



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES AGRO
METEOROLÓGICAS EN EL PROCESO DE RIEGO DE UN
CULTIVO DE CACAO”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

DANIEL EDUARDO CALLE ROJAS

CARLOS JONATHAN JUNCO AGUAIZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso sobre todas las cosas que me ha dado hasta la presente, por su bondad, amor y compañía, por levantarme de cada caída y guiar mi camino siempre.

A San Josemaria Escrivá de Balaguer por enseñarme a dar siempre lo mejor de mí a pesar de los obstáculos y ver la santidad en la vida diaria.

A mis Padres Arturo Carlos y María Rosario Guadalupe por ser ejemplo de lucha, por brindarme siempre su apoyo y amor incondicional durante cada etapa de mi vida, por levantarme de cada tropiezo cuando todos me habían dejado abandonado, motivándome a superarme cada día y cumplir todas mis metas.

A mi hermano Jerry Hernán, por sus consejos, por su comprensión y confianza, quien me ha brindado su apoyo y su sinceridad siempre.

A mi hermana Angie, por su constante motivación para llegar a la meta planteada.

A la Empresa Ibertek por el apoyo total con sus dispositivos para la realización de este proyecto.

Al PhD Wilton Agila y al Msg. Ronald Pongillo por compartir sus experiencias, sabidurías y conocimientos en la elaboración de este proyecto.

Carlos Jonathan Junco

Agradezco a Dios, por permitirme culminar mis estudios universitarios, que a pesar de todos los problemas que surgieron, tantos personales como profesionales, que poco a poco se fueron superando.

A mis padres Bautista Calle y Siria Rojas, que siempre estuvieron a lo largo de todos estos años, brindándome su ayuda, en todos los aspectos.

A la empresa Ibertek, por facilitarnos los equipos y el material necesario para que se pueda desarrollar con normalidad este proyecto.

Al PhD. Wilton Agila, Msc. Ronald Pongillo, estos docentes, nos fueron guiando en todo el desarrollo del proyecto, tanto en lo técnico como en lo administrativo y al PhD. Boris Vintimilla por facilitarnos las instalaciones y equipos necesarios para el proyecto.

Daniel Calle Rojas

DEDICATORIA

Deo Omnis Gloria

A Dios por darme esta oportunidad de estar en la ESPOL.

A mis Padres Arturo Carlos y Maria Rosario Guadalupe porque me han enseñado a perseverar hasta alcanzar mis sueños.

A mis Abuelitos Alejandro y Andrea de Aguaiza que están en el cielo.

Carlos Jonathan Junco

A Dios, ya que siempre me fue iluminando en este camino, aun cuando no sabía qué hacer, siempre aparecía una solución oportuna.

Y a mis Padres que hicieron que esta oportunidad de graduarme en esta prestigiosa universidad ESPOL, sea posible.

Daniel Calle Rojas

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
Msg. Ronald Pongillo

PROFESOR EVALUADOR

.....
Ph.D. Wilton Agila

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me(nos) corresponde exclusivamente; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Daniel Calle Rojas

.....
Carlos Jonathan Junco

RESUMEN

El proyecto analiza la competitividad de los agricultores pequeños y medianos, que no cuentan con un sistema de monitoreo ni de control, para poder administrar sus recursos de forma más eficiente y ejecutando las tareas de agricultura de forma oportuna. Y a esto hay que sumarle que la solución típica actual es adquirir una estación meteorológica completa, la cual no es accesible para los agricultores con bajo poder adquisitivo.

