espacial

Hace alusión a la ubicación del lugar a estudiar, en este caso se realizará en el distrito de Majes de la provincia de Caylloma, departamento de Arequipa.

3.2.2. Ubicación Temporal

El periodo de tiempo al que corresponde la investigación, corresponde al año 2018.

3.2.3. Unidades de Estudio

Se tomará en cuenta el sistema de riego tradicional (riego mediante canales de regadío y el riego por Aspersión) y se optimizará mediante un sistema de riego por goteo esto optimizará el consumo y ahorro de recursos económicos y personal.

3.3. Estrategia

Según pude apreciar en la actualidad los sistemas de riego de vegetación de agricultura son realizados mediante recursos humanos íntegramente, y debido a la sobrepoblación de la raza humana surge la necesidad de minimizar los costos, y hacer que la producción sea eficiente empleando los últimos avances tecnológicos, para lo cual se realizó el presente trabajo de investigación para crear un trabajo que permita utilizar un sistema de riego, minimizando el riesgo laboral de los capataces o peones expuestos a posibles enfermedades (alérgicas gripales, silicosis, etc.) durante la operatividad; por ello se logrará

incrementar la productividad y cuidar a nuestro personal aprovechando la tecnología en bien de nosotros eficazmente.

Para el desarrollo de la tesis, primeramente, se enfocó en recopilar la información necesaria (Equipos, componentes, etc.) cada uno de ellos con su respectivo datasheet con el fin de documentar el presente proyecto y elegir el mejor que se adapte a la aplicación consto-beneficio para que finalmente se pueda simular. El tener que simular un sistema de riego vamos a plasmar todo lo indicado en la teoría se pondrá en la práctica porque a posterior pueda ser ejecutado con todos los equipos mediante la comunicación de los Xbee y Arduino, la principal característica de este proyecto no es solamente realizarlo con fines didácticos si no también llevarlo a la realidad en la plantación de productos agrícolas ya que esto permitiría optimizar las zonas de riego acorde a la necesidad y tiempo, mejorando la eficiencia de los mismos mediante el automatismo de este sistema empleando sensores (DTH-11), Actuadores(Electroválvulas), Controladores (Lógica de programación del Arduino) y el medio de Comunicación Xbee (RF) todos ellos trabajando en conjunto para brindar las facilidades en la operatividad, monitoreo y control del sistema de riego.

Pudiendo ofrecer un servicio adecuado para el riego con sus mejoras respectivas en el control de proceso, en este caso se integraron diferentes marcas de equipos y según los avances tecnológicos permitiendo favorecer ostensiblemente a un sistema de control de lazo cerrado y automático cuyo control será íntegramente automático sin la dependencia de un operador o capataz o peo, así podemos mejorar la calidad y eficiencia en nuestro sistema de riego propuesto.



CAPITULO IV
DISEÑO E INGENIERÍA DEL PROYECTO

4. DISEÑO, INGENIERIA Y PROGRAMACIÓN DE XBEE Y ARDUINO

4.1. Programación de Xbee Coordinador

La programación del Xbee Coordinador se basa en teniendo en cuenta los parámetros para poder realizar una red Malla, por lo que su programación es de la siguiente forma.

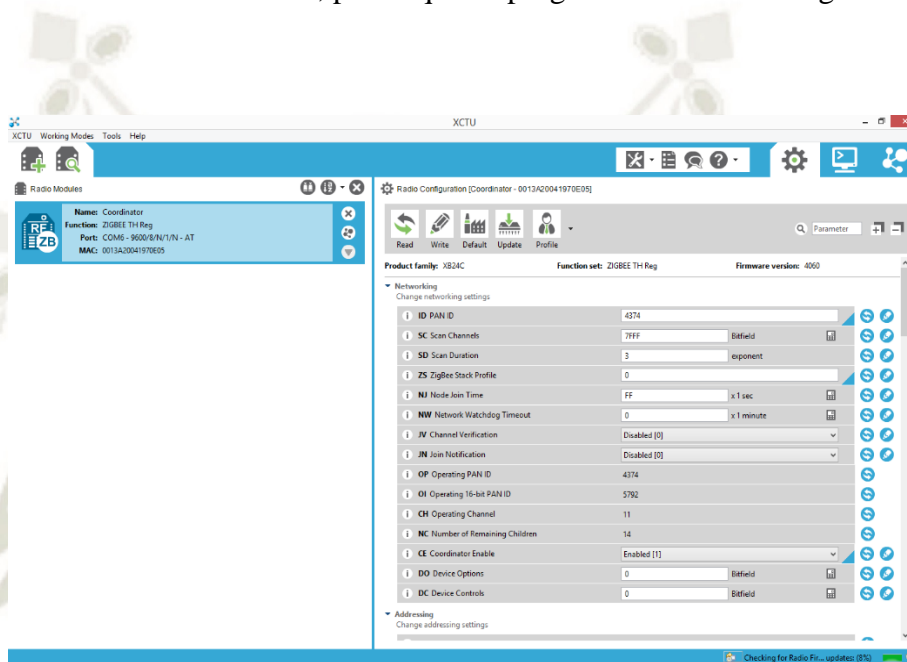


Figure 4 Programación de Xbee Coordinador

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Comentar que lo que variamos en el Xbee Coordinador son los siguientes parámetros.

- El apartado “ID PAIN ID” le pusimos la dirección “4374”de comunicación que utilizaremos.
- El apartado “CE Coordinador Enable” dispusimos que sea “ENABLED” esto para que los 2 routers que tenemos puedan comunicarse con el Coordinador.

4.2. Configuración de Router Medición (Humedad y Temperatura)

En la Imagen siguiente tenemos la configuración del Router de Humedad y Temperatura.

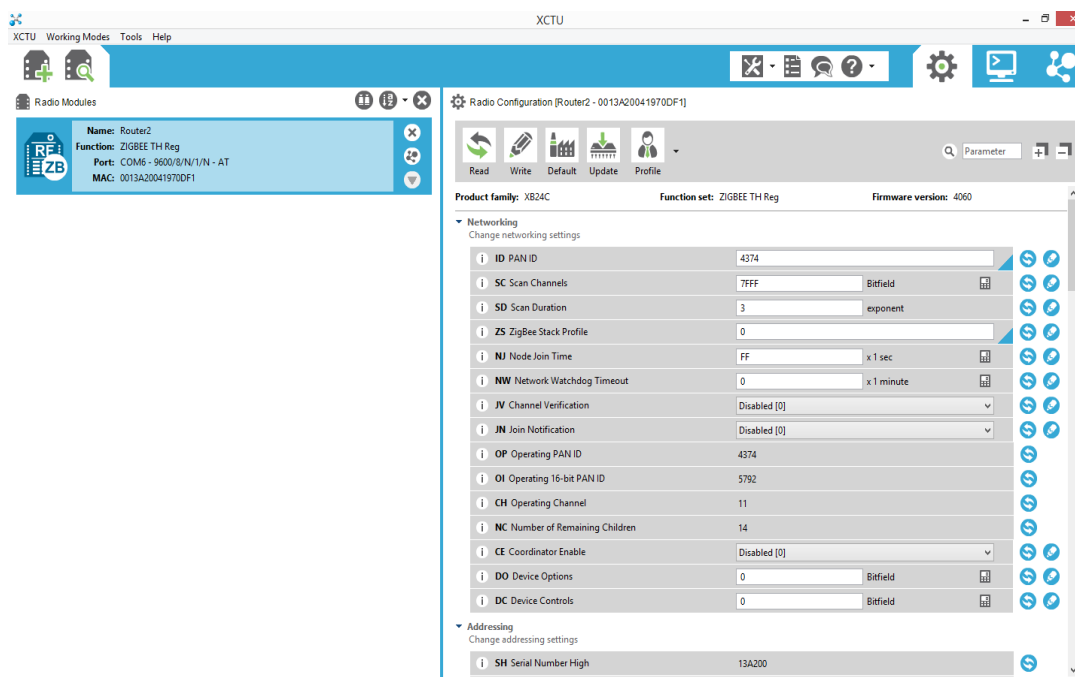


Figure 5 Configuración de Router Medición (Humedad y Temperatura)

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

- El apartado “ID PAIN ID” repetimos la dirección “4374” ya que en todos los dispositivos de XBEE deben tener la misma dirección para que se puedan comunicar entre ellos.
- El apartado “CE Coordinator Enable” dispusimos que sea “DISABLED” esto porque lo que estamos haciendo ahora es programar como Router y no como coordinador, por eso solo lo dejamos como “DISABLED”.

4.3. Configuración de Router De Electroválvulas

En la Imagen siguiente tenemos la configuración del Router de Electroválvulas.

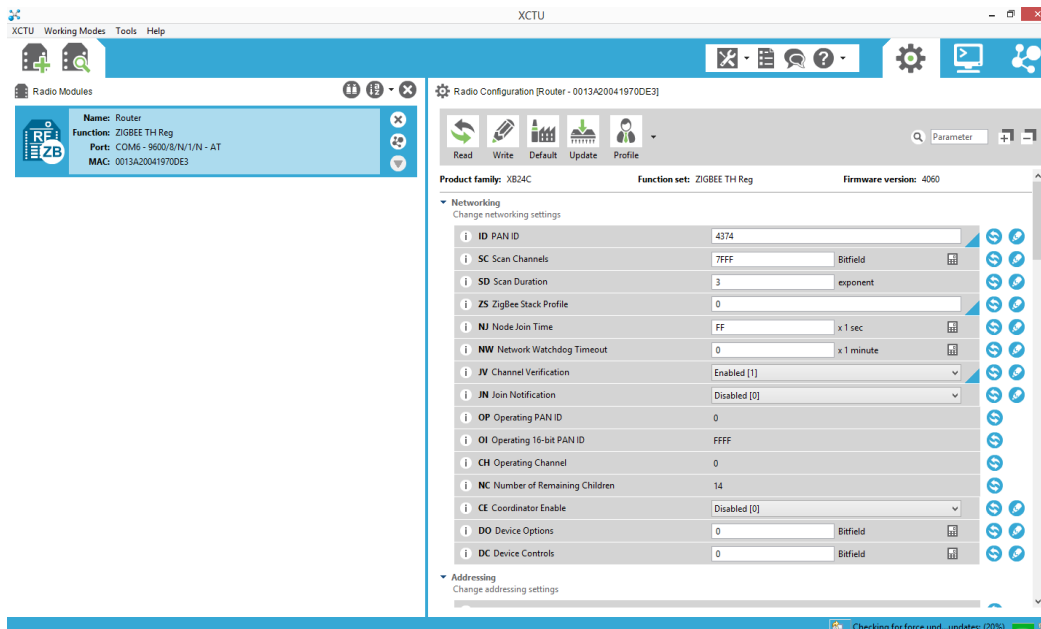


Figure 6 Configuración de Router De Electroválvulas

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

- El apartado “ID PAIN ID” repetimos la dirección “4374”.
- El apartado “CE Coordinator Enable” dispusimos que sea “DISABLED” esto porque lo que estamos haciendo ahora es programar como Router y no como coordinador.

4.4. Programación de Arduino

Los programas de los 3 módulos, se expondrán detallando que programa es para cada módulo, ya sean para Coordinador, Router de Electroválvulas y Router de Medición.

4.5. Diagramas de Bloques General de Tesis

4.5.1. Diagramas de Bloques General (de Imágenes)

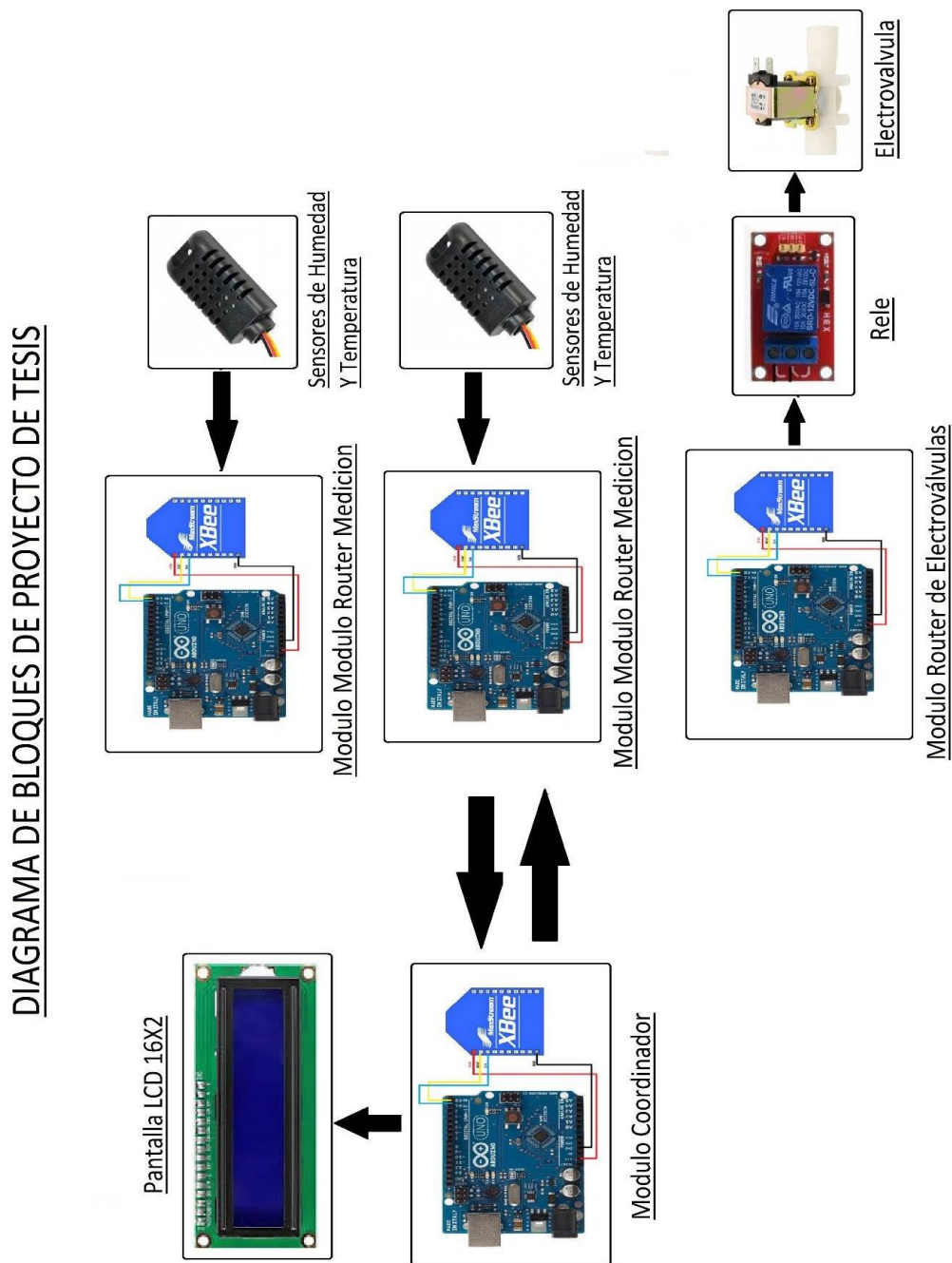


Figure 7 Diagrama de Bloques de proyecto de Tesis

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.5.2. Diagramas de Bloques General (Conceptual)

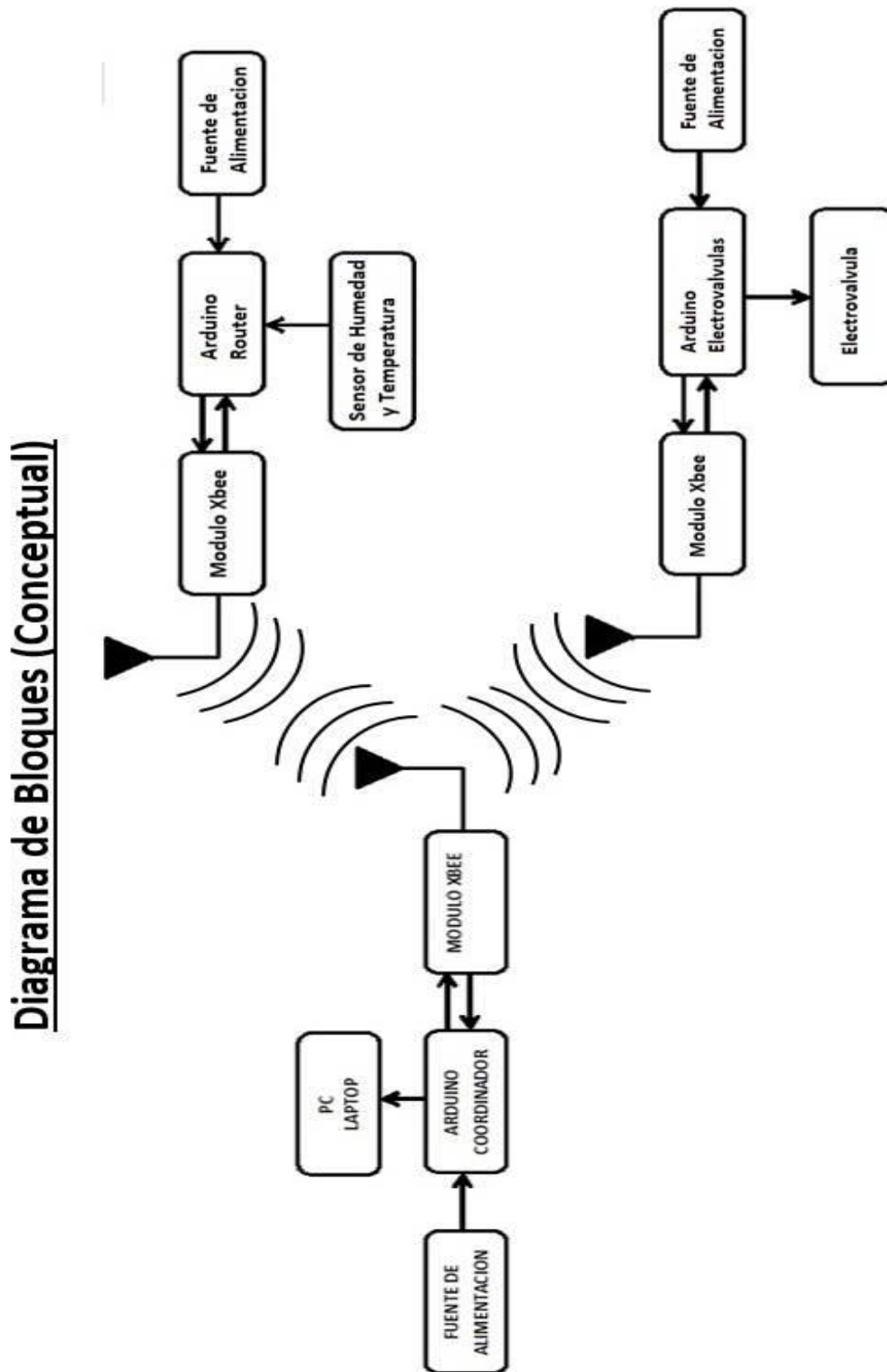


Figure 8 Diagrama de Bloques Conceptual.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.6. Diagramas y Programa de Modulo Coordinador

4.6.1. Diagrama de Bloques de Modulo Coordinador

En el diagrama de bloques expresamos como sería la composición o determinación de los equipos, así mismo tenemos una idea clara de cómo se miraría la en la realidad.

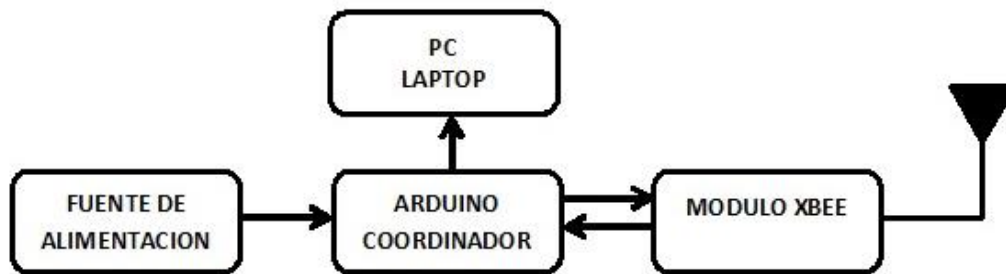


Figure 9 Diagrama de Bloques de Modulo Coordinador

Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2. Diagrama de Flujo de Modulo Coordinador

Con el diagrama de flujo podemos darnos una idea de cómo realizar el programa en sí, que parámetros tenemos que tomar, si tendremos que realizar algunos ciclos, o si tenemos que realizar saltos.

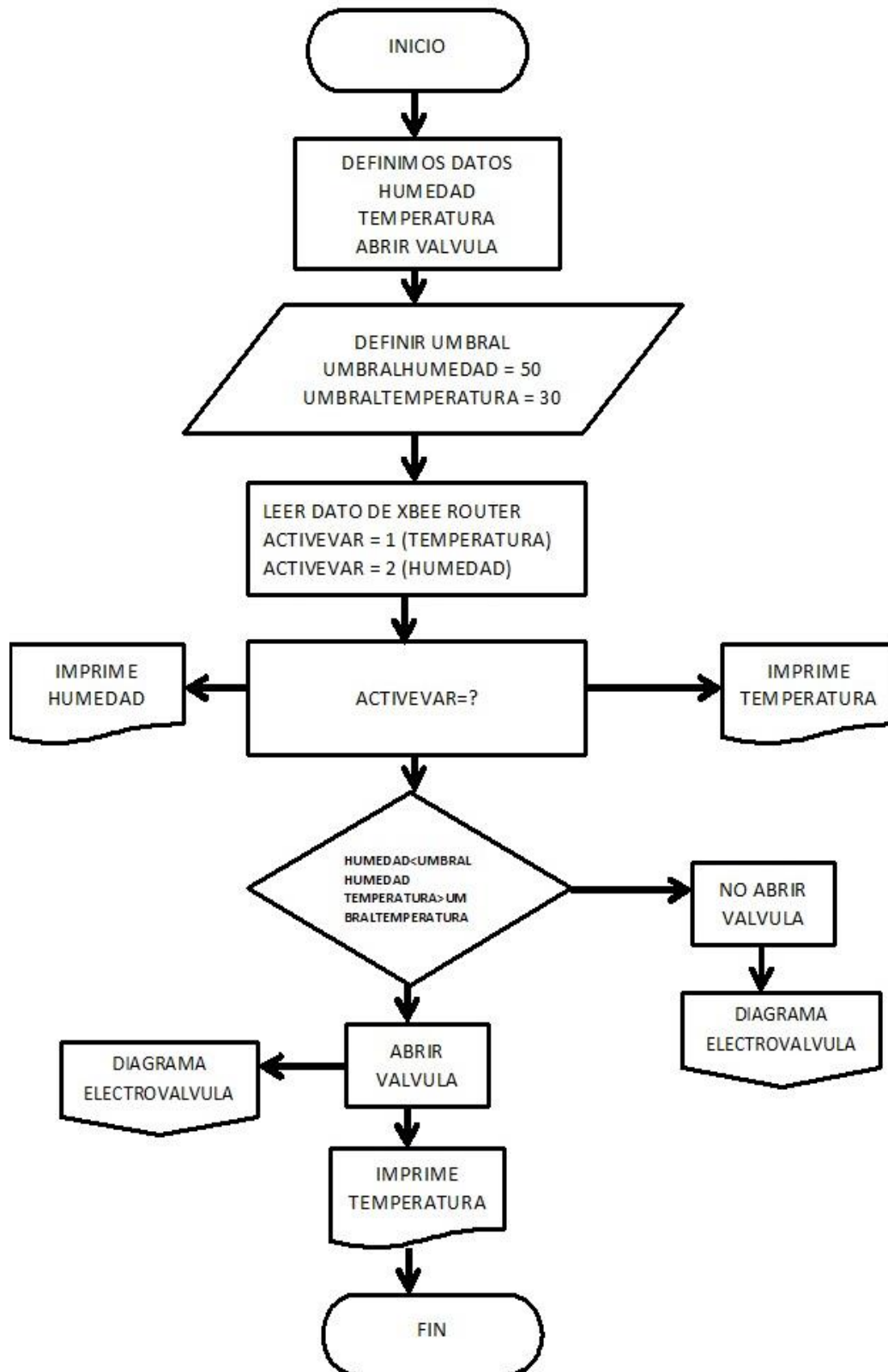


Figure 10 Diagrama de Flujo de Modulo Coordinador

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.6.3. Programa de Modulo Coordinador

```
#include <Ethernet.h>
#include <SPI.h>
#include <UbidotsEthernet.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial xbeeSerial(2, 3);
char const * TOKEN = "BBFF-LqgoX7EPrbtUcjXNj9JBtiX4QA3c5J"; // Token asignado
por Ubidots
char const * VARIABLE_LABEL_1 = "temperaturaBuffer"; // Asigna una etiqueta de
variable única para enviar los datos
char const * VARIABLE_LABEL_2 = "humedadBuffer"; //
char inputbuffer[10];
String buffer = "";
char character;
float humedad;
float temperatura;
unsigned char activeVar;
unsigned char abrirValvula;
unsigned long previousMillis = 0;
unsigned long previousMillis1Sec = 0;
char temperaturaBuffer[10];
char humedadBuffer[10];
const long interval = 5000;
#define UMBRAL_HUMEDAD 40.0
#define UMBRAL_TEMPERATURA 30.0
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

Ubidots client(TOKEN);
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  /* Inicializa la conexión Ethernet */
  Serial.print(F("Iniciando conexión ethernet..."));
  if (!Ethernet.begin(mac)) {
    Serial.println(F("ops hubo un problema"));
  } else {
    Serial.println(Ethernet.localIP());
  }
  // Esperamos un tiempo para el módulo arranque
  delay(2000);
  Serial.println(F("PLaca ethernet lista!!!"));
  Serial.begin(9600);
  xbeeSerial.begin(9600);
}
void loop()
{
  if (xbeeSerial.available())
  {
    character = xbeeSerial.read();
```

```

if (character == '\n')
{
if (buffer.charAt(0) == 'T')
{
activeVar = 1;
}
if (buffer.charAt(0) == 'H')
{
activeVar = 2;
}
buffer.remove(0, 1);
if (activeVar == 1)
{
temperatura = buffer.toFloat();
activeVar = 0;
}
if (activeVar == 2)
{
humedad = buffer.toFloat();
activeVar = 0;
}
buffer = "";
}
else
{
buffer += character;
}
}
if ((humedad < UMBRAL_HUMEDAD) || (temperatura > UMBRAL_TEMPERATURA))
{
abrirValvula = 1;
}
else
{
abrirValvula = 0;
}
unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis >= interval)
{
previousMillis = currentMillis;
xbeeSerial.println(abrirValvula);
}
unsigned long currentMillis1Sec = millis();
if (currentMillis1Sec - previousMillis1Sec >= 1000)
{
previousMillis1Sec = currentMillis1Sec;
dtostrf(temperatura, 5, 2, temperaturaBuffer);
dtostrf(humedad, 5, 2, humedadBuffer);
char text[25];
sprintf(text, 25, "%s,%s", temperaturaBuffer, humedadBuffer);
}

```

```
Serial.println(text);
}
Ethernet.maintain();
//Imprimimos estos valores en el terminal serial
Serial.print("Temperatura:");
Serial.println(temperaturaBuffer);
Serial.print("Humedad:");
Serial.println(humedadBuffer);
/* Enviando datos a Ubidots*/
client.add(VARIABLE_LABEL_1, temperaturaBuffer[10]);
client.add(VARIABLE_LABEL_2, humedadBuffer[10]);
client.sendAll();
//Esperemos 5 segundos antes de volver a subir otro datos a Ubidots
delay(1000);
}
```

4.6.4. Explicación Breve de la Programación del Coordinador

En la programación del módulo de coordinador vamos a poder definir los umbrales de medición que necesitamos para poder configurar de manera óptima la temperatura como la humedad para ciertos cultivos, ya que ninguno de los cultivos es igual.

También tendremos las gráficas de dichos parámetros que estamos evaluando, esto para que así tendremos un historial, el cual podremos tener en cuenta la próxima vez que sembremos dicho cultivo, o simplemente saber qué días fueron los más calurosos o los más fríos y ver de esta forma si se obtuvo un riego óptimo o no.

4.7. Diagramas y Programa de Router de Electroválvulas

4.7.1. Diagrama de Bloques de Router de Electroválvulas

En el diagrama de bloques expresamos como sería la composición o determinación de los equipos, así mismo tenemos una idea clara de cómo se miraría la en la realidad.

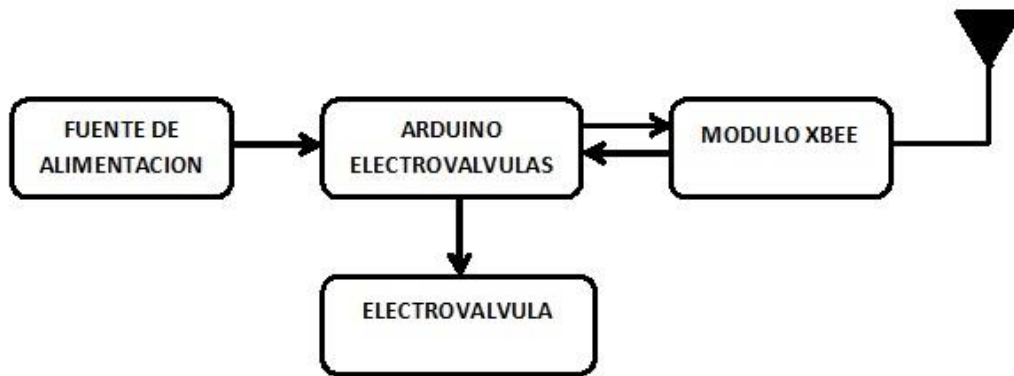


Figure 11 Diagrama de Bloques de Router de Electroválvulas

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.7.2. Diagrama de Flujo de Router de Electroválvulas

Con el diagrama de flujo podemos darnos una idea de cómo realizar el programa en sí, que parámetros tenemos que tomar, si tendremos que realizar algunos ciclos, o si tenemos que realizar saltos.

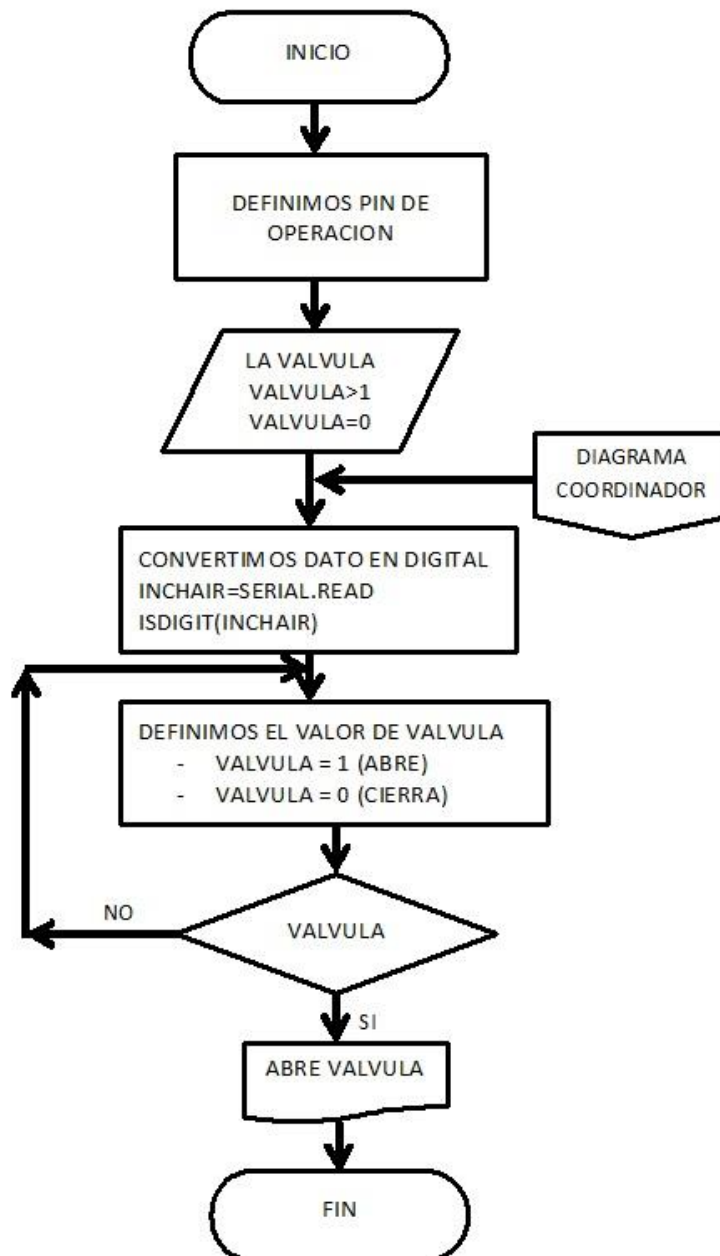


Figure 12 Diagrama de Flujo de Router de Electroválvulas

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.7.3. Programa de Router de Electroválvulas

```
#include <EEPROM.h>
const int Valvula = LED_BUILTIN;
String inString = "";
int ValvulaState = LOW;
void setup()
{
  pinMode(Valvula, OUTPUT);
  ValvulaState = EEPROM.read(0);
  if (ValvulaState > 1)
    ValvulaState = 0;
  digitalWrite(Valvula, ValvulaState);
  Serial.begin(9600);
}
unsigned int numberReceived = 0;
unsigned int lastNumberSended = 0;
void loop()
{
  while (Serial.available() > 0)
  {
    int inChar = Serial.read();
    if (isDigit(inChar))
    {
      inString += (char)inChar;
    }
    if (inChar == '\n')
    {
      Serial.println(inString.toInt());
      numberReceived = inString.toInt();
      if (numberReceived == 1)
      {
        ValvulaState = 1;
      }
      if (numberReceived == 0)
      {
        ValvulaState = 0;
      }
      if(lastNumberSended == numberReceived)
      {
      }
      else
      {
        EEPROM.write(0, numberReceived);
      }
      lastNumberSended = numberReceived;
      inString = "";
    }
  }
}
```

```
digitalWrite(Valvula, ValvulaState);  
}  
}
```

4.7.4. Explicación Breve de la Programación del Router Electroválvulas

La programación del módulo de Router Electroválvulas vamos a poder definir cuándo se debe de abrir la electroválvula y cuando cerrar, esto lo vamos a poder definir gracias a los parámetros que establezcamos en el código de Coordinador, ya que es ahí donde pondremos a que temperatura y a que humedad se abrirán o se cerrara las electroválvulas.

4.8. Diagramas y Programa de Modulo Router Medicion

4.8.1. Diagrama de Bloques de Modulo Router Medicion

En el diagrama de bloques expresamos como seria la composición o determinación de los equipos, así mismo tenemos una idea clara de cómo se miraría la en la realidad.

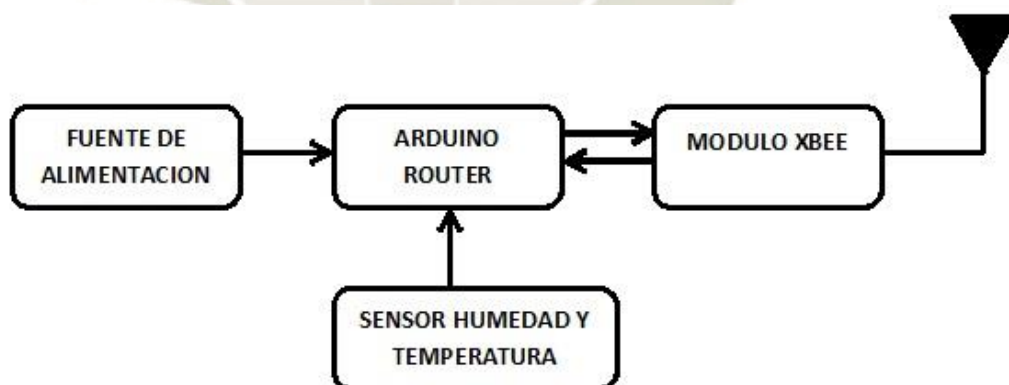


Figure 13 Diagrama de Bloques de Modulo Router Medicion

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.8.2. Diagrama de Flujo de Modulo Router Medicion

Con el diagrama de flujo podemos darnos una idea de cómo realizar el programa en sí, que parámetros tenemos que tomar, si tendremos que realizar algunos ciclos, o si tenemos que realizar saltos.

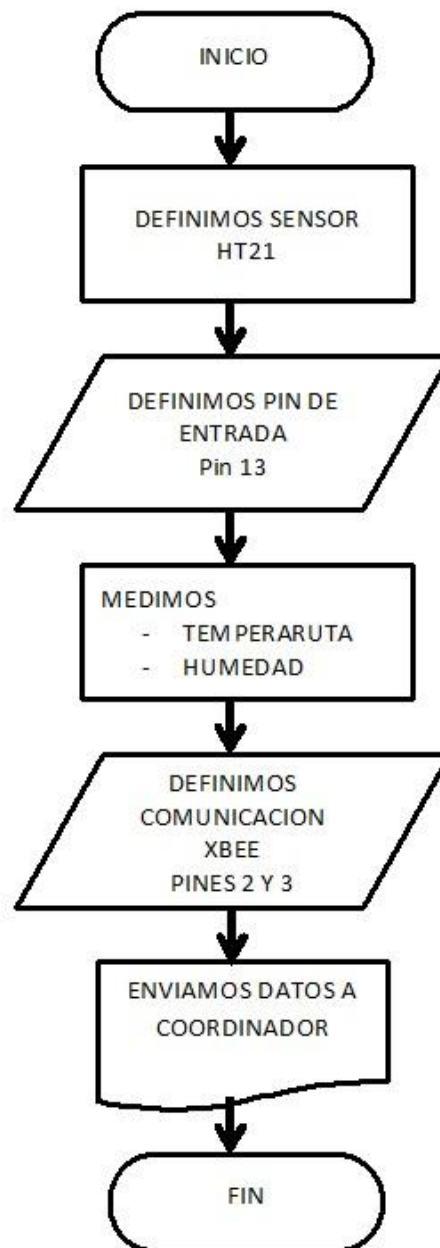


Figure 14 Diagrama de Flujo de Modulo Router Medición

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.8.3. Programa de Modulo Router Medición