Con la tecnología LoRa WAN, usada para aplicaciones de Internet de las cosas, ya existente, presentamos un nuevo concepto de estación meteorológica. Al aplicar esta tecnología a una estación meteorológica presentamos una estación descentralizada en sus componentes y sensores, que con la ayuda de un servicio de nube permita a los agricultores tener un sistema de monitoreo para su posterior control, totalmente escalable, fiable, integrable y seguro.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	v
DECLARACIÓN EXPRESA	vi
RESUMEN	vii
CAPÍTULO 1	12
1 INTRODUCCIÓN	12
1.1 Descripción del problema.....	12
1.2 Justificación	13
1.3 Objetivos.....	14
1.4 Marco Teórico	14
1.4.2.3 Control de plagas y enfermedades del cacao	17
CAPÍTULO 2	20
2. METODOLOGIA	20
2.1 Introducción.....	20
2.2 Diseño conceptual de una estación meteorológica clásica (wi-fi)	20
2.3 Diseño conceptual de una estación meteorológica con LoRa WAN.....	21
2.4 Ventajas y Desventajas de las diferentes estaciones meteorológicas. .	22
2.5 Tecnología LoRa WAN.....	23
2.6 Diseñar una red LoRa WAN	25
2.7 Hardware de LoRa WAN.....	27
2.8 Configuración de los equipos	28
2.9 Integración con un Servidor.....	39
2.10 Marco Legal de Lora WAN.....	41
2.11 Seguridad.....	42

CAPÍTULO 3	43
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	43
3.1 Capacidad Admisible de sensores	43
3.2 Vida de la batería vs aplicación.....	44
3.3 Distancia vs Ancho de banda	44
3.4 Uso de sensores vs Lora.....	46
3.5 Análisis de Datos.....	47
CAPÍTULO 4	64
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
4.1 Beneficios del nuevo concepto propuesto con tecnología LoRa WAN..	64
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS.....	69
ANEXO 1:	69
ANEXO 2:	70

TABLA DE LAS FIGURAS

1 FIGURA 1.1	15
2 FIGURA 1.2	16
3 FIGURA 1.3	18
4 FIGURA 1.4	19
5 FIGURA 2.1	21
6 FIGURA 2.2	22
7 FIGURA 2.3	24
8 FIGURA 2.4 2.4	25
9 FIGURA 2.5	26
10 FIGURA 2.6	27
11 FIGURA 2.7	28
12 FIGURA 2.8	29
13 FIGURA 2.9	30
14 FIGURA 2.10	31
15 FIGURA 2.11	32
16 FIGURA 2.12	33
17 FIGURA 2.13	34
18 FIGURA 2.14.14	35
19 FIGURA 2.15	36
20 FIGURA 2.16	37
21 FIGURA 2.172.16	37
22 FIGURA 2.1817	38
23 FIGURA 2.198	38
24 FIGURA 2.20	39
25 FIGURA 2.21	40
26 FIGURA 2.22	41
27 FIGURA 3.1	44
28 FIGURA 3.2	45
29 FIGURA 3.3	46
30 FIGURA 3.4	48
31 FIGURA 3.5	49
32 FIGURA 3.6	49
33 FIGURA 3.7	50
34 FIGURA 3.8	51
35 FIGURA 3.9	51
36 FIGURA 3.10	52

37 FIGURA 3.11	52
38 FIGURA 3.12	53
39 FIGURA 3.12	54
40 FIGURA 3.13	55
41 FIGURA 3.14	55
42 FIGURA 3.15	56
43 FIGURA 3.16	56
44 FIGURA 3.17	57
45 FIGURA 3.18	57
46 FIGURA 3.19	58
47 FIGURA 3.20	58
48 FIGURA 3.21	59
49 FIGURA 3.22	60
50 FIGURA 3.23	60
51 FIGURA 3.24	61
52 FIGURA 3.25	62
53 FIGURA 3.25	63

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

Según datos oficiales de la Universidad Técnica del Norte (UTN), la agricultura en Ecuador es uno de los motores de la economía nacional, ayudando a generar 1.6 millones de empleos, que corresponde el 25% de la población económicamente activa y en promedio 8.5% al PIB, convirtiéndose en el sexto sector que aporta al país. [1]

Pese al gran aporte económico de esta actividad al país, es uno de los menos tecnificados y de menos inversión directa. Según el ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca en 2012 y en 2013 los mayores incrementos en rendimientos de ton/ha registrados fueron en: Cacao 29.6%, café 35%, y cebada 46.7%, como podemos ver solo ciertos productos se han tecnificado. Mientras que casi todos los demás productos agrícolas han visto una disminución, entre los peores se registran: Arroz (en cáscara) -9.41%, palma africana -14.9%, plátano -18.6%, papa -12%, tomate de árbol -37.2%, y tomate riñón -51.6%. Ahora veamos cómo están distribuidas las tierras cultivadas en una publicación del periódico “el Telégrafo”, que considera pequeño productor con menos de 10 hectáreas, que este sector corresponde al 75% de los productores del país, que apenas poseen el 13% de la superficie cultivada. Esta situación hace que no sea accesible financieramente la tecnificación. De manera social, esto obstaculiza la competitividad entre productores, lo cual se traduce en muchos casos en un aumento de los precios al consumidor final. Si a esto le sumamos que no existe un plan oficial de tecnificación dirigidos a los pequeños productores por parte del gobierno, Parece que la situación no va a cambiar al menos no de forma significativa en los próximos años. Una forma de acelerar el desarrollo es brindando información a los productores de forma viable y segura, que ayuden a la productividad de sus cultivos. [2]

1.1 Descripción del problema.

El proyecto se enfoca en proveer información de las variables climatológicas para los agricultores. Y con la ayuda de un especialista para la interpretación de los datos se logrará una mejor administración de los recursos en las parcelas, traduciéndose en un aumento de la producción logrando mayor competitividad.

La necesidad de riego que es una de las aplicaciones más demandadas en el agro, se necesitan como mínimo las siguientes variables: radiación solar, temperatura del aire, humedad del aire y velocidad del viento, estas son

suficientes para calcular la pérdida de concentración de agua en el suelo, ya que esa es la cantidad exacta que debe el suelo recuperar.

Para llegar a recuperar esa pérdida de agua, se debe de realizar un estudio para mitigar la percolación en los suelos. Se necesitan sensores de contenido hídrico en el suelo a 15cm y a 30cm de profundidad. La estación facilitara estos datos para el estudio.

Para la aplicación de fertilizantes, se necesita conocer la temperatura del ambiente, que mediante un tratamiento a estos datos se puede obtener, el tipo de fertilizante que necesita el cultivo dependiendo de la etapa en que se encuentre.

En la mayoría de los casos las Estación Meteorológica suelen estar ubicadas a máximo 300 metros del cuarto de mando y aparte que los sensores deben estar conectados mediante cables de control, lo que lleva una gran limitación. La nueva tecnología de ondas de radio, podemos aumentar esta distancia a 15km a la redonda en línea de vista, de manera fiable, segura y con un consumo muy bajo de energía (162mW solo usa 350ms máximo)

Esta tecnología permite que, si se tienen estaciones meteorológicas, solo se necesitará una casa de mando. De esta manera implementar una red de estaciones meteorológicas siempre y cuando cumplan la distancia, es posible administrar desde una sola casa de mando. Lo cual reduce los costes de manera abrupta, si se tiene pensado un proyecto escalable.

Las limitaciones de esta tecnología es que se reduce la transferencia de datos, pero aun así es más que suficiente para la aplicación que tenemos.

Otra limitación que tenemos es que, para la configuración de cada estación meteorológica, al recibir datos las estaciones consumen casi 10 veces más energía que cuando solo emiten datos, esto encarece el tiempo de la batería.

1.2 Justificación

La tecnología Lora WAN, nos lleva a un nuevo concepto de estación meteorológica, donde solo se necesita un concentrador, y lo demás son sensores a distancia lo cual brinda versatilidad, modularidad, escalabilidad, comodidad y ahorro en instalación. Todo esto presenta mejores prestaciones, proceso integrable a costos mucho menores que los que se obtiene con las actuales estaciones.

Esto permite que, si a futuro se desea implementar un sistema de riego o de fertilización, cualquiera que este sea, la automatización del sistema será posible, incluso a la gestión completa de las tierras. Todo esto a un costo mucho menor que las actuales técnicas de automatización.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos General

Relacionar las variables climáticas y de suelo para la planificación estratégica del riego en un cultivo de cacao mediante una estación meteorológica y un sistema de riego.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar un prototipo de una estación meteorológica basada en las necesidades del agricultor
2. Evaluar los datos de la estación meteorológica para mostrar las tareas a realizar
3. Exponer las ventajas y desventajas de esta estación meteorológica a corto, mediano y largo plazo