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT21
DHT_Unified dht(DHTPIN, DHTTYPE);
uint32_t delayMS;
unsigned long intervalTemp;
unsigned int sendDataInterval = 1;
float temperatura;
float humedad;
void FloatToChars(float f, unsigned char precision, char * result)
{
  dtostrf(f, 2, precision, result);
}
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
```

4.8.4. Explicación Breve de la Programación del Router Medición.

La programación del módulo de Router Medición vamos describir las medición de la temperatura y Humedad y poder definir en qué entrada del Arduino va a ingresar los datos, vamos a tener en cuenta que el sensor que estamos usando es un “DHT”, por lo que para poder crear el código tenemos que declarar la librería necesaria así como instalar previamente el dicha librería, a su vez vamos a declarar para que todos los datos ingresados de Temperatura y Humedad sean enviados por el Xbee al coordinador y así poder establecer los parámetros para poder designar cuando se abrirán o se cerraran las electroválvulas.

4.9. Pruebas realizadas

Las pruebas realizadas con los equipos de Arduino y Xbee dieron datos que estábamos esperando, este dato nos ayudó a comprender y a darnos los cuenta que si podemos tener un control sobre los productos que tengamos en una parcela o regadío en donde lo implementemos.

4.9.1. Implementación

Para la implementación de estos equipos usamos los Arduinos UNO y el Shild de Arduino para Xbee, lo que nos llevó a tener 3 módulos. Una vez armados procedimos con la programación de estos módulos, ya con los módulos programados, uno como coordinador, otro como Router y el otro como actuador. Procedemos a ponerlos en sus puntos de trabajo, estos puntos son en un jardín ya que lo ideal es que podamos hacerlos funcionar en las parcelas de Majes que es donde serán ubicados finalmente.

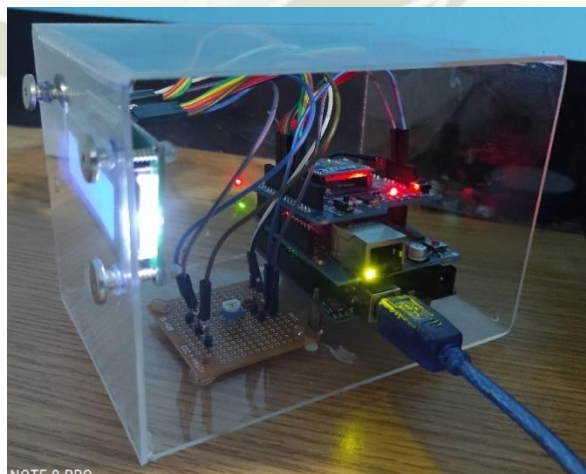


Figure 15 Módulo de Arduino como Coordinador

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

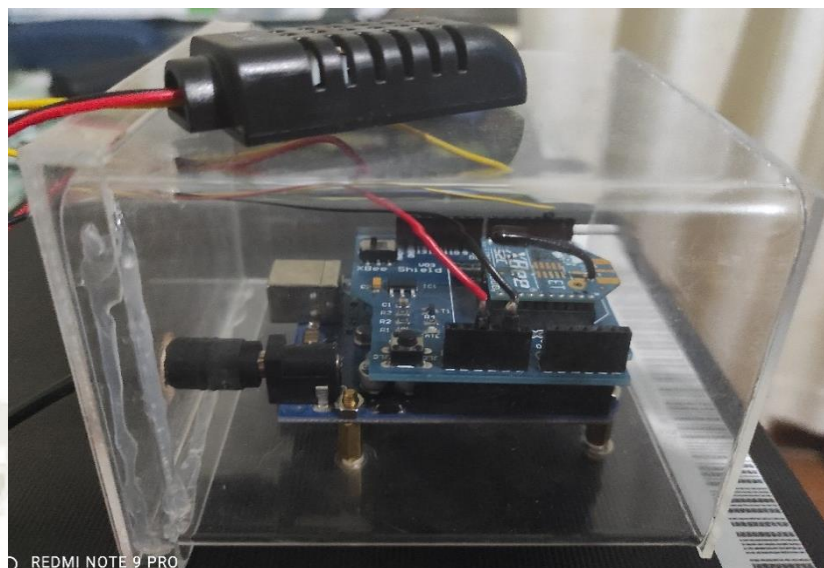


Figure 16 Módulo de Arduino como Router

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

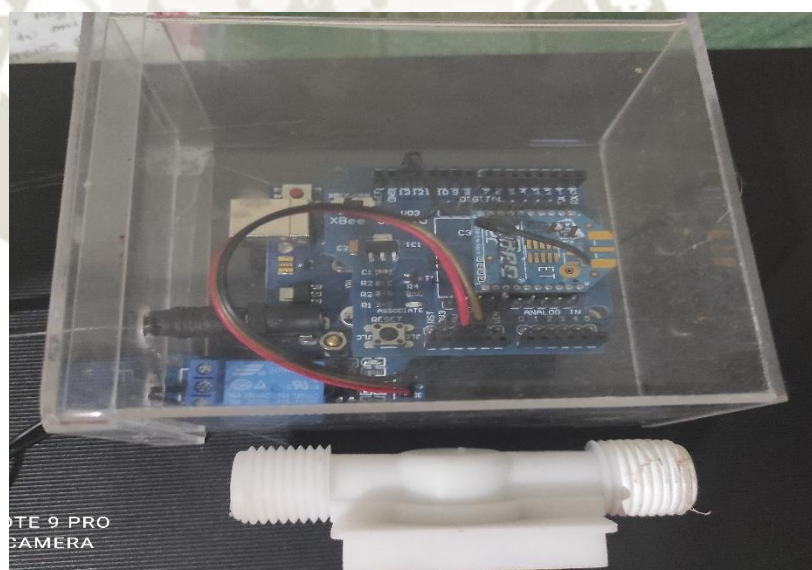


Figure 17 Módulo de Arduino como Actuador

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

Con estos módulos procedemos a ubicarlos y conectarlos para así comenzar a tener datos de nuestro sistema el cual ayudara al agricultor.



Figure 18 Modulo instalados en sus puntos.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Como se podrá apreciar estos módulos están ubicados a una distancia considerable para comprobar el funcionamiento de la señal RF de los módulos Xbee, a su vez usamos un programa que nos ayuda a obtener los datos de manera sencilla y optima el “TelemetryViewer_v0.4”, gracias a este podemos tener datos cuantitativos.

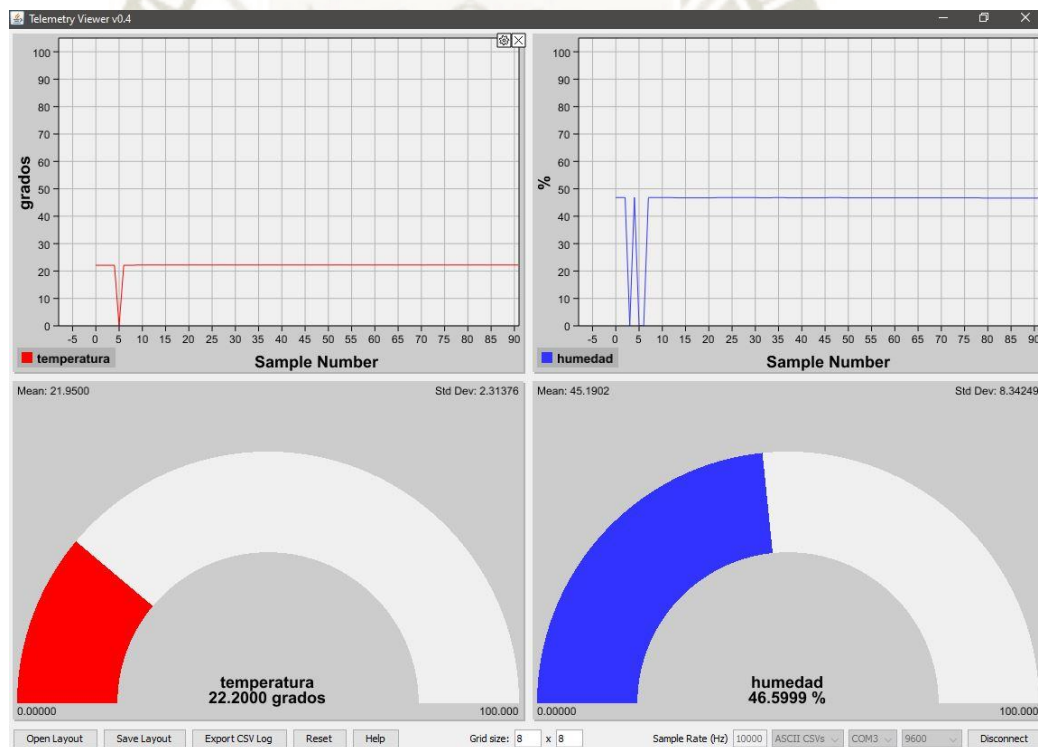


Figure 19 Visualización de Módulos por TelemetryViewer_v0.4.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

En este programa hemos configurado los dos parámetros que nos importan como son la Temperatura y la Humedad, así mismo añadimos gráficos y un medidor numérico para ambos parámetros.

4.9.2. Ubicación de Módulos

Los módulos están ubicados a una distancia de 4 a 5 metros cada uno, así ponemos a prueba la distancia y la efectividad de los módulos RF.



Figure 20 Ubico del módulo de Coordinador.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)



Figure 21 Ubicación del módulo de Router.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

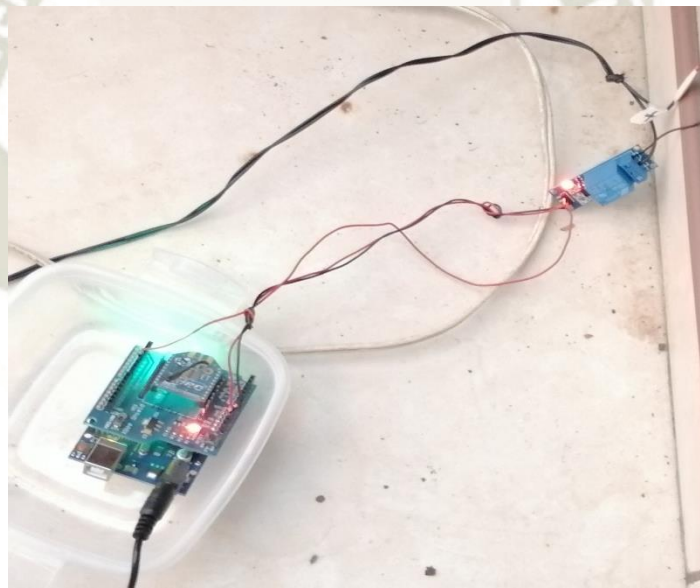


Figure 22 Ubicación del módulo de Actuador.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Con estas ubicaciones hicimos pruebas de funcionamiento y pudimos ver los datos obtenidos en el programa Telemetry Viewer y así comprobar y monitorear el funcionamiento del sistema de Riego.

Gracias al Telemetry Viewer podemos exportar los datos que se le son enviados a este programa, estos datos son descargados en formato de Excel y con estos podemos recrear las gráficas que vimos en el programa lo cual significa que tenemos un Histórico el cual nos ayudara a predecir y tomar decisiones de manera más consistente en futuras circunstancias.

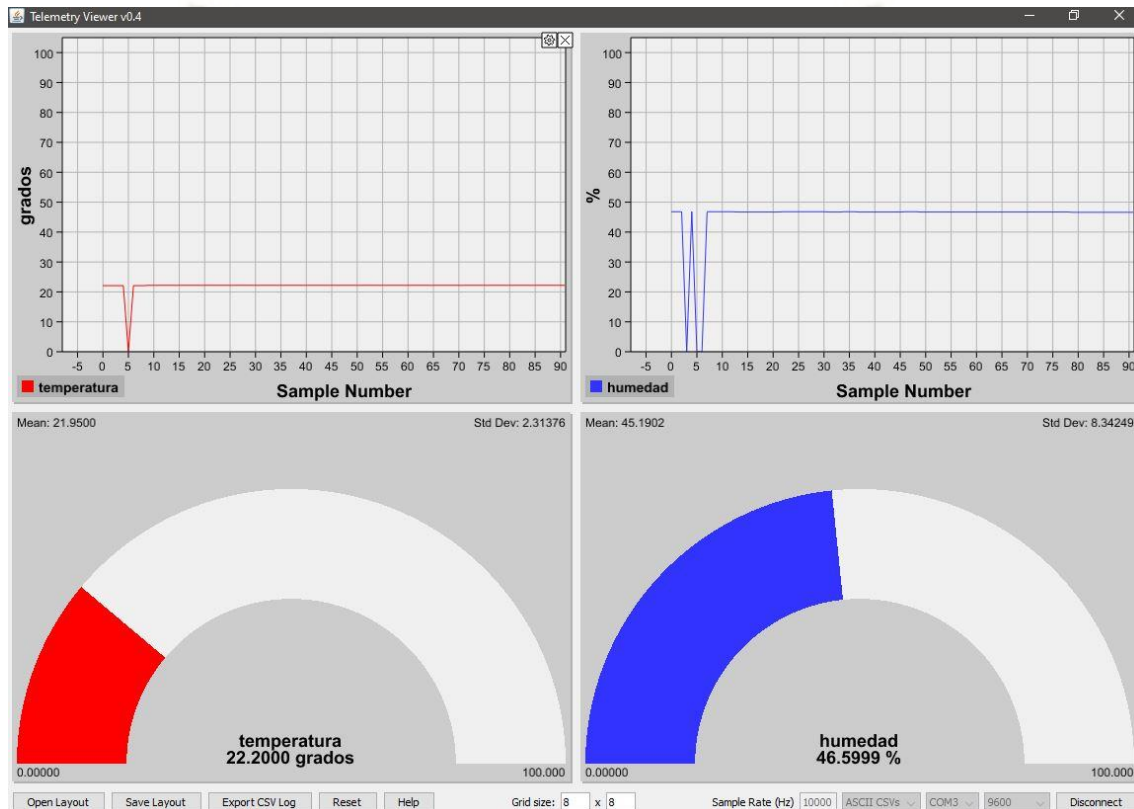
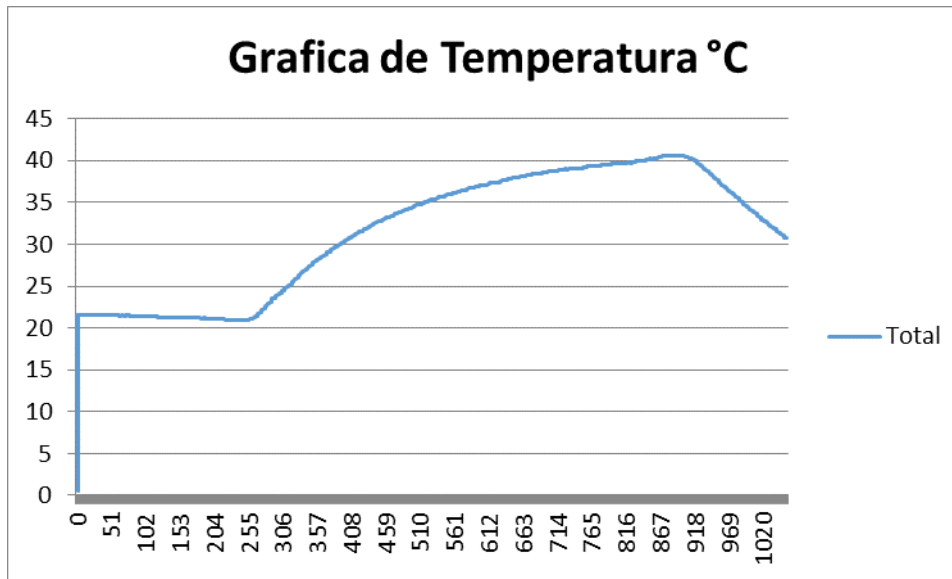


Figure 23 Visualización de Telemetry Viewer.

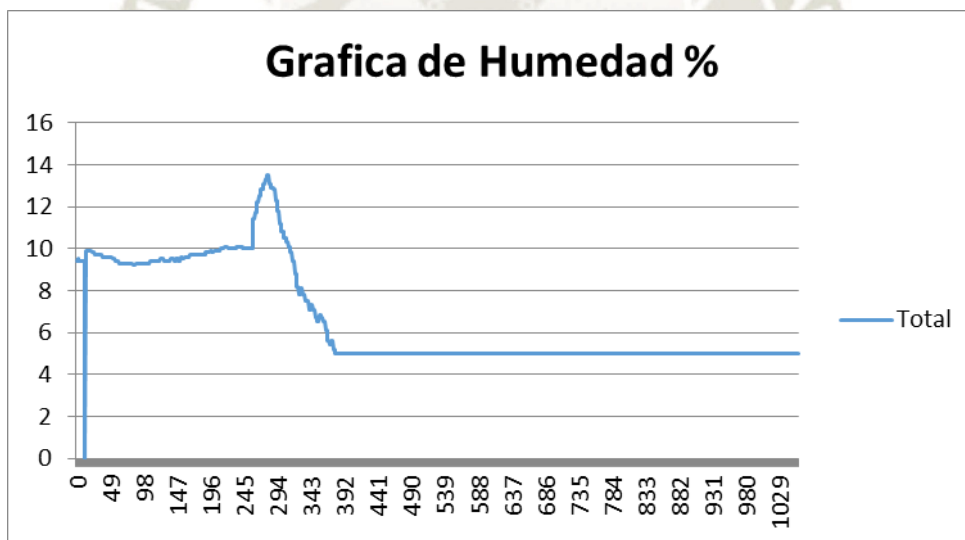
Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Los datos los podemos exportar desde la pestaña “Export CSV log” y obtendremos un archivo Excel, gracias a este archivo podemos tener las siguientes graficas de temperatura y Humedad respectivamente.



Grafica 1 Grafica de Temperatura de prueba realizada.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)



Grafica 2 Grafica de Humedad de prueba realizada.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Como muestran estas imágenes los números de muestras vs los valores alcanzados en la práctica con el sensor de Humedad y Temperatura, podemos ver los picos que tuvo, así como el comportamiento de este sensor.

Una vez que visualizamos estas graficas en el Telemetry Viewer, sabemos que bajo nuestra configuración el módulo de actuador entrara en funcionamiento cuando la temperatura alcance un valor mayor a 40 °C a mas o cuando la humedad llegue a más de 70% o más, estos valores pueden ser modificados, ya que según nuestro marco teórico hay diferentes plantaciones que para su optimo crecimiento necesitan cierta cantidad de Humedad o Temperatura.

Siguiendo estos parámetros ya establecidos en el párrafo anterior el módulo de Actuador entro en funcionamiento cuando forzamos al sensor de Humedad y Temperatura a alcanzar un valor de 40.5 °C mientras que de Humedad hicimos que bajase a 5% de Humedad. Al tener un parámetro mayor de lo que establecimos el Modulo actuador que controla una electroválvula hizo que esta tome la acción de abrir.



Figure 24 Modulo Actuador Activando Electrovalvula.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Como apreciamos en la Figura 17, esta nos muestra que estando a el sensor a 40.5 °C, el coordinador envió una señal el cual indico que abriera el electro válvula para permitir el flujo de agua, pero cuando forzamos a que el sensor obtenga mediciones

menores de 40.5 °C, el coordinador envió la señal que indicaba que esta tome la posición de cerrada.

El histórico que obtenemos al momento de hacer una Backup del programa de visualización podemos recrear lo que vimos y saber el número de muestras que tomo, y poder ver en que muestra alcanzo los puntos más altos y en cuales los puntos más bajos.

4.9.3. Pruebas realizadas con LCD

Las pruebas realizadas en con una pantalla LCD de 16x02 se realizó básicamente para poder comprobar que los datos obtenidos y mostrados en el programa Telemetry Viewer son verídicos, así mismo se decidió implementarlo ya que al estar este sistema en el campo, no tendremos acceso a una PC o Laptop durante todo el día, por lo que nos facilitara el hecho de poder visualizar todos estos datos de manera sencilla.

4.9.4. Pruebas con Coordinado y Pantalla

Las pruebas fueron básicamente las mismas que se realizaron en la etapa anterior, pero con la variante que en esta tenemos el LCD, este nos mostrara los datos que estamos obteniendo.

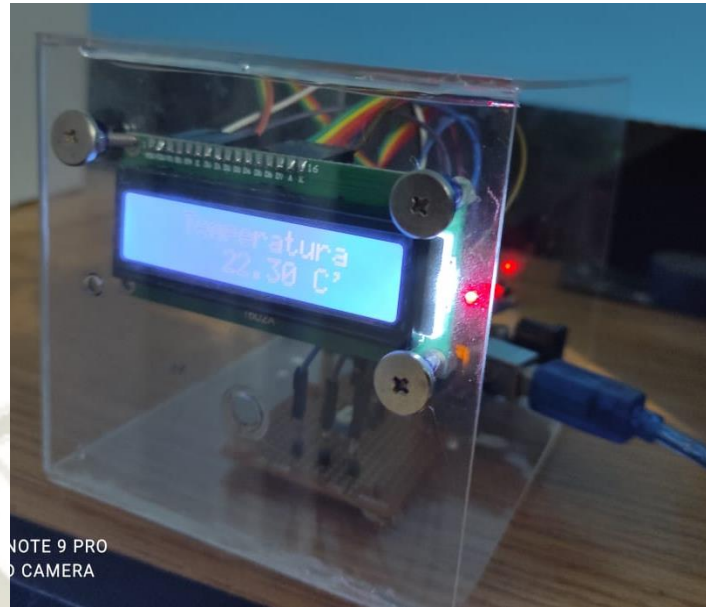


Figure 25 Modulo Coordinador con LCD.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

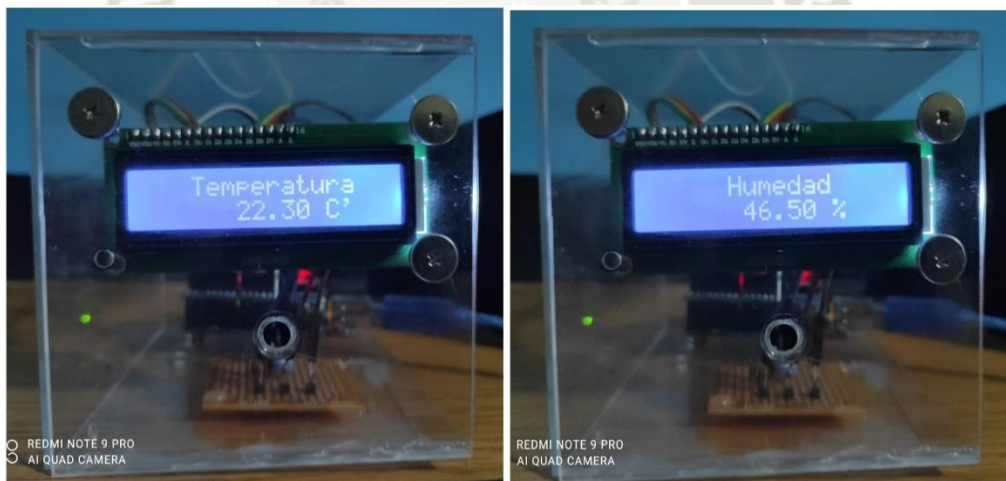


Figure 26 Modulo Coordinador con LCD.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

El módulo se encuentra funcionando de manera óptima, este módulo inicialmente no contaba con la pantalla LCD, al tener que agregarle se hizo una modificación al programa para que se pueda agregar este elemento de visualización, en el programa se tuvo que agregar la librería de la pantalla, indicar los PINES de salida de ARDUINO

para el LCD, así como también verificar los pines de alimentación, y posteriormente hacer las conexiones con cables como se muestra en la figura 18, y también conectar una Resistencia Variable el cual nos ayudara a calibrar la nitidez del LCD.



Figure 27 Módulo I2C-LCD.

Fuente: Elaboración de Arduino. (2004)

Actualmente se tiene un módulo que podría ir entre el Arduino y LCD, este módulo hace la función de transferir los datos y poder proyectarlos en el LCD, pero se determinó que no es necesario ya que directamente se puede hacer la conexión entre estos dos módulos.

4.9.5. Visualización de Datos por Ubidots

Para poder hacer las visualizaciones de los datos de nuestro proyecto lo podemos hacer mediante la plataforma **UBIDOTS**, esta plataforma es gratuita y de paga, la forma gratuita es con un mes de prueba mientras que la versión de paga nos da la suscripción de 1 año.

Para poder visualizar los datos en la página de ubidots, tenemos que crearnos una cuenta, luego nos pedirá que escojamos si somos estudiantes o profesiones, si escogemos de estudiantes solo tenemos 1 mes de prueba.

Una vez que iniciamos sesión en la página lo que debemos de buscar es nuestro “token” que es una dirección que pondremos en nuestro programa para que los datos se puedan visualizar.

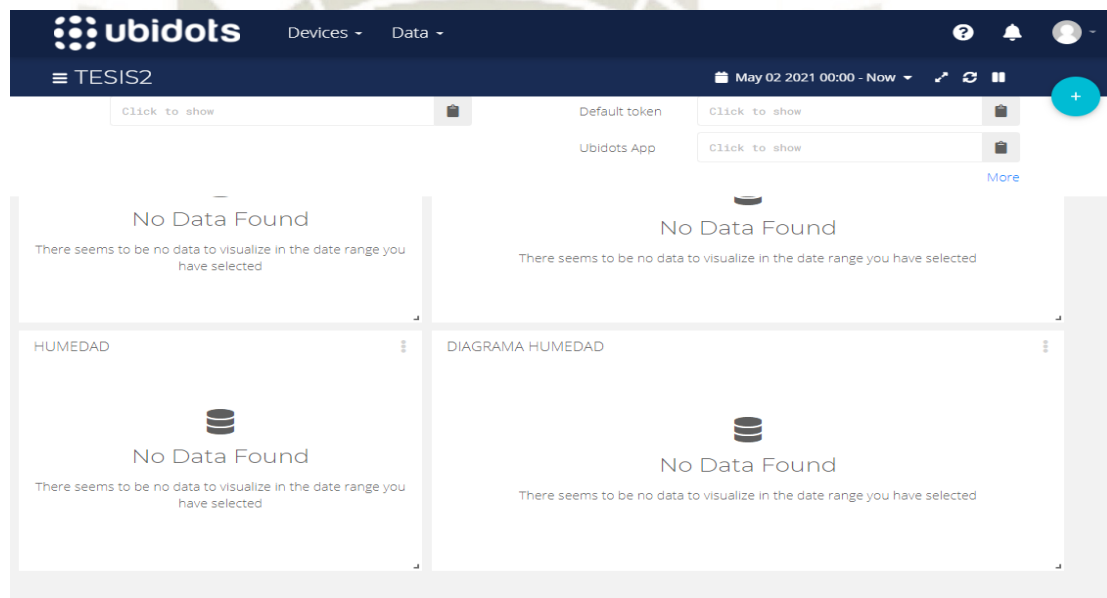


Figure 28 Pagina Ubidots, Token.

Fuente: Paguina Ubidots. (2020)

Para poder visualizar los datos en la página de Ubidots en el programa tenemos que usar los comando “client.add (VARIABLE_LABEL_1, valor_temperatura);”, donde pondremos el nombre que tiene la variable y la cual se mostrara en la página de Ubidots.

Una vez tengamos listo nuestro programa y carguemos el programa en nuestro Arduino, actualizamos nuestra página y seguiremos los siguientes pasos:

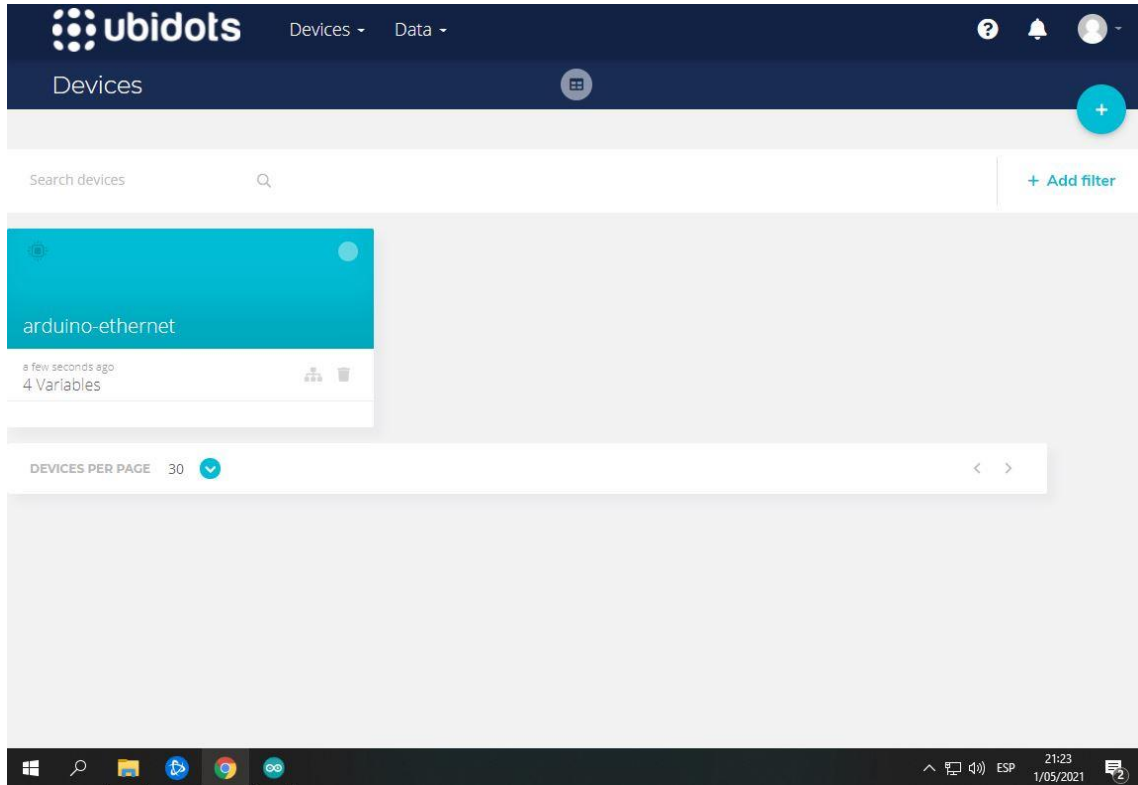


Figure 29 Pagina Ubidots, Devices.

Fuente: Paguina Ubidtos. (2020)

Nos dirigimos a Devices, escogemos la opción que nos dice Devices, si todo está bien deberíamos poder visualizar un elemento con el nombre aleatorio que, asignado por la página, así mismo si entramos en ella podemos visualizar lo siguiente:

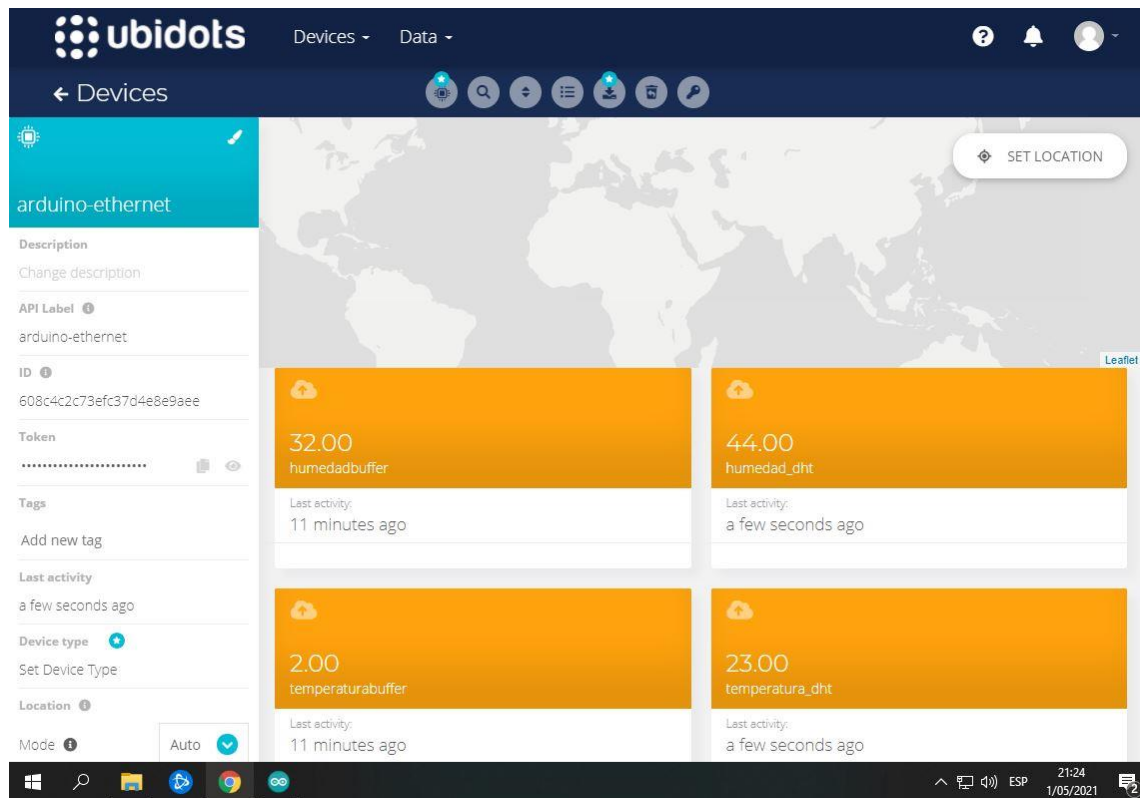


Figure 30 Pagina Ubidots, Variables.

Fuente: Pagina Ubidtos. (2020)