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Estación Meteorológica

Una estación meteorológica es un sitio donde podemos realizar mediciones y observaciones precisas de los diferentes parámetros utilizando los instrumentos adecuados para constatar el proceder atmosférico. [3]

Los instrumentos más comunes que podemos encontrar en una estación meteorológica son:

- Psicrómetro (humedad relativa del aire)
- Pluviógrafo (lluvia)
- Barómetro (presión)
- Veleta (dirección del viento)
- Anemómetro (velocidad del viento)
- Piranómetro (radiación solar)



Figura 1.1: Grafico de una estación meteorológica [4]

1.4.2 Aplicaciones de la información de una estación meteorológica

Las aplicaciones pueden ser variadas, pero entre lo más destacado para que los agricultores puedan tomar decisiones son: Régimen máximo de lluvias, Periodo máximo de lluvias, detección de tormentas. El análisis de datos nos da: flujo de agua en los suelos, fertilidad de los suelos, controlar plagas y enfermedades. [5]

1.4.2.1 Flujo de Agua en los suelos-Evapotranspiración (ET)

La evaporación y la transpiración transcurren paralelamente, por ello es difícil de diferenciar entre estos procesos. Por ello dependiendo de la radiación solar que llegue al suelo dependerá la húmeda en superficie y las áreas cultivadas. Se encuentra dividida la evapotranspiración en sus dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie del suelo debajo de él. (Fig. 1.2). Cuando se siembra mayoritariamente, el 100% el ET ocurre en forma de evaporización y cuando cobertura vegetal es totalmente, el 90% de la ET es como transpiración. [6]

Tabla 1.1: Según el tipo de suelo [7]

Plantas verdes con Abundante Floración/frutos	1 kilo (2.2 libras)	Repetir al tercer año
---	-----------------------	-----------------------

Factores que afectan la evapotranspiración con referencia a conceptos relacionados de ET

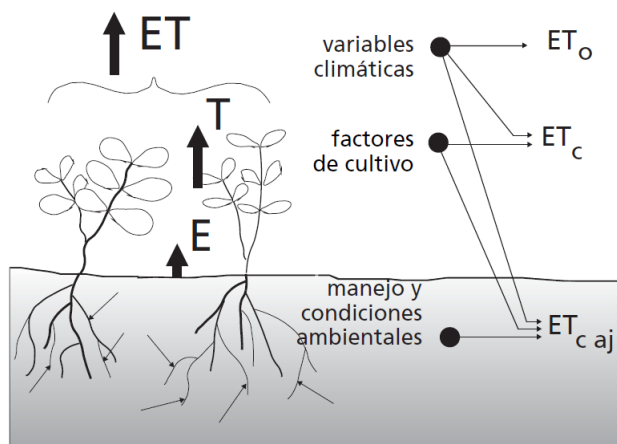


Figura 2.2: Grafico de la Evapotranspiración [6]

1.4.2.2 Manejo de fertilidad de suelos de cacao

Existe desbalance de nutrientes por ello se deben aplicar abono para contrarrestar, recomendándose abonos orgánicos como el compost, el bokashi, el abono producido por las lombrices, gallinaza descompuesta, purines y abonos líquidos.

Plantas verdes pero Decaídas , con manchas Amarillas, roja o café. Poca flores/frutos	2 kilos (4.4 libras)	Repetir a los dos años
Planta con pocas hojas, floración, Pero pocos frutos.	3 kilos (6.6 libras)	Repetir cada año

La planta de cacao requiere de gran cantidad de nutrientes en el periodo de mayor crecimiento y desarrollo del fruto, en ese momento se debe aplicar los abonos.

La cantidad de abono a aplicar depende de la situación del suelo en cada parcela y de las necesidades del cultivo, según la información de la estación meteorológica. A continuación, se presenta dos cuadros para el uso de abonos orgánicos, según se observe el tipo de suelo y el crecimiento de las plantas. [7]

Tabla 3.2: Según el crecimiento y desarrollo de las plantas [7]

Tierra Fértil: 15cm. profundidad	1 kilo o 2.2 libras Por planta	Repetir al tercer año
Amarillento, rojizo O café(barro) O blancuzco(arena)	3 kilos (6.6 libras)	Repetir cada año
Intermedio entre los Dos anteriores	2 kilos (4.4 libras)	Repetir a los dos años

1.4.2.3 Control de plagas y enfermedades del cacao

Las plagas del cacao son un peligro, dejar que estas avancen los cultivos tendrán muchos problemas. Se debe estar alerta a los insectos dañinos ni se extiendan y multiplique llegando a una plaga seria.