Como se puede observar en la imagen la página reconoce los datos que enviamos que son Humedad y Temperatura, lo único que tenemos que realizar es poder hacer que se muestren en las Dashboard que realicemos, para poder visualizar los datos de manera más amigable nos dirigimos a “Data” y accedemos a “Dashboard”, para poder configurar lo que necesitamos.

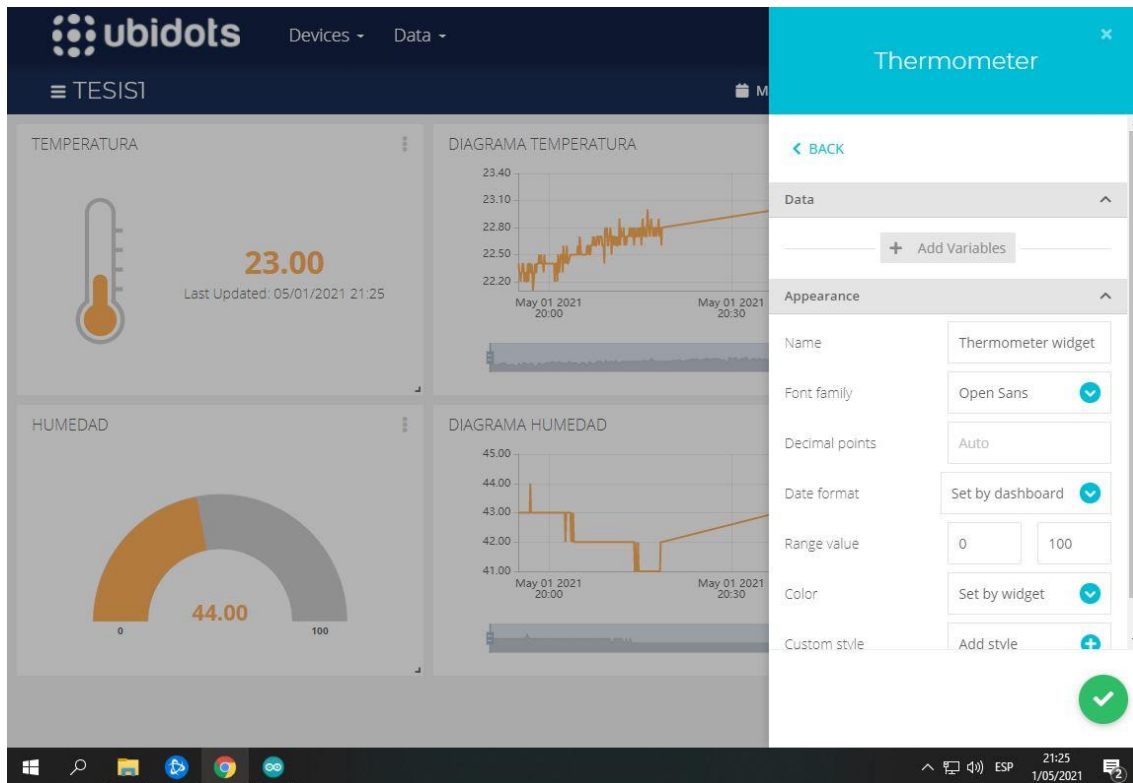


Figure 31 Pagina Ubidots, Variable Temperatura.

Fuente: Pagina Ubidots. (2020)

Para poder observar nuestro dato de Temperatura, podemos escoger un Widget que más nos convenga, en el caso se escogió el widget de Termómetro, y le tenemos que asignar la etiqueta de Temperatura, de igual forma lo hacemos con la variable de Humedad.

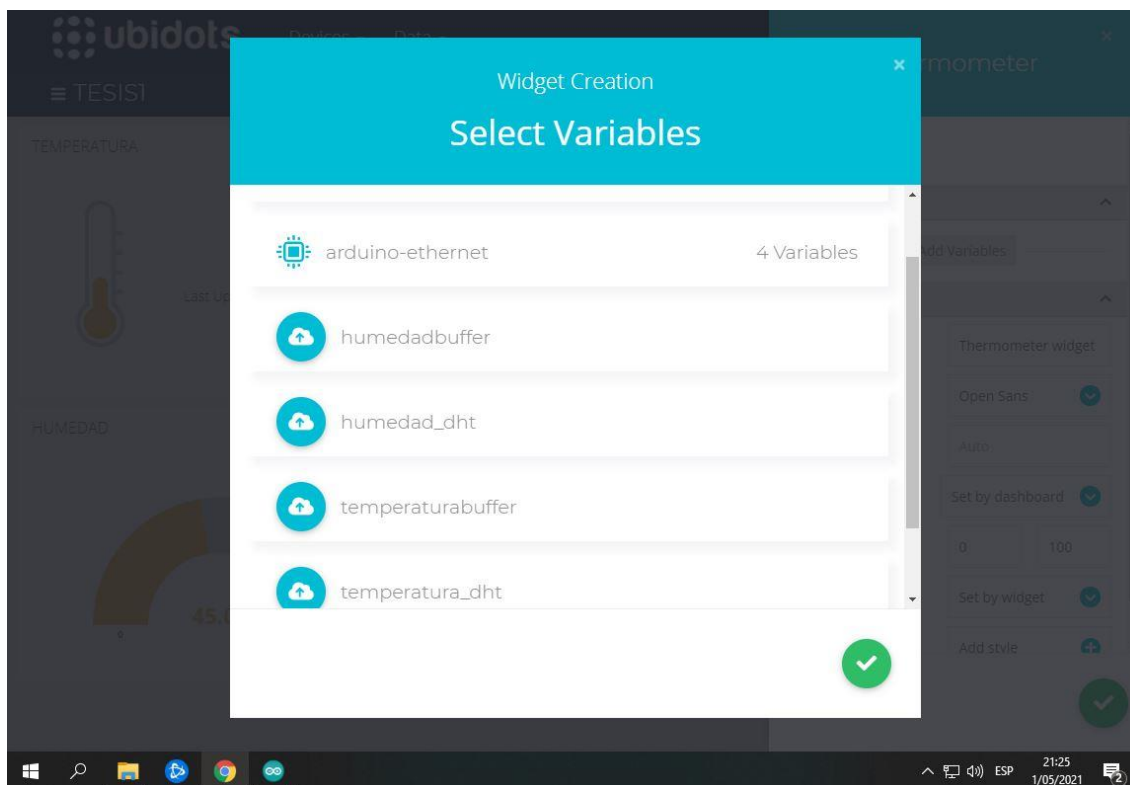


Figure 32 Pagina Ubidots, Etiqueta de variables.

Fuente: Pagina Ubidots. (2020)

En la imagen podemos observar las variables que obtuvimos, de los proyectos que realizamos, ya que nuestra cuenta solo cuenta con un “Token”, todas las variables que creamos en nuestros programas se almacenaran en el apartado de “Devices”.

Para poder tener en cuenta que variables son del proyecto actual o del proyecto que estemos realizando, tenemos que nombrarlos en nuestro programa principal de Arduino.

Una vez hayamos terminado de configurar nuestro “Dashboard” se visualizará de como de la siguiente manera.

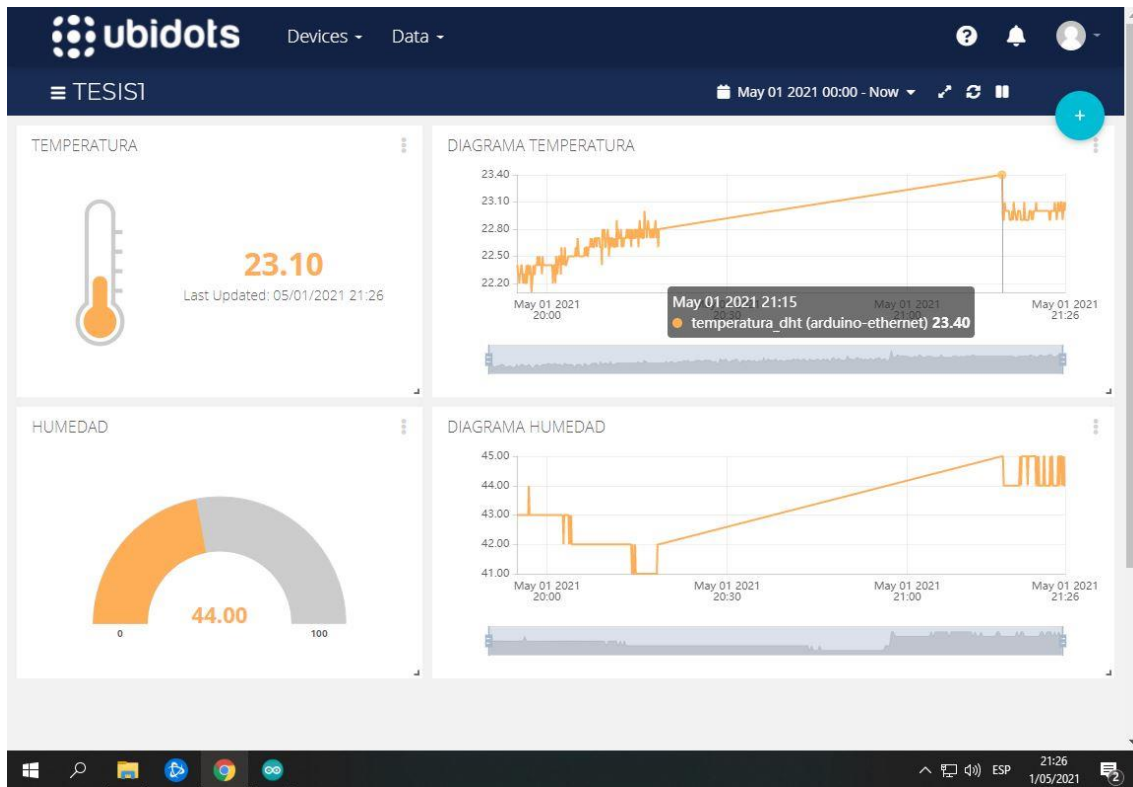


Figure 33 Pagina Ubidots, Dashboard de variables.

Fuente: Paguina Ubidots. (2020)

En el “Dashboard” podemos observar las variables de Temperatura y Humedad con sus respectivos valores, lo interesante de esta página es que no solo nos permite poder visualizar en una PC sino también por medio de su aplicación de Android o entrando directamente desde un navegador por medio de un celular.

4.9.6. Visualizacion de Datos por Ubidots Celular

Si bien podemos visualizar nuestros datos mediante una página web, también lo podemos visualizar estos datos abriendo en el navegador de nuestro celular, pero Ubidots nos permite también poder visualizar estos datos dentro de su propia aplicación que la podemos encontrar en nuestra PlayStore, esta aplicación es gratuita.

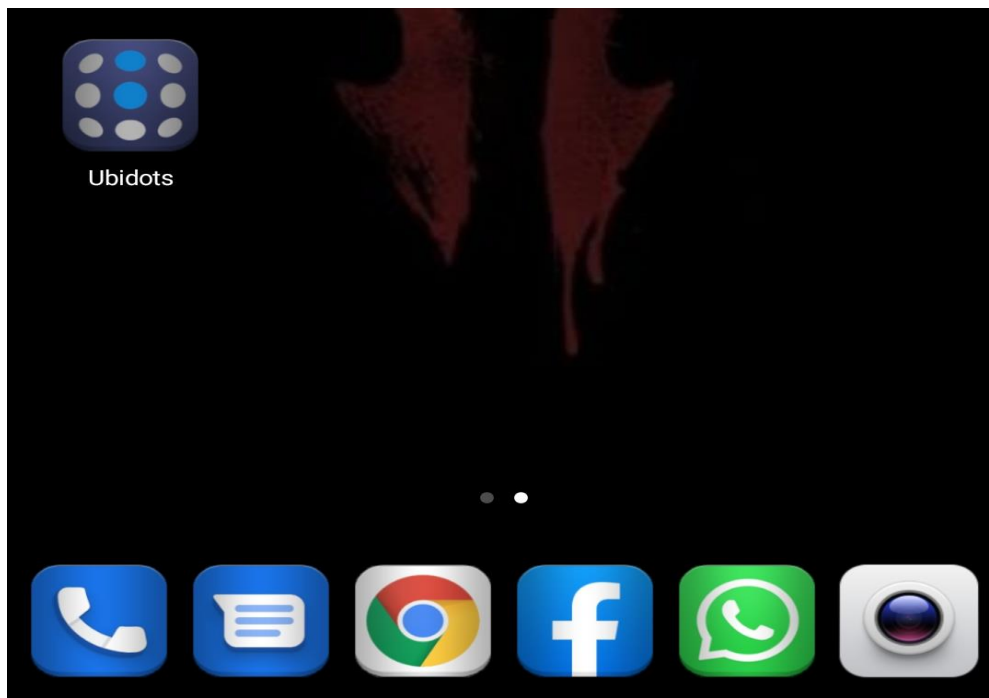


Figure 34 Icono de Ubidots.

Fuente: Elaboracion Propia. (2020)

Una vez instala la aplicación en nuestro celular lo único que tenemos que realizar es poder ingresar a nuestra cuenta, una vez dentro de esta podemos ver que todos nuestros datos ya fueron agregados, también dentro de esta podemos modificar o podemos crear un nuevo “Dashboard”.

Una vez dentro la aplicación podemos ver nuestro “Dashboard”, que creamos pasos antes en la página web, si hemos creado variados Dashboard y a estos les hemos puestos un nombre podemos navegar entre ellos y elegir el que necesitamos.

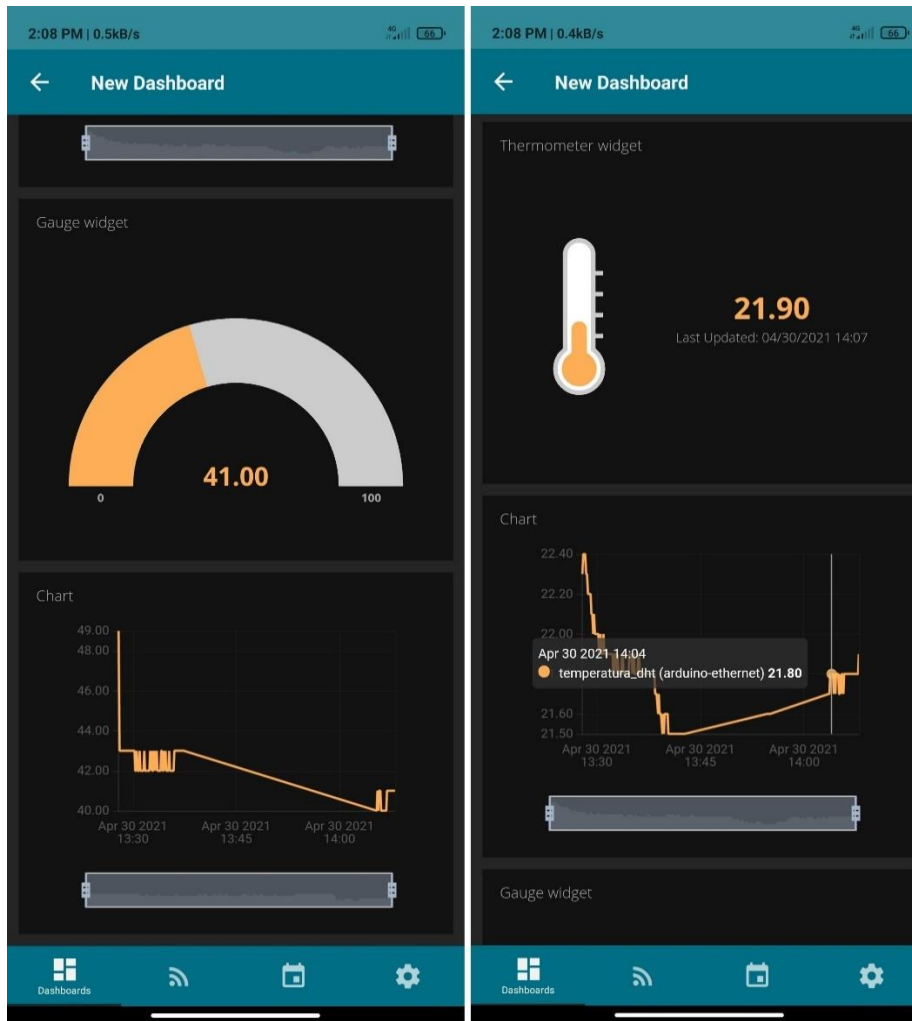


Figure 35 Dashboard de Ubidots por Aplicación.

Fuente: Elaboracion Propia. (2020)

Como se mencionó líneas anteriores podemos visualizar estos datos si abrimos nuestro navegador de nuestro celular buscamos nuestra página de Ubidots, luego logeamos con nuestra cuenta y podremos ingresar a nuestro Dashboard.

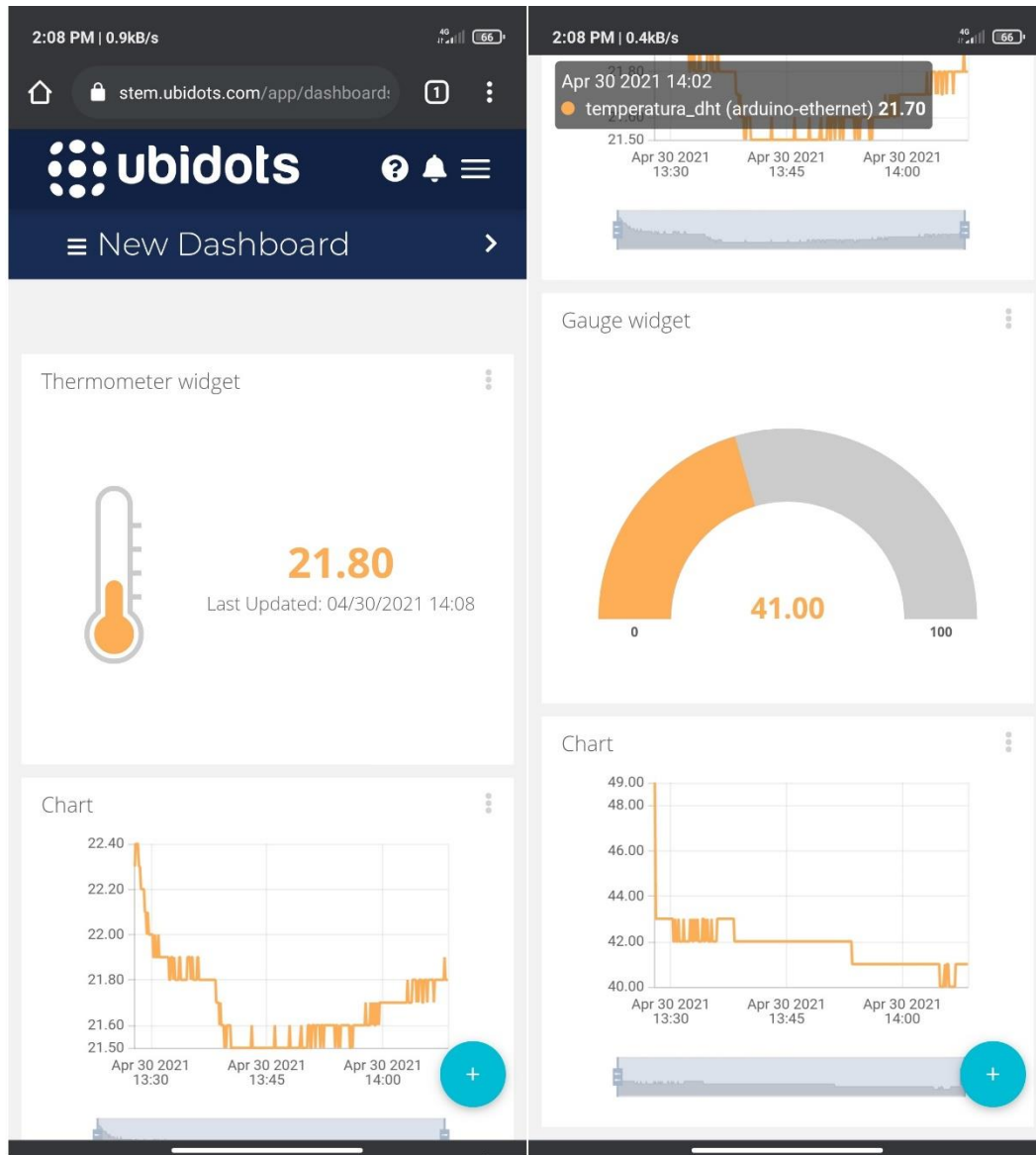


Figure 36 Dashboard de Ubidots por Navegador de Celular.

Fuente: Elaboracion Propia. (2020)

4.10. Cálculos de la Propagación y Potencia

Necesitamos averiguar los cambios y las perturbaciones que la señal desde que abandona al Transmisor hasta que llega al Receptor. Según Nuñez Perez (2017) se analiza la variación de potencia de la señal recibida con respecto a la distancia debido a la disminución de intensidad provocada por los fenómenos físicos que se producen

dentro de la trayectoria, causado disipación de la potencia radiada por el transmisor. Este cálculo se involucran los parámetros que se observan en la figura 26 y cuyo modelo parte de la ecuación de Friis.

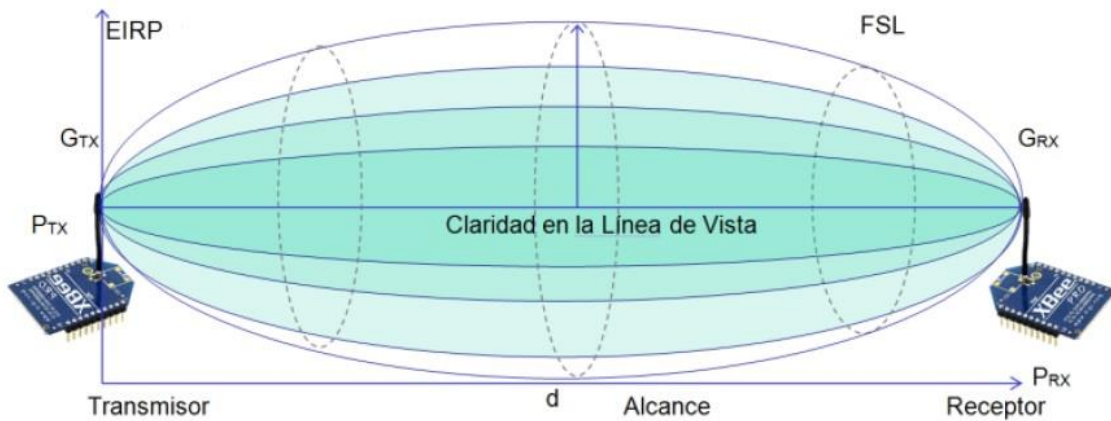


Figure 37 Modelo de Friis.

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, IPN-UPIITA. (2017)

Para poder tener datos de como ver la propagación y atenuación de la red que se realizó, se desarrolló una tabla donde obtuvimos los siguientes datos, basados en las siguientes ecuaciones.

$$PPE = 10 \log \left(\frac{4\pi \times 10^{12}}{3 \times 10^8} \right) + 20 \log Dkm + 20 \log fGhz$$

PPE_{Db} = Perdidas por propagación en el espacio en Db.

Dkm = Distancia del enlace en Km

FGHz = Frecuencia de operación en GHz

$$PIRE = Ptx - Llt + Gtx$$

PIRE = Potencia Isotrópica Radiada Equivalente en dB.

PTx = Potencia de transmisión en dB.

GRx = Ganancia de la antena de recepción.

LTL = Perdida por conector y por línea de transmisión en dB.

$$NRS = PIRE - PPE + Grx - Llr$$

NRS = Nivel de Recepción de la Señal en dB,
GRx = Ganancia de la antena receptora,
LRL = Perdida por conector y por línea de receptor en dB.

$$M = S - NRS$$

M = Margen de desvanecimiento de la Señal,
S = Ganancia de la antena receptora.

$$RSSI = NRS - 10\log(1mW)$$

RSSI = Indicador de fuerza de la señal recibida

Para poder entender los parámetros de RSSI tenemos la siguiente tabla con los siguientes valores recomendados de RSSI.

Valores recomendados de RSSI	
Rango de RSSI	Calidad de la Señal
Mejor a -40 dB	Excepcional
-40 dB a -55 dB	Muy Bueno
-55 dB a -70 dB	Bueno
-70 dB a -80 dB	Marginal
menores a -80 dB	Intermitente o no operacional

Tabla 2 Valores recomendados de RSSI

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, IPN-UPIITA. (2017)

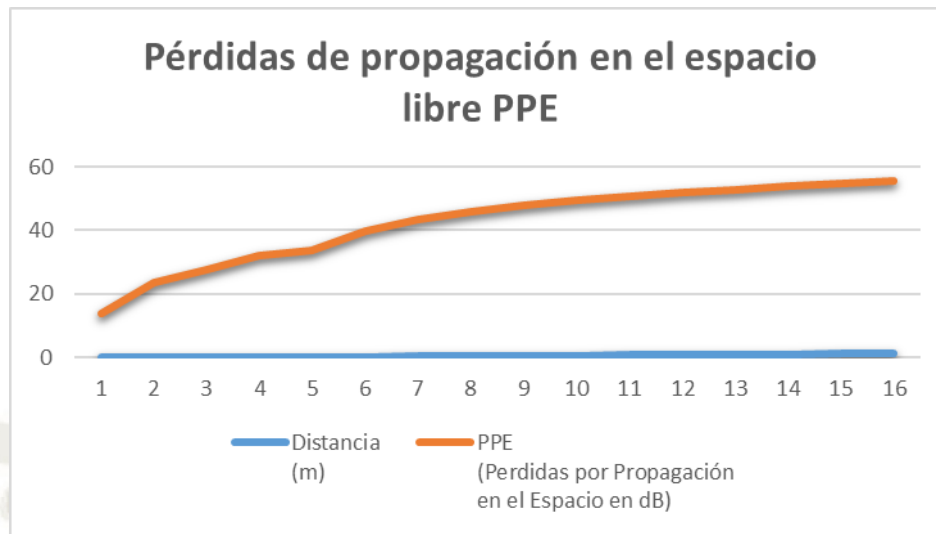
Los valores que se obtuvo reemplazando los valores en las ecuaciones antes ya descritas, muestran datos que se esperaban, ya que según la ficha de datos este indica que la máxima distancia es de 1200 metros y que tendremos un buen rendimiento del equipo.

Frecuencia (GHz)	Distancia (m)	PPE (Perdidas por Propagación en el Espacio en dB)	PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente en dB)	NRS (Nivel de Recepción de la Señal en dB)	M (Margen de desvanecimiento de la Señal)	RSSI (Relación de 1mW)
2.4	0.01	13.83	31	-53.83	-48.17	-23.83
2.4	0.03	23.37	31	-63.37	-38.63	-33.37
2.4	0.05	27.80	31	-67.80	-34.20	-37.80
2.4	0.08	31.89	31	-71.89	-30.11	-41.89
2.4	0.1	33.83	31	-73.83	-28.17	-43.83
2.4	0.2	39.85	31	-79.85	-22.15	-49.85
2.4	0.3	43.37	31	-83.37	-18.63	-53.37
2.4	0.4	45.87	31	-85.87	-16.13	-55.87
2.4	0.5	47.80	31	-87.80	-14.20	-57.80
2.4	0.6	49.39	31	-89.39	-12.61	-59.39
2.4	0.7	50.73	31	-90.73	-11.27	-60.73
2.4	0.8	51.89	31	-91.89	-10.11	-61.89
2.4	0.9	52.91	31	-92.91	-9.09	-62.91
2.4	1	53.83	31	-93.83	-8.17	-63.83
2.4	1.1	54.65	31	-94.65	-7.35	-64.65
2.4	1.2	55.41	31	-95.41	-6.59	-65.41

Tabla 3 Tabla de Valores de RSSI

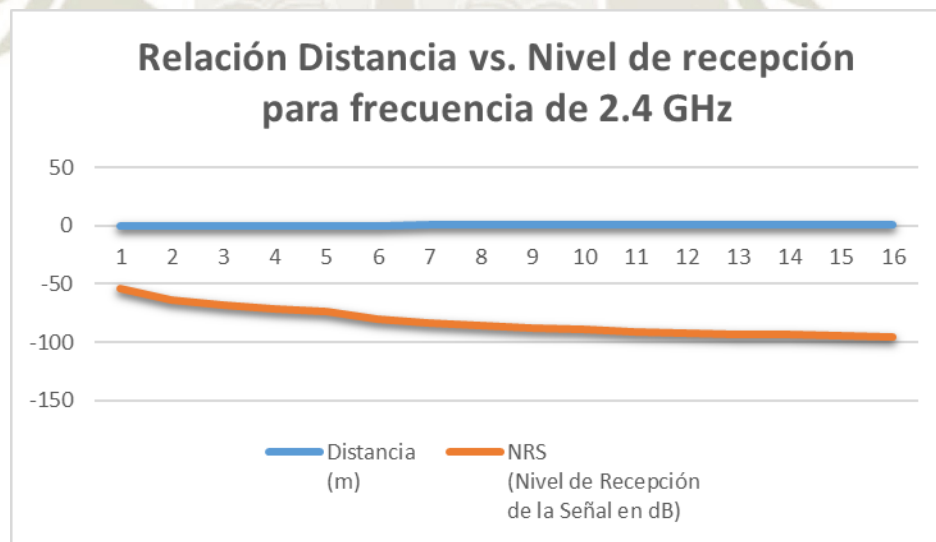
Fuente: Elaboración Propia. (2020)

Con estos valores podemos sacar graficas de “Distancia vs Perdidas de propagación”, así como también de “Distancia vs Nivel de recepción de la señal de dB”.



Grafica 3 Distancia vs Perdidas de propagación

Fuente: Elaboración Propia. (2020)



Grafica 4 Distancia vs Nivel de recepción de la señal de dB.

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

4.10.1. Calculo de reles, electroválvula y Potencia

Comparando las especificaciones técnicas tanto de la electroválvula como del rele para ver si son compatibles.

Especificaciones Electrovalvula	Especificaciones Rele
<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 12 V DC • Potencia nominal: 5 W • Presión: 0.02Mpa > 1.5L/min, 0.10Mpa > 7L/min, 0.30Mpa > 12L/min, 0.80Mpa > 20L/min • Modelo de funcionamiento: Normalmente cerrado • Tipo de rosca: 1/2" en la entrada y en la salida • Numero de aperturas: mas de 1,000,000 veces 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de Operación bobina: 5V DC • Corriente bobina: 75 mA • Voltaje máximo de carga: 240V AC/ 30V DC • Corriente máxima de carga: 10A • Contactos: 1 NO, 1 NC • Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms

Viendo las dimensiones de mangera con la cual se realizará el regadio elegimos nuestra electrovalvula que sea de ½ pulgada revisando las fichas técnicas elegimos nuestro rele el cual nos ayudará al funcionamiento correcto de la electrovalvula.

Vemos que el voltaje de operación es de 30Vdc en el rele y en nuestra electrovalvula es de 12Vdc, por lo que estamos dentro del rango de operación.

Para ver si nuestro rele es el indicado vamos a comprobarlo de manera matemática.

$$I = P / (V \times \sqrt{3} \times \cos \theta)$$

$$I = 5 / (12 \times 1.73 \times 0.85)$$

$$I = 0.2801 \text{ Amp}$$

4.11. Alimentación de Emergencia.

El sistema si bien es alimentado con energía eléctrica sea esta suministrada por la red eléctrica o por paneles fotovoltaicos, tienen un problema el cual es que el sistema quedaría en suspensión en caso la energía se corte.

Para poder solucionar los problemas que se puedan suscitar con el corte de las energías la opción sería la siguiente.

Tener una fuente de alimentación de emergencia la cual entrara en funcionamiento cuando la fuente principal de alimentación falle o salga de funcionamiento, esto se logrará en base al uso de un By-pass, este nos ayudara a que la fuente se cargue a medida que el sistema esta en funcionamiento, en la siguiente figura se aprecia el By-Pass que se recomienda usar.

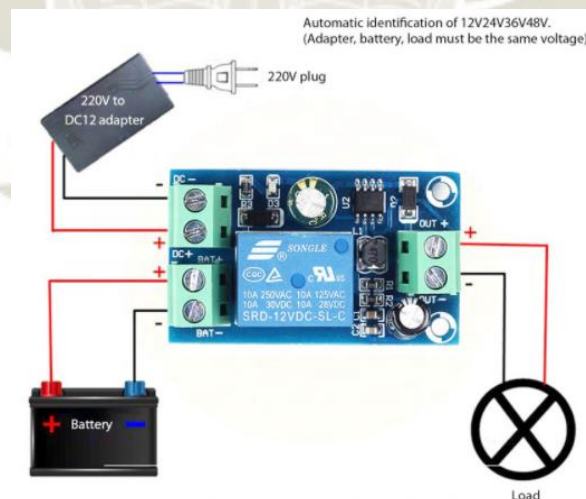


Figure 38 Módulo de protección de conmutación automática para UPS emergencia.

Fuente: EZONEDE (2017)

Este modulo By-pass lo usaremos en los modulos de módulo de Router y módulo Actuador, este modulo nos ayudara a que que el sistema este siempre conectado, y que los modulos estén siempre transmitiendo o recibiendo la señal.

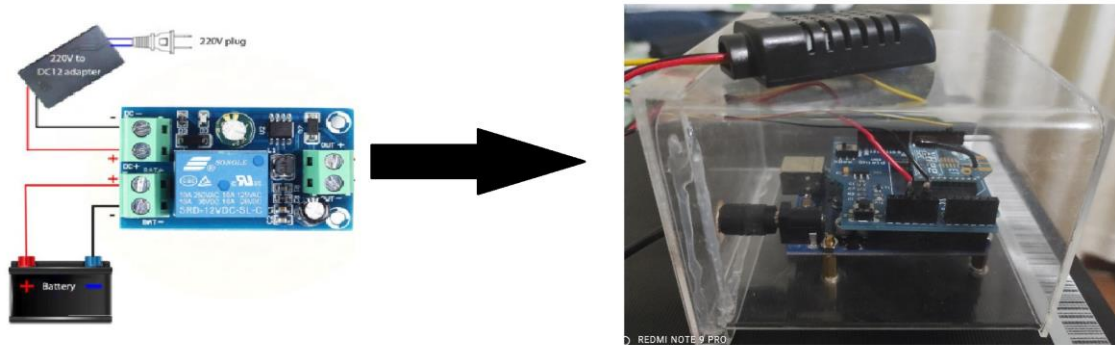


Figure 39 Módulo de Router y By-Pass.

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

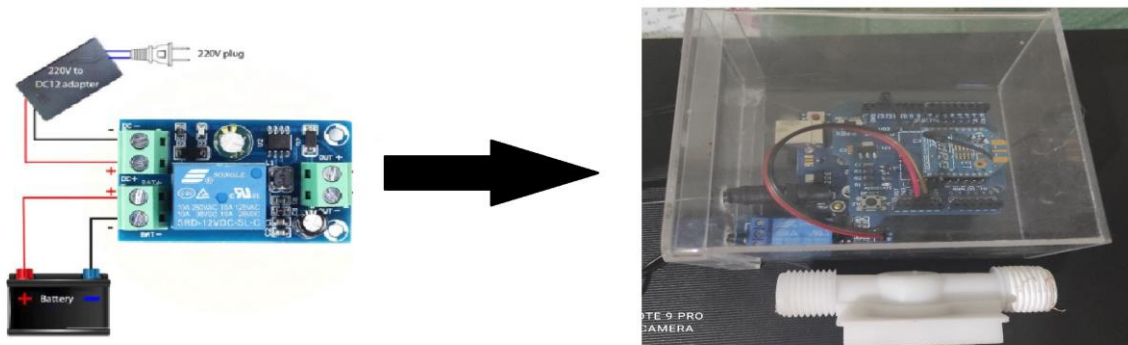


Figure 40 Módulo Actuador y By-Pass.

Fuente: Elaboración Propia. (2021)

En estos dos modulos son donde los usaremos ya que son los que tiene el riesgo de quedarse sin energía en el funcionamiento, con el By-Pass tendremos la opción que si la energía de panel solar se fuera entraría la energía del banco de baterías, haciendo esto que el sistema no se quede sin energía en el funcionamiento hasta que la energuia del panel solar vuelva a entrar en funcionamiento.

4.11.1. Restablecimiento del sistema ante la falla de Alimentación

El sistema se va a reestablecer de manera automática, esto se va a dar debido cuando la alimentación regrese en caso no tengamos una fuente de alimentación secundaria.

Sea cual fuera el modulo que salga de funcionamiento sea el modulo de Coordinador, Modulo Router o el Modulo Actuador, el sistema cuando reconozca la energía eléctrica comenzara a funcionar a excepción del Modulo Router ya que este tiene un tiempo de retardo que es de 5 segundos máximo esto se debe a la programación que realizamos ya que este es el tiempo que demora el sensor en volver a mandar una lectura de temperatura y humedad.

En caso el sistema este funcionando de manera optima y se encuentre realizando el riego a las plantaciones y falle la energía, por ende, el riego se suspenderá, pero cuando el sistema reconozca la alimentación secundaria seguirá realizando la tarea que tenia pendiente.

Pero si en caso no tuviéramos esta fuente secundaria y el sistema se paralice y después de unos cuantos minutos u horas se normalice el funcionamiento el sistema comenzara a tomar datos nuevamente y obtara por terminar la tarea que tenia pendiente en caso los valores medidos por el sensor de humedad y temperatura no haya variado, pero si en caso estos hayan cambiando el sistema tomara la opción de para el riego hasta que los valores de temperatura y humedad sean los necesarios para que comience a relizar el riego nuevamente.



CAPITULO V
FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

5. PRESUPUESTO DE PROYECTO DE TESIS

5.1. Antecedentes de la Investigación

La factibilidad económica la dividiremos en partes, esto para poder comprender como y para que, estas partes son únicas y diferentes entre sí.

Primero tenemos que comprender que ver la factibilidad económica es prácticamente tener una valorización del proyecto, ya que con este poder agregar, quitar o modificar apartados que veamos convenientes.

5.2. Presupuesto general del Proyecto para ser implementado.

El presupuesto general del proyecto involucra varias partes las cuales son importantes al momento de valorizar y darle un costo al trabajo realizado, desde saber cuánto es la mano de obra, herramientas, materiales, tiempo entre otras.

El hacer un presupuesto involucra pensar desde que es lo que vamos a realizar, cómo y cuánto tiempo llevara, estos presupuestos se realizar antes de todo, por lo que tenemos que tener bien claro el objetivo.

El modelo de presupuesto es el siguiente.

**DISEÑAR E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE UNA RED
INALÁMBRICA UTILIZANDO XBEE, ARDUINO Y APLICACIÓN
DE MONITOREO MAJES-AREQUIPA**

1.00 COSTO DE MANO DE OBRA

REMUNERACIONES	CANTIDAD PERSONAL	PRECIO DIA	DIAS REQUERIDOS	PRECIO
Bachiller Hans Málaga	1.00	8H/DIA 60.00	20.00	1,200.00
TOTAL MANO DE OBRA				1,200.00

2.00 COSTO DE UNIFORMES E IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD	CANTIDAD DE EPP	VIDA UTIL (MESES)	PRECIO UNITARIO	TIEMPO USO (DIAS)	PRECIO TOTAL
Casco de Seguridad	1.00	6.00	0.43	20.00	8.60
Guantes Preckarie	1.00	1.00	0.85	20.00	17.00
Lentes Claros	1.00	1.00	0.44	20.00	8.80
Ropa de Trabajo	1.00	3.00	10.00	20.00	200.00
Zapato Dieléctrico	1.00	6.00	1.59	20.00	31.80
TOTAL, UNIFORME/IMPLEM. DE SEGURIDAD					266.20

3.00 COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE EQUIPOS	VIDA UTIL (MESES)	PRECIO UNITARIO	TIEMPO USO (DIAS)	PRECIO TOTAL
Maleta de Herramientas	1.00	6.00	17.00	20.00	340.00
TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					340.00

4.00 COSTO DE MATERIALES E INSUMOS

DESCRIPCION Y MARCA	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Arduinos UNO	Unid.	3.00	35.00	105.00
Carcasas de Acrílico	Unid.	3.00	15.00	45.00
Electrovalvula 12V	Unid.	1.00	24.00	24.00
Materiales consumibles varios	Unid.	1.00	15.00	15.00
Modulo Adaptador USB para Xbee	Unid.	1.00	35.00	35.00
Pantalla LCD 16x2	Unid.	1.00	10.00	10.00
Relé	Unid.	1.00	10.00	10.00
Sensor de Humedad y Temperatura DHT21	Unid.	2.00	26.00	52.00
Shield Xbee Pro	Unid.	3.00	43.00	129.00
Shield Ethernet Arduino	Unid.	1.00	44.00	44.00

Xbee PRO S2C	Unid.	3.00	115.00		345.00
Materiales varios	Und.	1.00	100.00		100.00
TOTAL MATERIALES E INSUMOS					914.00

5.00 COSTO DE TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN (capacidad- marca)		CANTIDAD	PRECIO DIA	TIEMPO USO (DIAS)	PRECIO TOTAL
Movilidad		1.00	8.00	10.00	80.00
TOTAL TRANSPORTE					80.00

RESUMEN (Todos los costos no incluyen I.G.V.)					
COSTOS TOTALES					PRECIO
COSTOS DIRECTOS					
1.00	<i>COSTO DE MANO DE OBRA</i>				1,200.00
2.00	<i>COSTO DE EQUIPO DE PROTECCION DE SEGURIDAD</i>				266.20
3.00	<i>COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</i>				340.00
4.00	<i>COSTO DE MATERIALES E INSUMOS</i>				914.00
5.00	<i>COSTO DE TRANSPORTE</i>				80.00
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS					2,800.20
COSTOS INDIRECTOS					
6.00	<i>UTILIDAD</i>			4%	112.01
SUB TOTAL COSTOS INDIRECTOS					112.01
PRECIO TOTAL DEL SERVICIO POR INTERVENCION S/.					2,912.21

Tabla 4 Tabla de Presupuestos

Fuente: Elaboración Propia. (2020)

5.3. Detalle de las partes del presupuesto.

El presupuesto como bien se da a conocer tenemos varias partes, como Mano de obra, Equipamiento de Protección, Equipos y Herramientas entre otras, por lo que daremos razón del porque están incluidas.

5.3.1. Detalle de Mano de Obra.

La mano de obra es un punto fundamental ya que es donde damos a conocer las horas de trabajo, así como el costo de las horas el cual tendrá el personal a ejecutar.

5.3.2. Detalle de Equipo de Protección de Seguridad.

En el apartado de Equipos de protección y seguridad vemos los implementos que llevará el personal ejecutor para proceder con su respectivo trabajo, este equipo de protección se puede definir como el EPP a utilizar siendo los básicos elementos como casco, chaleco, botas, guantes, orejeras y mascarilla.

5.3.3. Detalle de Equipos y Herramientas.

En equipos y herramientas detallamos los elementos con los cuales se realizará el trabajo, aquí podemos ver que los costos de estos son variados y menores a los costos reales, esto es debido a que el costo real debe ser dividido entre el tiempo de uso.

5.3.4. Detalle de Materiales e Insumos.

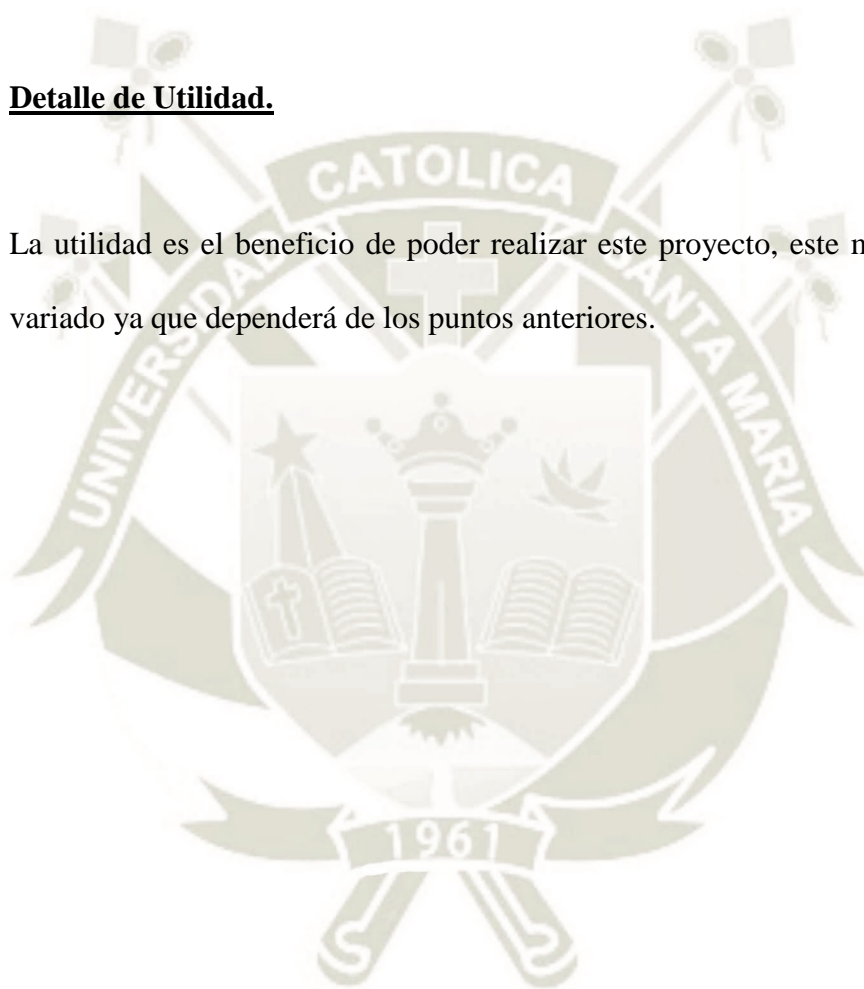
Los materiales y los insumos son elementos de un solo uso, esto implica que el trabajador desechará materiales u objetos que ya no se puedan aprovechar, en caso sean materiales o equipos y que sean partes del proyecto también serán detallados en este apartado ya que ya forma parte de la empresa o persona que adquiere este producto.

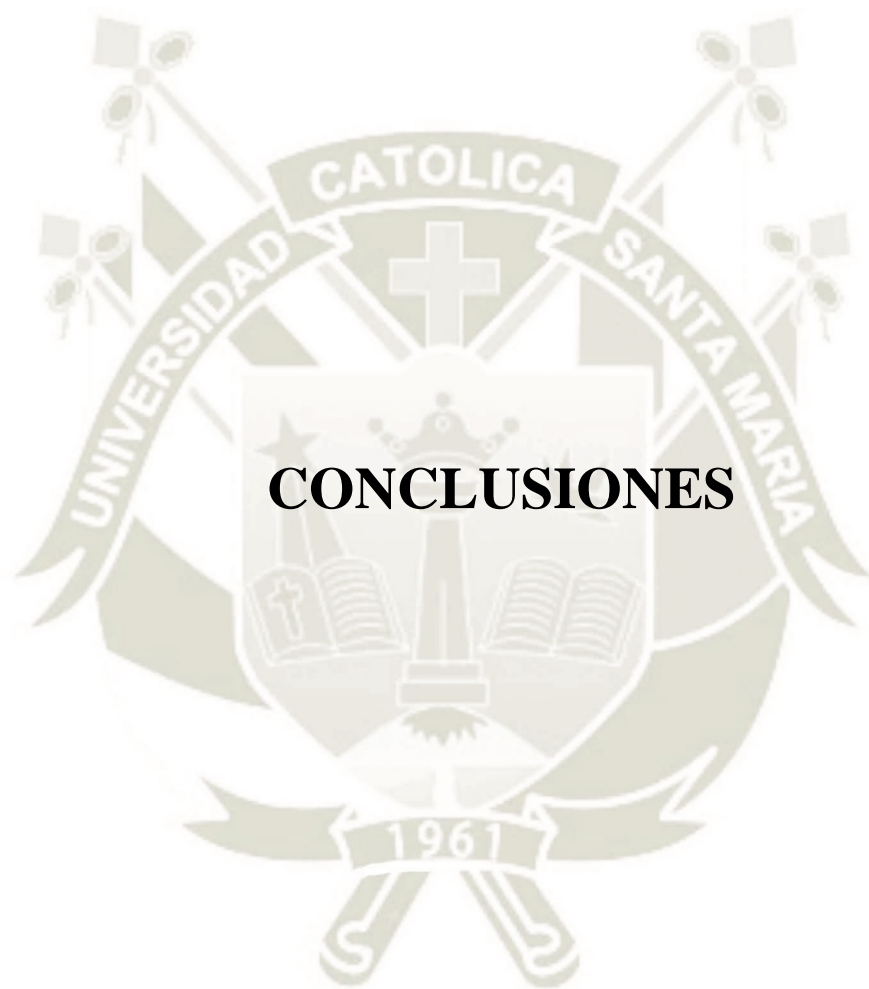
5.3.5. Detalle de Transporte.

El transporte forma parte crucial de este presupuesto, ya que aquí detallamos todos los medios de transporte que veamos por conveniente, como el hecho de transportarse hasta el punto de instalación o de trabajo.

5.3.6. Detalle de Utilidad.

La utilidad es el beneficio de poder realizar este proyecto, este margen puede ser variado ya que dependerá de los puntos anteriores.





CONCLUSIONES

PRIMERO. - Resultó posible apreciar que actualmente a pesar de que se cuenta con la información referente a los valores de humedad que requieren o afectan cada uno de los cultivos que se llevan a cabo en la región Sur de Arequipa; no se manejan datos indispensables con respecto a las condiciones del suelo donde resulta necesario la plantación de la variedad de tubérculos producidos en la misma.

SEGUNDO. - Igualmente, no se poseen registros de los valores reales, al igual que las tendencias predominantes, relativas a la temperatura y la humedad del asado, situación que se ve agravada por la ausencia de un sistema de monitoreo constante de las mismas que permita su medición, y así poder corregir las fallas o visualizar obstáculos de forma anticipada, lo que contribuiría a mejorar el proceso y a la vez, obtener una optimización continua del sistema automatizado de manera paulatina.

TERCERO. - Asimismo, al integrar las tecnologías propuestas en la investigación al proceso productivo, se demostró que las mismas resultan eficaz y necesarias en aquellos lugares donde se requiera mantener un control constante y preciso de las condiciones ambientales que puedan afectar las labores diarias, y, por ende, el cumplimiento del proceso.

CUARTO. - En la actualidad no existe una aplicación de riego automatizado en el cual no permite controlar cuan húmedo debe mantenerse el suelo para el sembrío de flora de forma correcta, ocasionando la contratación de recurso humano produciendo gastos adicionales, el cual se reflejan en el desempeño y ganancia del agricultor. Por lo tanto, no se tiene implementado un sistema de riego automatizado sin la presencia de recurso humano,

permitiendo optimizar el sistema de control, además aprovechar las cualidades de la automatización el poder monitorear en tiempo real y controlar los procesos mediante los últimos avances tecnológicos.





RECOMENDACIONES

PRIMERO. - Sería recomendable ampliar este estudio de riego no solamente en horario diurno sino implementarlo también en horario nocturno esto será acorde de la demanda del proceso.

SEGUNDO. - Se debe incorporar una base de datos en el proceso productivo que pueda ser visualizada y consultada permanentemente desde una red externa (internet), ya que permitirá llevar a cabo un registro del comportamiento del terreno; con miras de monitorear los valores de temperatura y humedad del mismo.

TERCERO. - Es recomendable emplear el sistema de riego automatizado propuesto en el estudio en diferentes categorías de riego tecnificado, debido a que se obtendría un eficiente uso del agua en los sistemas de cultivo; lo que generaría una reducción en la pérdida del vital líquido, al mismo tiempo que se disminuyen los costos de producción la mano de obra empleada.

CUARTO. - Se recomendaría ampliar las facultades del sistema de riego no solamente mediante una red inalámbrica (Optar integrarlo a otros sistemas de riego) y de estos poder acceder remotamente desde el internet.

Implementar un registro de datos históricos, tanto para la visualización y registro con la finalidad de dar seguimiento sobre todo a las características del suelo desde que se empieza a humedecer hasta que se encuentre húmedo.