Las plagas más importantes que atacan al cultivo del cacao son:

- Áfidos
- Ácaros
- Cápsidos de Cacao o Monalonia (Monalonia braconoides)
- Salivazo (Clastoptera globosa)
- Chinchas
- Barrenador del tallo (Cerambycidae)
- Gusanos medidores o gusanos defoliadores
- Zompopas y hormigas
- Trips
- Barrenadores del fruto del grupo Marmara
- Crisomélidos
- Escolitidos
- Joboto (Phyllophaga sp.) [8]

:



Figura 1.3: Plagas en el Cacao [8]

1.4.3 Tecnología IoT

El término Internet de las Cosas (IoT, del Inglés, Internet of Things) es una tendencia, que consiste en conectar a internet cualquier dispositivo del que se pueda extraer valor al subir a la red, para alimentar un sistema de BIG DATA.

El número de dispositivos conectados a internet en 2003 fueron de 500 millones, según Forrester Research, a continuación, presentaremos una estimación de dispositivos y personas conectadas a internet. [9]

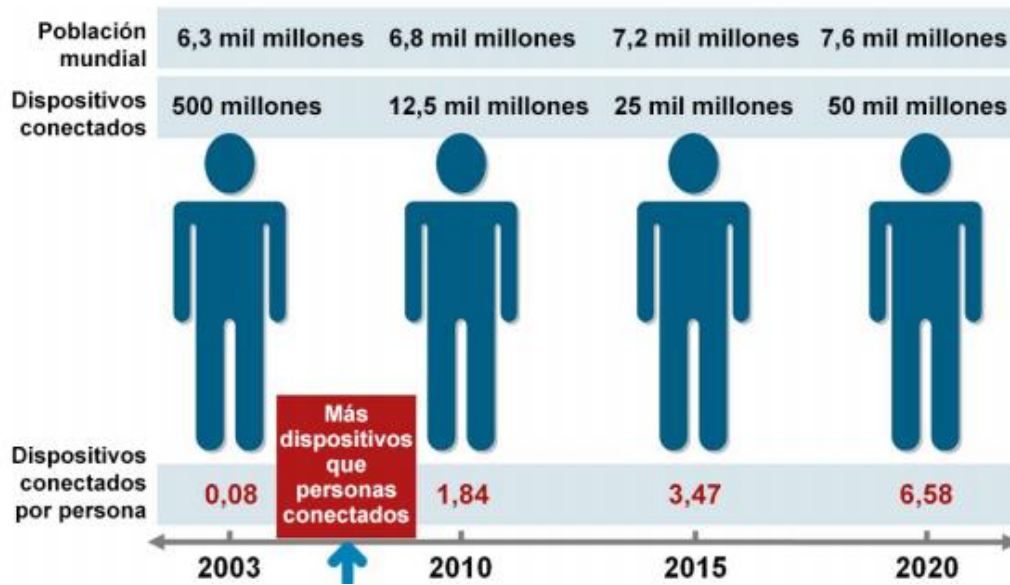


Figura 1.4: Estimación de dispositivos y personas conectadas a internet [9]

Para la industria ha generado grandes ahorros millonarios, que denominaron el Internet Industrial de las Cosas (IIoT). [10]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGIA

2.1 Introducción

En la presente sección, se dará a conocer las estaciones meteorológicas, sin tecnología LoRa, y con tecnología LoRa, ambas diseñadas para cubrir necesidades básicas a los pequeños y medianos agricultores (de 2 a 30 ha).