QUINTO. - Finalmente, se recomienda realizar futuras investigaciones que estén relacionadas con las variables objeto de estudio, al igual que otorgarle una mayor frecuencia; a fin de contribuir al monitoreo en tiempo real de la humedad del suelo, así como de otros datos relativos a las condiciones climáticas que afecten el sistema productivo





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Albarracín, Contero. (2017). Desarrollo de una red sensorial inalámbrica implementada con la tecnología Zigbee para el monitoreo de la calidad del agua. Ecuador.

Aranzabal, C. (2001). Electronica basica. España.

Arduino. (2005). Arduino Board. USA.

Arduino tutorial. (2016). Arduino Basico.

Calvillo, Bonilla, Nuñez. (2017). Estimación del alcance de radiotransmisores Xbee. Mexico.

Calvillo, et al. (2017). Estimación del alcance de radiotransmisores Xbee. México.

Digi. (2018). Zigbee RF Modules User Guide. Xbee2, Xbee2pro, s2b.

Herrera, Barrios, Pérez. (2014). Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino. Colombia.

Ing. Rapallini, José Antonio. (2021). Sistemas de Redes de Sensores Inalámbricos. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional, Centro de Codiseño Aplicado (CODAPLI).

Ing. RobertoKosaka Masuno. (2001). Estudio Geodinámico Y Evaluacion De Peligros Del Valle De Majes.

José Cruz Núñez Pérez. (2017). Estimación del alcance de radiotransmisores Xbee. Mexico.

Julieta C. Schallenberg Rodríguez. (2008). Energías renovables y eficiencia energética. InstitutoTecnológico de Canarias, S.A., Gran Canaria.

López Pérez, M. (2014). Proyecto de diseño de una red inalámbrica de sensores de bajo coste. Catalunya.

Malvino, A. (2002). Principios de electronica 7ma Edición. 7ma ediciones Conabar E.I.R.L.

Ministerio de Agricultura. (1975). Estudio Agrologico Detallado De Las Pampas De Majes Y Siguas. Arequipa.

Osinergmin. (2013). INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS RENOVABLES. Lima.

Pilatuña Flores, C. (2018). Diseño E Implementación De Un Sistema Radiante Para Mejorar El Alcance En Una Red Zigbee En Un Sistema De Monitoreo Ambiental.

Prada. (2017). Instrumentación para control de Procesos.

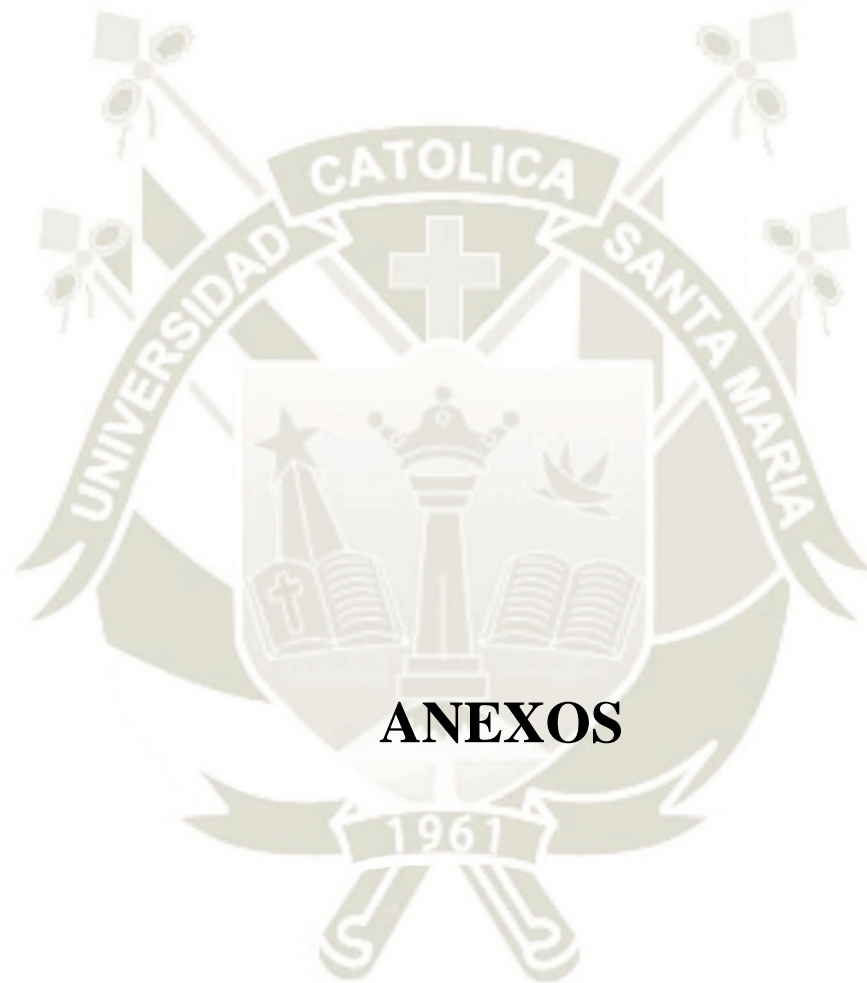
Praroah, W. (2002). Radiología oral, principios e interpretación (4ta ed.). Madrid, España: Hacourt S.A.

Pratap, R. (2014). Arduino: Introducción y Programación.

Ruiz Gutierrez, J. (2007). Arduino - Manual de programación, guía practica rápida de referencia. USA: First Edición .

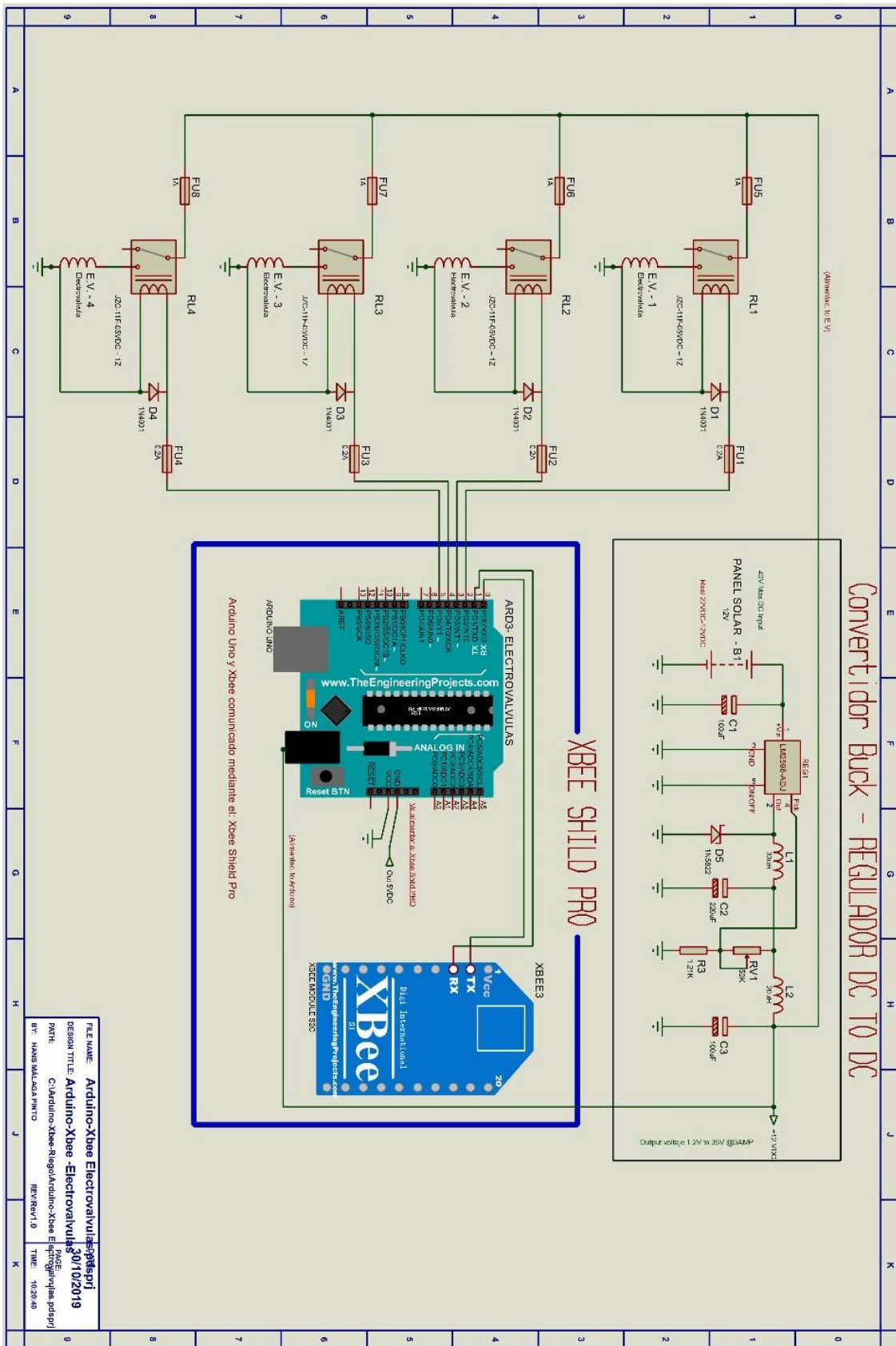
Xbee Series 1. (2008). Guía del Usuario MCI Electronics. Ingeniería MCI LDTA.

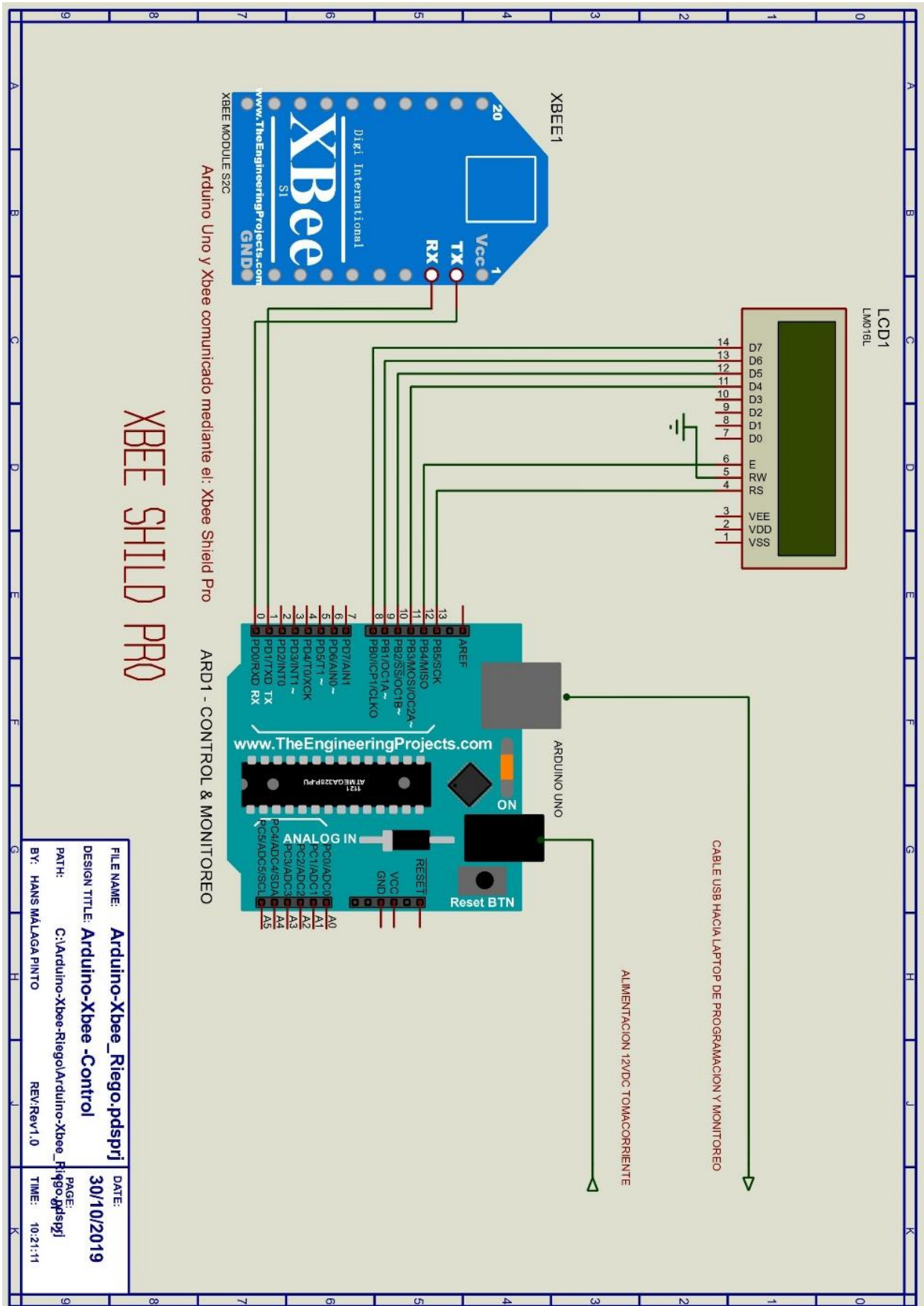
Xbee, Xbee-pro, rf Modules. (2013). Product manual V1.xEx -802.15.4 Protocol. Canada.



ANEXOS

A. Planos Electricos





B. Lista De Materiales

EXTRACTO DE MATERIALES POR SECCION

SECCION	Ítem	Categoría	Marca	Descripción	Part. Number	Value	Quantity
Arduino-Xbee - Control	1	Miscellaneous	Arduino	Microcontrolador ATmega328 programable / Arduino Uno	ARD1 - CONTROL & MONITOREO	-	1
	2	Miscellaneous	Arduino	Adaptador para Arduino y Xbee	Xbee Shield PRO	-	1
	3	Miscellaneous	-	Display LCD	LCD1	LM016L	1
	4	Miscellaneous	Digi	Modulo de comunicacion RF Xbee S2C	S2C	XBEE MODULE S2C	1
	5	Miscellaneous	-	Fuente de voltaje 9VDC 3Amp.	-	-	-
Arduino-Xbee - Temp&Hum.	6	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C4,C6	100uF	2
	7	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C5	220uF	1
	8	Resistencias	-	Resistencia	R1	1.21K	1
	9	Circuitos Integrados	Aosong	Sensor de Temperatura y Humedad	U1-U4	DHT11	4
	10	Regulador	Texas Instruments	Regulador Step-Down (Buck)	LM2596 T-ADJ	-	1
	11	Diodos	-	Diodo de silicio	D6	1N5822	1
	12	Miscellaneous	Arduino	Microcontrolador ATmega328 programable / Arduino Uno	ARD 2 - TEMPERATURA & HUMEDAD	-	1
	13	Miscellaneous	Arduino	Adaptador para Arduino y Xbee	Xbee Shield PRO	-	1
	14	Miscellaneous	-	Fusible de 0.2 Amperios	FU9-FU12	0.2 ^a	4
	15	Miscellaneous	-	Bobina de	L3	33uH	1

		eous		nucleo de Aire			
	16	Miscellaneous	-	Bobina de nucleo de Aire	L4	20uH	1
	17	Miscellaneous	Eco-Worthy	10W Monocrystalline 20 Watts 12v Poly Solar Panel	PANEL SOLAR - B2	12V	1
	18	Miscellaneous	-	Potenciometro	RV2	50K	1
	19	Miscellaneous	Digi	Modulo de comunicacion RF Xbee S2C	S2C	XBEE MODULE S2C	1
Arduino-Xbee – Electrovalvulas	20	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C1,C3	100uF	2
	21	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C2	220uF	1
	22	Resistencias	-	Resistencia	R3	1.21K	1
	23	Diodos	-	Diodo de silicio	D1-D4	1N4001	4
	24	Diodos	-	Diodo de silicio	D5	1N5822	1
	25	Miscellaneous	Arduino	Microcontrolador ATmega328 programable / Arduino Uno	ARD 3-ELECTROVALVULAS	-	1
	13	Miscellaneous	Arduino	Adaptador para Arduino y Xbee	Xbee Shild PRO	-	1
	26	Miscellaneous	Asco	Válvulas solenoide, Normalmente Cerrada 1/2", EV. 12VDC / p/n: 8210G002	E.V. - 1- E.V. - 4	-	4
	27	Miscellaneous	-	Fusible de 0.2 Amperios	FU1-FU4	0.2 ^a	4
	28	Miscellaneous	-	Fusible de 1 Amperio	FU5-FU8	1 ^a	4
	29	Miscellaneous	-	Bobina de nucleo de Aire	L1	33uH	1
	30	Miscellaneous	-	Bobina de nucleo de Aire	L2	20uH	1
	31	Miscellaneous	Eco-Worthy	20W Monocrystalline 20 Watts 12v Poly Solar Panel	PANEL SOLAR - B1	12V	1
32	Miscellaneous	Cndongya	Rele auxiliar 5VDC coil	RL1-RL4	JZC-11F-	4	

				1COM+1NA+1 NC		05VDC - 1Z	
	33	Miscellan eous	-	Potenciometro	RV1	50K	1
	34	Miscellan eous	Digi	Modulo de comunicacion RF Xbee S2C	S2C	XBEE MODU LE S2C	1



C. Extracto De Materiales Consolidado

Item	Categoria	Marca	Descripcion	Part. Number	Value	Quantity
1	Miscellaneous	Arduino	Microcontrolador ATmega328 programable / Arduino Uno	ARD1 - ARD2 - ARD3	-	3
2	Miscellaneous	Arduino	Adapatador para Arduino y Xbee	Xbee Shild PRO	-	3
3	Miscellaneous	-	Display LCD	LCD1	LM016L	1
4	Miscellaneous	Digi	Modulo de comunicacion RF Xbee S2C	S2C	XBEE MODUL E S2C	1
5	Miscellaneous	-	Fuente de voltaje 9VDC 3Amp.	-	-	-
6	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C1,C3,C4, C6	100uF	4
7	Condensadores	-	Condensador Electrolitico	C2,C5	220uF	2
8	Resistencias	-	Resistencia	R1,R3	1.21K	2
9	Circuitos Integrados	Aosong	Sensor de Temperatura y Humedad	U1-U4	DHT11	4
10	Regulador	Texas Instruments	Regulador Step-Down (Buck)	LM2596T-ADJ	-	1
11	Diodos	-	Diodo de silicio	D5,D6	1N5822	2
14	Miscellaneous	-	Fusible de 0.2 Amperios	FU1-FU4, FU9-FU12	0.2A	8
15	Miscellaneous	-	Bobina de nucleo de Aire	L1,L3	33uH	2
16	Miscellaneous	-	Bobina de nucleo de Aire	L2,L4	20uH	2
17	Miscellaneous	Eco-Worthy	10W Monocrystalline 20 Watts 12v Poly Solar Panel	PANEL SOLAR - B2	12V	1
18	Miscellaneous	-	Potenciometro	RV1, RV2	50K	2
23	Diodos	-	Diodo de silicio	D1-D4	1N4001	4
26	Miscellaneous	Asco	Válvulas solenoide, Normalmente Cerrada 1/2", EV. 12VDC / p/n:	E.V. - 1- E.V. - 4	-	4

			8210G002			
28	Miscellaneous	-	Fusible de 1 Amperio	FU5-FU8	1A	4
31	Miscellaneous	Eco-Worthy	20W Monocrystalline 20 Watts 12v Poly Solar Panel	PANEL SOLAR - B1	12V	1
32	Miscellaneous	Cndongya	Rele auxiliar 5VDC coil 1COM+1NA+1N C	RL1-RL4	JZC-11F-05VDC - 1Z	4



D. Hoja de Datos de Arduino UNO

1 Arduino Uno



Overview

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

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

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

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) (0.5 KB used by bootloader)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

2 Arduino Uno

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-reference-design.zip](#)

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

Power

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

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

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

The power pins are as follows:

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

Memory

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

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

3 Arduino Uno

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **I²C: 4 (SDA) and 5 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

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

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports?](#)

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega8U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '8U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

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

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

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

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available. The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

4 Arduino Uno

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

E. Hoja de Datos de DHT 11



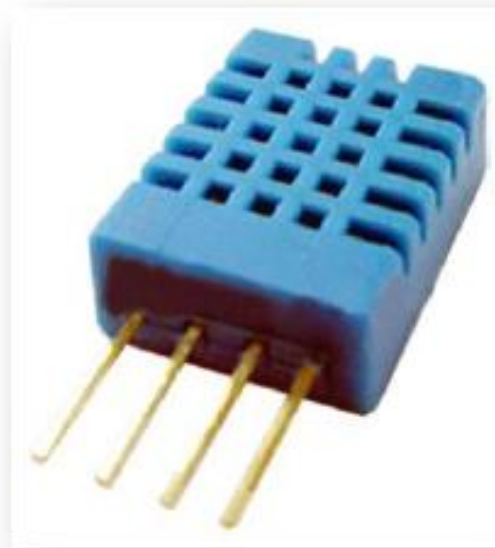
DHT11 Humidity & Temperature Sensor

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output.

DHT 11 Humidity & Temperature Sensor

1. Introduction

DHT11 Temperature & Humidity Sensor features a temperature & humidity sensor complex with a calibrated digital signal output. By using the exclusive digital-signal-acquisition technique and temperature & humidity sensing technology, it ensures high reliability and excellent long-term stability. This sensor includes a resistive-type humidity measurement component and an NTC temperature measurement component, and connects to a high-performance 8-bit microcontroller, offering excellent quality, fast response, anti-interference ability and cost-effectiveness.



Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process. The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package. It is convenient to connect and special packages can be provided according to users' request.

2. Technical Specifications:

Overview:

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

Detailed Specifications:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			± 1%RH	
Accuracy	25°C		± 4%RH	
	0-50°C			± 5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C , 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			± 1%RH	
Long-Term Stability	Typical		± 1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			± 1°C	
Accuracy		± 1°C		± 2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

3. Typical Application (Figure 1)

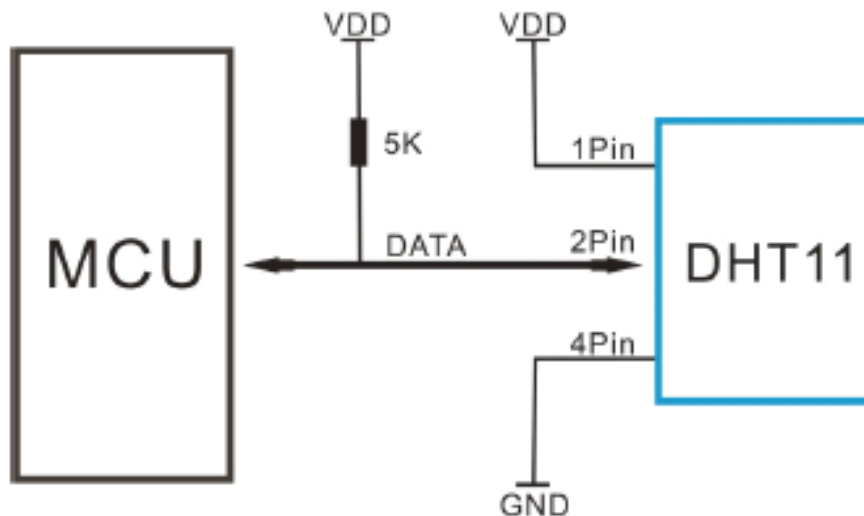


Figure 1 Typical Application

Note: 3Pin – Null; MCU = Micro-computer Unite or single chip Computer

When the connecting cable is shorter than 20 metres, a 5K pull-up resistor is recommended; when the connecting cable is longer than 20 metres, choose a appropriate pull-up resistor as needed.

4. Power and Pin

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

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

Single-bus data format is used for communication and synchronization between MCU and DHT11 sensor. One communication process is about 4ms.

Data consists of decimal and integral parts. A complete data transmission is 40bit, and the sensor sends higher data bit first.

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

5.1 Overall Communication Process (Figure 2, below)

When MCU sends a start signal, DHT11 changes from the low-power-consumption mode to the running-mode, waiting for MCU completing the start signal. Once it is completed, DHT11 sends a response signal of 40-bit data that include the relative humidity and temperature information to MCU. Users can choose to collect (read) some data. Without the start signal from MCU, DHT11 will not give the response signal to MCU. Once data is collected, DHT11 will change to the low-power-consumption mode until it receives a start signal from MCU again.

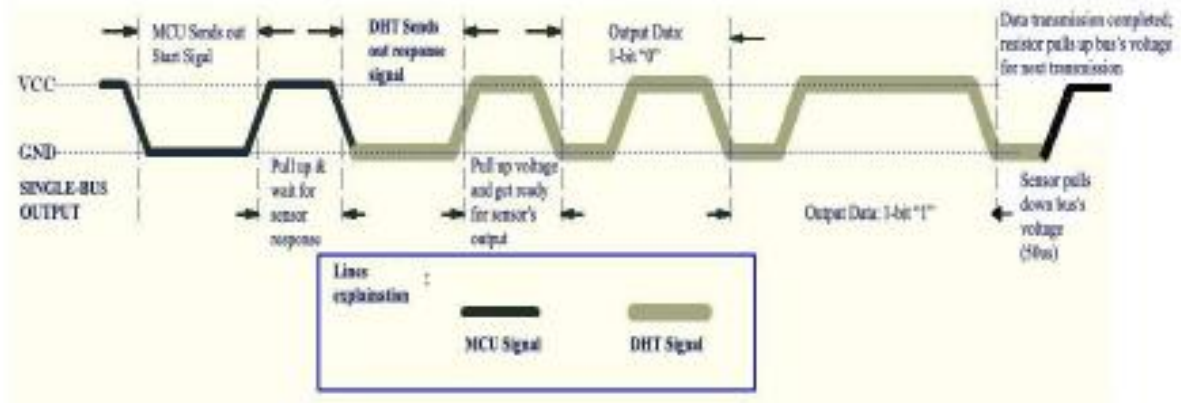


Figure 2 Overall Communication Process

5.2 MCU Sends out Start Signal to DHT (Figure 3, below)

Data Single-bus free status is at high voltage level. When the communication between MCU and DHT11 begins, the programme of MCU will set Data Single-bus voltage level from high to low and this process must take at least 18ms to ensure DHT's detection of MCU's signal, then MCU will pull up voltage and wait 20-40us for DHT's response.

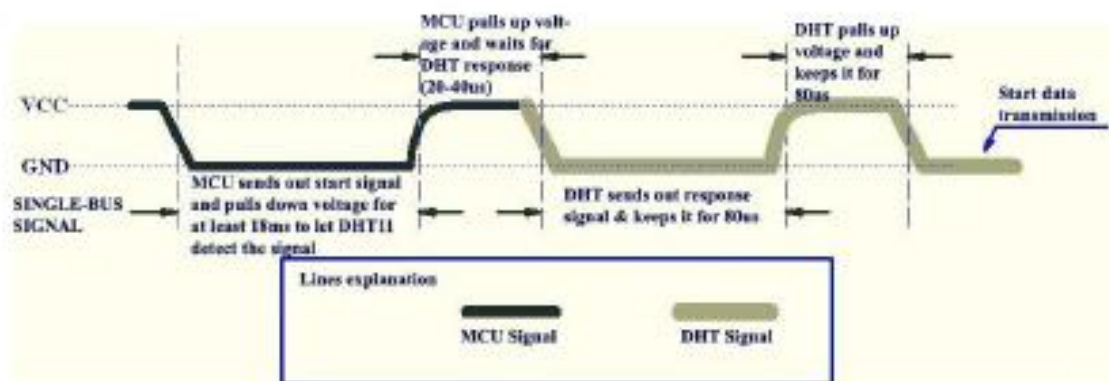


Figure 3 MCU Sends out Start Signal & DHT Responses

5.3 DHT Responses to MCU (Figure 3, above)

Once DHT detects the start signal, it will send out a low-voltage-level response signal, which lasts 80us. Then the programme of DHT sets Data Single-bus voltage level from low to high and keeps it for 80us for DHT's preparation for sending data.

When DATA Single-Bus is at the low voltage level, this means that DHT is sending the response signal. Once DHT sent out the response signal, it pulls up voltage and keeps it for 80us and prepares for data transmission.

When DHT is sending data to MCU, every bit of data begins with the 50us low-voltage-level and the length of the following high-voltage-level signal determines whether data bit is "0" or "1" (see Figures 4 and 5 below).

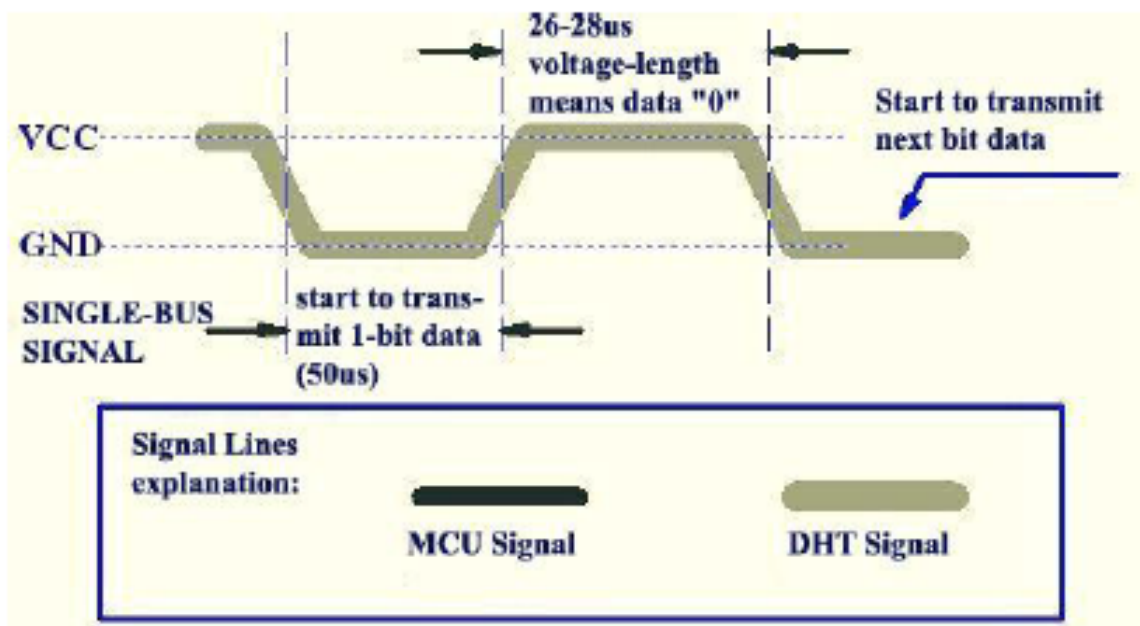


Figure 4 Data "0" Indication

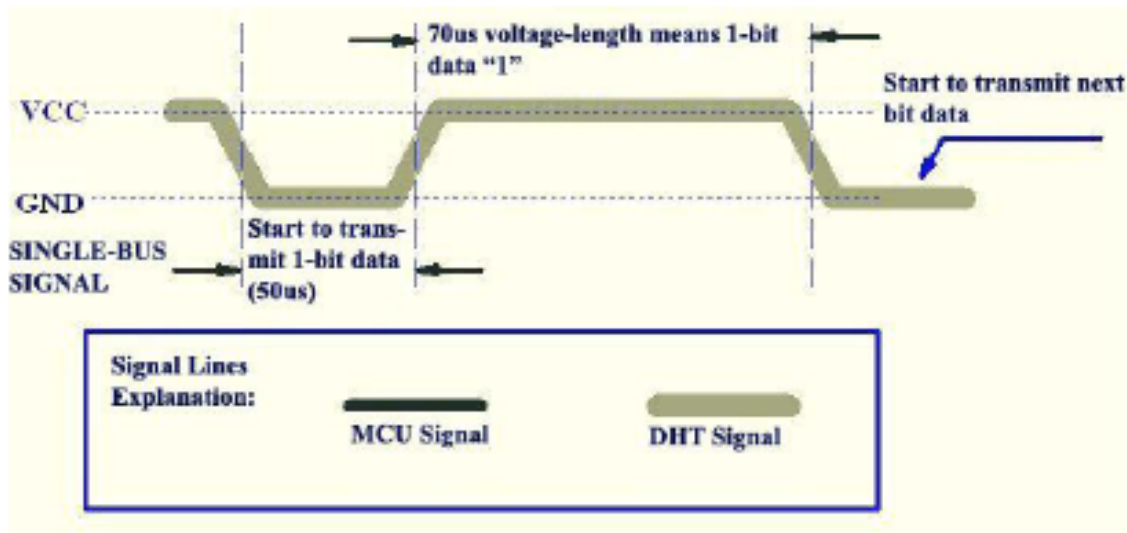


Figure 5 Data "1" Indication

If the response signal from DHT is always at high-voltage-level, it suggests that DHT is not responding properly and please check the connection. When the last bit data is transmitted, DHT11 pulls down the voltage level and keeps it for 50us. Then the Single-Bus voltage will be pulled up by the resistor to set it back to the free status.

6. Electrical Characteristics

VDD=5V, T = 25 °C (unless otherwise stated)

	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Power Supply	DC	3V	5V	5.5V
Current Supply	Measuring	0.5mA		2.5mA
	Average	0.2mA		1mA
	Standby	100uA		150uA
Sampling period	Second	1		

Note: Sampling period at intervals should be no less than 1 second.

7. Attentions of application

(1) Operating conditions

Applying the DHT11 sensor beyond its working range stated in this datasheet can result in 3%RH signal shift/discrepancy. The DHT11 sensor can recover to the calibrated status gradually when it gets back to the normal operating condition and works within its range. Please refer to (3) of

this section to accelerate its recovery. Please be aware that operating the DHT11 sensor in the non-normal working conditions will accelerate sensor's aging process.

(2) Attention to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere with DHT's sensitive-elements and debase its sensitivity. A high degree of chemical contamination can permanently damage the sensor.

(3) Restoration process when (1) & (2) happen

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

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

(4) Temperature Affect

Relative humidity largely depends on temperature. Although temperature compensation technology is used to ensure accurate measurement of RH, it is still strongly advised to keep the humidity and temperature sensors working under the same temperature. DHT11 should be mounted at the place as far as possible from parts that may generate heat.

(5) Light Affect

Long time exposure to strong sunlight and ultraviolet may debase DHT's performance.

(6) Connection wires

The quality of connection wires will affect the quality and distance of communication and high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

* Welding temperature should be bellow 260Celsius and contact should take less than 10 seconds.

* Avoid using the sensor under dew condition.

* Do not use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of DHT11 may cause personal injury.

* Storage: Keep the sensor at temperature 10-40°C, humidity <60%RH.

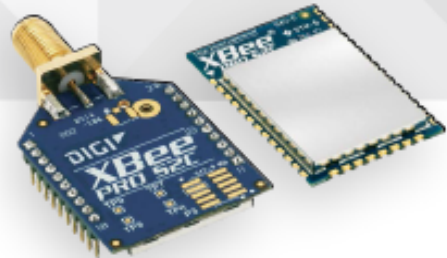
Disclaimer

This is a translated version of the manufacturer's data sheet. OSEPP is not responsible for the accuracy of the translated information.

F. Hoja de Datos de XBEE

DIGI

EMBEDDED RF
MODULES FOR OEMS



XBEE® S2C 802.15.4 RF MODULES

Low-cost, easy-to-deploy modules provide critical end-point connectivity to devices and sensors

XBee RF modules provide OEMs with a common footprint shared by multiple platforms, including multipoint and ZigBee/Mesh topologies, and both 2.4 GHz and 900 MHz solutions. OEMs deploying the XBee can substitute one XBee for another, depending upon dynamic application needs, with minimal development, reduced risk and shorter time-to-market.

XBee 802.15.4 RF modules are ideal for applications requiring low latency and predictable communication timing. Providing quick, robust communication in point-to-point, peer-to-peer, and multipoint/star configurations, XBee 802.15.4 products enable robust end-point connectivity with ease. Whether deployed as a pure cable replacement for simple serial

communication, or as part of a more complex hub-and-spoke network of sensors, XBee 802.15.4 RF modules maximize performance and ease of development.

XBee 802.15.4 modules seamlessly interface with compatible gateways, device adapters and range extenders, providing developers with true beyond-the-horizon connectivity.

The updated XBee S2C 802.15.4 module is built with the SiliconLabs EM357 SoC and offers improved power consumption, support for over-the-air firmware updates, and provides an upgrade path to DigiMesh® or ZigBee® mesh protocols if desired.

BENEFITS

- Simple, out-of-the-box RF communications, no configuration needed
- Point-to-multipoint network topology
- 2.4 GHz for worldwide deployment
- Common XBee footprint for a variety of RF modules
- Industry leading sleep current of sub 1uA
- Firmware upgrades via UART, SPI or over the air
- Migratable to DigiMesh and ZigBee PRO protocols and vice-versa

RELATED PRODUCTS



ConnectPort® X4/X4H Gateways



XBee® Adapters



XCTU

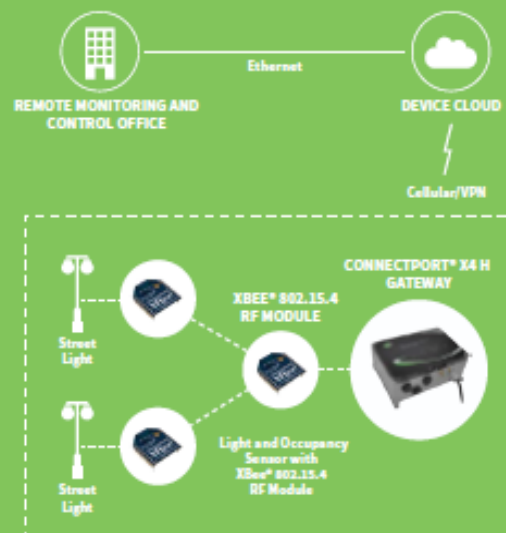


Digi Device Cloud™



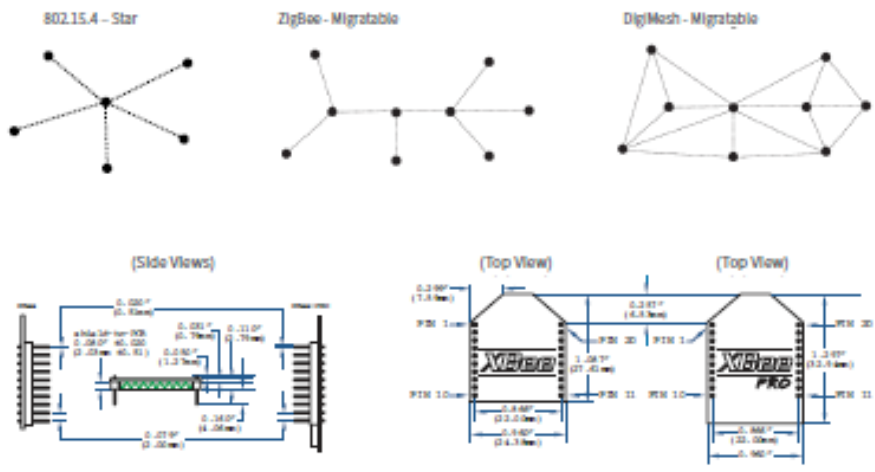
Development Kits

APPLICATION EXAMPLE



SPECIFICATIONS	XBee® S2C 802.15.4	XBee-PRO® S2C 802.15.4
PERFORMANCE		
TRANSCEIVER CHIPSET	Silicon Labs EM357 SoC	
DATA RATE	RF 250 Kbps, Serial up to 1 Mbps	
INDOOR/URBAN RANGE	200 ft (60 m)	300 ft (90 m)
OUTDOOR/RF LINE-OF-SIGHT RANGE	4000 ft (1200 m)	2 miles (3200 m)
TRANSMIT POWER	3.1 mW (+5 dBm) / 6.3 mW (+8 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm)
RECEIVER SENSITIVITY (1% PER)	-100 dBm / -102 dBm boost mode	-101 dBm
FEATURES		
SERIAL DATA INTERFACE	UART, SPI	
CONFIGURATION METHOD	API or AT commands, local or over-the-air (OTA)	
FREQUENCY BAND	ISM 2.4 GHz	
FORM FACTOR	Through-Hole, Surface Mount	
HARDWARE	S2C	
ADC INPUTS	(4) 10-bit ADC Inputs	
DIGITAL I/O	15	
ANTENNA OPTIONS	Through-Hole: PCB Antenna, U.FL Connector, RPSMA Connector, or Integrated Wire SMT: RF Pad, PCB Antenna, or U.FL Connector	
OPERATING TEMPERATURE	-40° C to +85° C	
DIMENSIONS (L X W X H) AND WEIGHT	Through-Hole: 0.960 x 1.087 In (2.438 x 2.761 cm) SMT: 0.866 x 1.33 x 0.120 In (2.199 x 3.4 x 0.305 cm)	Through-Hole: 0.960 x 1.297 In (2.438 x 3.294 cm) SMT: 0.866 x 1.33 x 0.120 In (2.199 x 3.4 x 0.305 cm)
NETWORKING AND SECURITY		
PROTOCOL	XBee 802.15.4 (Proprietary 802.15.4)	
UPDATABLE TO DIGIMESH PROTOCOL	Yes	
UPDATABLE TO ZIGBEE PROTOCOL	Yes	
INTERFERENCE IMMUNITY	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
ENCRYPTION	128-bit AES	
RELIABLE PACKET DELIVERY	Retries/Acknowledgements	
IDS	PAN ID and addresses, cluster IDs and endpoints (optional)	
CHANNELS	16 channels	15 channels
POWER REQUIREMENTS		
SUPPLY VOLTAGE	2.1 to 3.6V	2.7 to 3.6V
TRANSMIT CURRENT	33 mA @ 3.3 VDC / 45 mA boost mode	120 mA @ 3.3 VDC
RECEIVE CURRENT	28 mA @ 3.3 VDC / 31 mA boost mode	31 mA @ 3.3 VDC
POWER-DOWN CURRENT	<1 µA @ 25° C	<1 µA @ 25° C
REGULATORY APPROVALS		
FCC, IC (NORTH AMERICA)	Yes	Yes
ETSI (EUROPE)	Yes	No
RCM (AUSTRALIA AND NEW ZEALAND)	No (Coming soon)	No (Coming soon)
TELEC (JAPAN)	No (Coming soon)	No (Coming soon)

PART NUMBERS	DESCRIPTION
KIT	
XKB2-A2T-WWC	Wireless Connectivity Kit with XBee 802.15.4 (52C)
MODULES	
XB24CAWIT-001	XBee 802.15.4 through-hole module w/ wire antenna
XB24CAPIT-001	XBee 802.15.4 through-hole module w/ PCB antenna
XB24CAUIT-001	XBee 802.15.4 through-hole module w/ U.fl connector
XB24CASIT-001	XBee 802.15.4 through-hole module w/ RPSMA connector
XB24CAPIS-001	XBee 802.15.4 SMT module w/ PCB antenna
XB24CAUIS-001	XBee 802.15.4 SMT module w/ U.fl connector
XB24CARIS-001	XBee 802.15.4 SMT module w/ RF Pad connector
XBP24CAWIT-001	XBee-PRO 802.15.4 through-hole module w/ wire antenna
XBP24CAPIT-001	XBee-PRO 802.15.4 through-hole module w/ PCB antenna
XBP24CAUIT-001	XBee-PRO 802.15.4 through-hole module w/ U.fl connector
XBP24CASIT-001	XBee-PRO 802.15.4 through-hole module w/ RPSMA connector
XBP24CAPIS-001	XBee-PRO 802.15.4 SMT module w/ PCB antenna