Al usar tecnología LoRa la estación cambia en su forma física, en su modo de adquirir datos, y de presentar datos. Esta es una forma de implementar IoT, aunque no es la única, ya que esta permite una cobertura de 15km a 21km en línea de vista, con un bajo consumo de energía. Se podrá observar una solución práctica y accesible a los agricultores minoristas. Una vez que se obtienen los datos tenemos que tratarlos y para fines ilustrativos hemos usado LabVIEW. [11]

2.2 Diseño conceptual de una estación meteorológica clásica (wi-fi)

Veamos cuales son los principios básicos de diseño de cualquier estación meteorológica son: durabilidad, escalabilidad, fácil instalación, modular, bajo mantenimiento. La gran mayoría de estaciones meteorológicas comerciales actuales, su única forma de comunicar los datos es mediante Wi-Fi. Es decir que la distancia entre la estación y el cuarto de mando, debe ser menor a 100 m, en el mejor de los casos, y aparte que todos los sensores deben estar en una sola estructura, lo cual no tiene nada de malo, pero ciertas aplicaciones si dificulta bastante la utilización de la estación Ejemplo: en la agricultura, acuicultura, ganadería. En estos ambientes la distancia si es considerable. La siguiente figura ilustra el diseño básico de una estación comercial con Wi-Fi:

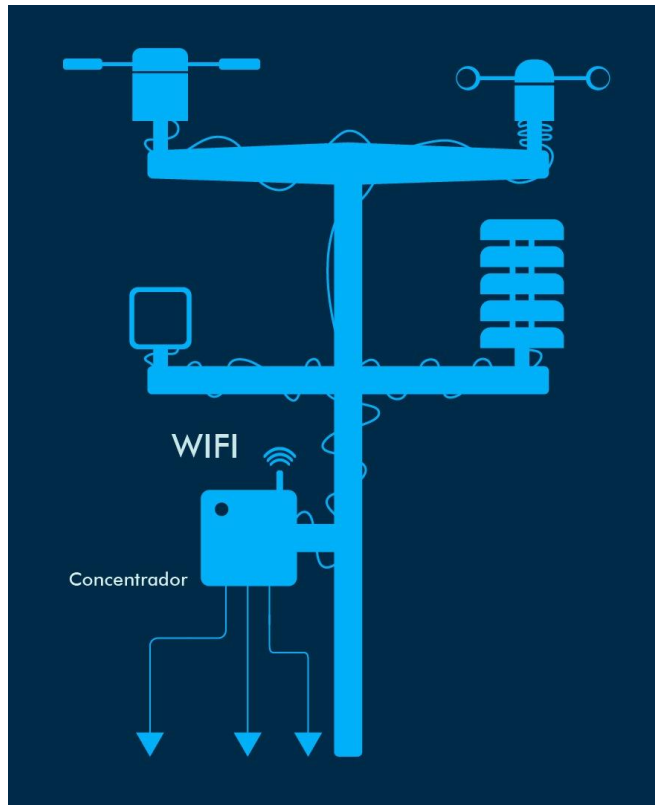


Figura 2.1: : Estación meteorológica con Wi-Fi

2.3 Diseño conceptual de una estación meteorológica con LoRa WAN

De forma básica una estación meteorológica general consiste en la obtención de datos del clima, del suelo y del sol mediante sensores. Algunos sensores no importa colocarlos en algún lugar específico ya que se sobreentiende que todo el entorno tiene una distribución casi igual. Por motivos de análisis se requieren hacer la misma medición en diferentes puntos, o en otros casos simplemente se necesita añadir otro sensor, en algún otro lugar lejano. Esto presentaba un problema ya que todos los sensores tienen que conectarse a la estructura, y aparte que los sensores que se pueden añadir no llegan a más de 16 sensores en la mayoría de los casos. Con LoRa podemos conectar hasta 1 millón de sensores, pero solo desde 8 hasta 16 sensores pueden transmitir simultáneamente.

Lo que obtenemos como resultado es una estación meteorológica distribuida, ya que no necesita que todos los sensores estén en un mismo lugar, incluso esto brinda la posibilidad de poder compartir un concentrador para varias personas,

propietarios o clientes. A continuación, podemos ver una ilustración de este concepto.

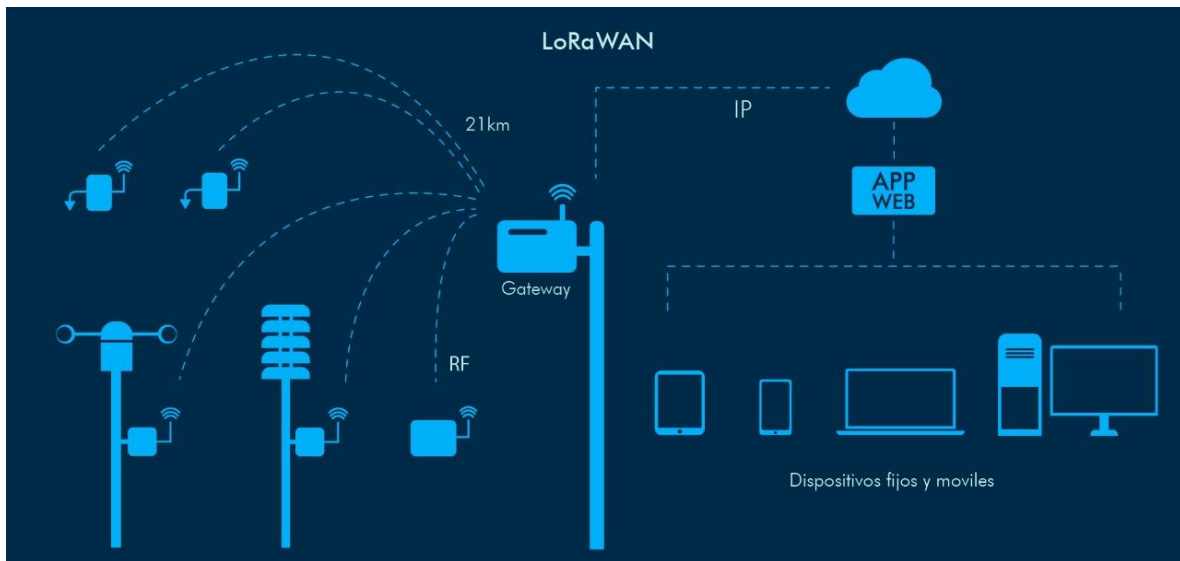


Figura 2.2: Estación meteorológica descentralizada LoRa WAN

2.4 Ventajas y Desventajas de las diferentes estaciones meteorológicas.

2.4.1 Estación meteorológica comercial con Wi-Fi

Ventajas

Las ventajas se enfocan en las que no cuenta la otra estación con LoRa, y en campos como el registro climático, condiciones extremas y algunas situaciones especiales

- Resistente a situaciones climáticas extremas
- Alta velocidad de transmisión de datos
- Soporte robusto para entornos hostiles

Desventajas

Estas desventajas son respecto a la otra estación IoT,

- Alcance máximo 300 m de transmisión
- Baja escalabilidad de sensores

- No admite compartir recursos
- No permite tener sensores a una gran distancia
- Difícil movilidad
- Estará atado a consolas propietarias
- Consume costos por cable de control

2.4.2 Estación meteorológica comercial con LoRa WAN

Estas ventajas están en comparación de la estación anterior

Ventajas

- Versatilidad
- No posee estructura física central
- Fácil y bajo mantenimiento
- Alta escalabilidad de sensores (hasta 1 millón)
- Distancias entre sensores y concentrador de 15 a 21 km
- Bajo consumo de energía (200mW por ms)
- Permite distintos tipos de datos
- Permite compartir recursos
- No se afecta por la densidad forestal
- Fácil programación
- Datos en servidor

Desventajas

Las desventajas presentadas son en función de la comercial

- Necesidad de fijar sensores y módulos

2.5 Tecnología LoRa WAN

2.5.1 Qué es la tecnología LoRa WAN

LoRa WAN es un protocolo que fue creado por y exclusivamente para alcanzar grandes distancias, pero a su vez sacrificando la tasa de transmisión de datos.

Este protocolo fue creado por una organización abierta sin fines de lucro llamada Alianza LoRa. Aunque la tecnología subyacente que usa es de radio frecuencia que se llama “espectro ensanchado”, fue desarrollado por la empresa Semtech