XBP24CAUIS-001	XBee-PRO 802.15.4 SMT module w/ U.fl connector
XBP24CARIS-001	XBee-PRO 802.15.4 SMT module w/ RF Pad connector



DIGI SERVICE AND SUPPORT / You can purchase with confidence knowing that Digi is always available to serve you with expert technical support and our industry leading warranty. For detailed information visit www.digi.com/support.

© 1995-2016 Digi International Inc. All rights reserved.
All trademarks are the property of their respective owners.

DIGI INTERNATIONAL WORLDWIDE HQ
877-912-3444 / 952-912-3444 / www.digi.com

DIGI INTERNATIONAL FRANCE
+33-1-55-61-98-98 / www.digi.fr

DIGI INTERNATIONAL JAPAN
+81-3-5428-0261 / www.digi-intl.co.jp

DIGI INTERNATIONAL SINGAPORE
+65-6213-5380

DIGI INTERNATIONAL CHINA
+86-21-50492199 / www.digi.com.cn

91003287
A3/616



G. Hoja de Datos de Shield Arduino



Tech Support: info@iteadstudio.com

XBee Shield V1.1

-XBee module to Serial Port Module Shield

Overview



XBee Shield V1.1 is an enhanced serial port XBee module breakout board, it's compatible with Arduino and IFLAT-32, it can directly plug in with Arduino/IFLAT-32 board, and use any pin of the basic board to connect with the XBee module serial port.

Features

- Double shield interfaces compatible with Arduino or IFlat-32 for easy cascading
- 3 indicator (ON/SLEEP, RSSI, ASS)* LED for XBee
- Provide maximal 500mA under 3.3V
- Full 2.54mm break out for XBee
- Switchable of communication with FTDI-USB or Arduino with HardwareSerial or SoftwareSerial

*RSSI: Receiver Signal Strength Indication

ASS : Association

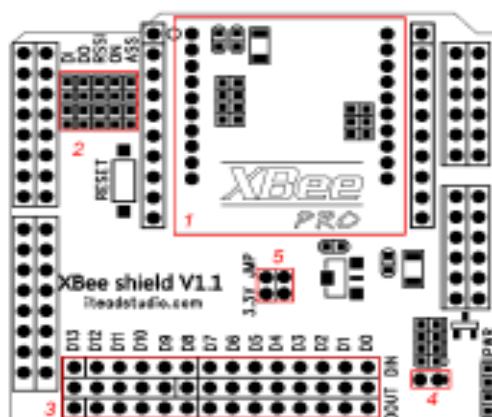
Specifications

PCB size	54.9mm X 58.8mm X 1.6mm
Indicators	PWR State, DI, DO, RSSI, ON, ASS
Power supply	5V DC
Communication Protocol	UART/XBee
RoSH	Yes

Electrical Characteristics

Specification	Min	Type	Max	Unit
Power Voltage	4.5	5	5.5	VDC
Input Voltage VH:	4.5	5	5.5	V
Input Voltage VL:	-0.3	0	0.5	V
Current Consumption	-	20	40	mA

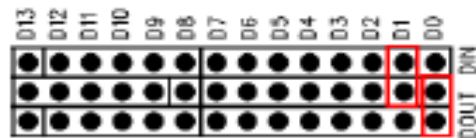
Hardware



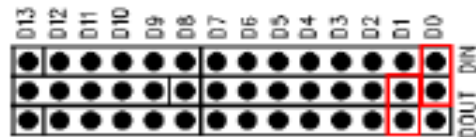
Zone	Description
1	XBee Socket
2	Indication LED
3	Serial communication pin select
4	Wireless program Arduino jumper
5	3.3V operation voltage jumper (When operated in 3.3V, install the jumper)

Installation

In zone 3, two jumpers are set to connect XBee_DIN, XBee_DOUT to Digital pin of Arduino. When XBee communicate to Arduino hardware serial ports, set the jumper connect DIN to D1, DOUT to D0.



When XBee communicate to FTDI-232 hardware serial ports, set the jumper connect DIN to D0, DOUT to D1.



When XBee communicate to Arduino software serial ports, set the jumper connect DIN to D2~D13, DOUT to D2~D13 by the setting from the code.

The SoftwareSerial of Arduino link: <http://arduino.cc/en/Reference/SoftwareSerial>

Wireless Arduino program upload by XBee

XBee shield support program Arduino platform by wireless. Only XB24 series support wireless Arduino program.

- 1) Set the jumper connecting
- 2) Configure the Transmitter and the receiver as the Ladyada website
<http://ladyada.net/make/xbee/arduino.html>
- 3) After configuration plug the receive XBee module into XBee shield socket
- 4) Plug the Transmit XBee shield into Foca 2.0
http://iteadstudio.com/store/index.php?main_page=product_info&Path=188&products_id=94
- 5) Upload the program to transmitter XBee and wireless programming will begin

Revision History

Rev.	Description	Release date
V1.0	Initial version	2011-3-17
V1.1	Update for XBee shield v1.1 version	2011-8-15

H. El Ministerio de Agricultura (1975) dice en sus Conclusiones Y

Recomendaciones Del Estudio Agrológico Detallado De Las Pampas De Majes

Y Siguas.

CAPITULO VIII

8.0.0

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión del estudio agrológico y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, podemos formular algunas sugerencias y recomendaciones generales :

- 1° Que el estudio de suelos efectuado en las Pampas de Majes y Siguas, se considere como un documento básico para el conocimiento integral del recurso suelo y cuya utilización deberá tomarse en cuenta en cualquiera de los programas, estudios, planificación, etc. que estén orientados hacia el desarrollo de la irrigación .
- 2° En vista de la necesidad de contar con una mayor superficie agrícola en el sur del país en general, y el Proyecto Majes en especial, se recomienda realizar estudios de suelos en las pampas aledañas, a fin de incrementar el área total irrigable, que persigue el Proyecto. Teniendo como base la información cartográfica disponible, se podrá detectar las áreas factibles de irrigar, que posteriormente se deberán estudiar en forma más detallada, para lo cual será necesario el levantamiento topográfico de dichas áreas .
- 3° Los resultados obtenidos nos llevan a confirmar algunos juicios

ya emitidos en el transcurso del estudio a través de diversos informes :

- La calidad de las tierras está limitada por factores físicos principalmente concenientes a la textura del suelo, su pedregosidad y su alto contenido de sales, así como la topografía moderadamente accidentada, en particular en la pampa de Majes.
- Desde el punto de vista de calidad de los suelos, los de la pampa de Sigwas, son superiores, a los de la pampa de Majes, siendo los primeros en general menos ligeros que los de Majes. Esto permitirá una variedad de cultivos y también mejores rendimientos.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



- De acuerdo a su aptitud para el riego, se han obtenido 13,665.7 Has. (32%) irrigables en la Pampa de Majes y 17,821.5 Has. (54.3%) irrigables en la pampa de Sigwas, totalizando 31,487.2 (41.7%) en ambas pampas, cuyo detalle se muestra en el cuadro siguiente :

Clase	Pampa de Majes Has.	Pampa de Sigwas Has.	Total Has.
III regable	2,091.6	8,922.1	11,013.7
IV regable	11,574.1	8,899.4	20,473.5
V dudosa	16,747.7	4,038.5	20,786.2
VI no regable	<u>12,227.8</u>	<u>10,962.4</u>	<u>23,190.2</u>
	<u>42,641.2</u>	<u>32,822.4</u>	<u>75,463.6</u>

4º Que, dentro de la planificación y desarrollo del proyecto, se considere de primera necesidad el estudio y control de la salinidad, tomando en consideración :

- Que, 14,087.5 has del área total irrigable presentan - diversos grados de salinidad; y 20,786.2 has acusan problemas salino-sódicos, siendo la pampa de Majes la más afectada por esta deficiencia.

- Se deberán realizar estudios especiales e investigación en los suelos de la Clase V (salinos-sódicos) que suman 20,786.2 has distribuidas en 16,747.7 has y 4,038.5 has en las pampas de Majes y Siguan respectivamente, a fin de determinar las áreas que pueden ser factibles de

rehabilitar para su posterior inclusión dentro del área irrigable y su clasificación definitiva.

- Se efectúen pruebas de lavado de las sales y enmiendas tanto en campo como en laboratorio para corregir los - suelos salinos y salino-sódicos, a fin de conocer la posibilidad física de su recuperación, así como los costos - que ello demandaría y los volúmenes de agua necesarios.

- Podrían realizarse también estudios mediante modelos - de simulación matemática para la desalinización de las tierras afectadas.

- Al mismo tiempo deberán ejecutarse ensayos de cultivos,

para conocer su comportamiento frente a las condiciones especiales de salinidad .

- La evacuación de las sales hacia las partes bajas, podrá ocasionar a largo plazo, problemas de salinización incluso en el actual Valle de Sigwas, por lo que sería conveniente se considere un sistema de drenaje de captación .

5° Tomando en consideración las características agronómicas de los suelos se recomienda :

- En los suelos irrigables deberá instalarse en un principio cultivos "formadores" de suelo tales como leguminosas y principalmente alfalfa .

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



- Asimismo se deberá contemplar la incorporación de materia orgánica de preferencia abonos verdes a fin de proporcionar un elemento más que favorezca el desarrollo de una estructura conveniente y estable, para aumentar la capacidad de retención de agua .
- Se deberá prestar mucha atención al tipo de araduras y nivelaciones impidiendo la remoción de los fragmentos gruesos hacia la superficie y que al mismo tiempo favorezcan el desarrollo de un estado físico conveniente para los cultivos .
- Son necesarias, prácticas de despedregado superficial en aquellas zonas donde esta condición puede dificultar las

labores agrícolas.

- Igualmente es necesario, la fijación de dunas móviles y la instalación de cortinas rompe vientos en las zonas más afectadas y propensas para contener el proceso de erosión eólica.
- Se deberán considerar prácticas de fertilización, que deberán ser apoyadas en investigaciones realizadas en los mismos suelos de la irrigación, dando preferencia a la fertilización nitrogenada a base de nitratos.
- Será interesante también realizar ensayos de riego por goteo en las áreas que se han señalado como más aptas para este sistema de riego.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



ó* Considerando los factores de morfología y localización, costos previos de colonización y productividad agrícola expresado en las clases de tierras, se concluye que, la pampa de Sigwas presenta muchas ventajas en comparación con la de Majes.

Los costos de desarrollo de tierras serán menores en Sigwas, ya que requerirán nivelaciones menos complicadas y tratamiento más sencillos de los suelos, para ponerlos en condiciones de ser cultivados.

Las tierras irrigables de la Pampa de Majes se localizan en zonas que no cuentan con vías de acceso, mientras que en la Pampa de Sigwas las zonas irrigables se presenta en áreas vecinas

a la carretera Panamericana y la pista de acceso a la Irrigación Santa Rita y al Sub-Centro de Investigación del Proyecto Majes.

Las tierras de Majes son irrigables por "manchas" separadas por quebradas (topografía más accidentada) mientras que las de Siguanas son de topografía menos accidentada y de menor ondulación, lo que permitirá contar con bloques de asentamiento más uniformes.

Dada las características de los suelos, es recomendable iniciar el desarrollo de la irrigación en la Pampa de Siguanas, ya que las condiciones físicas de esta pampa son más favorables para la implementación de una agricultura bajo riego.

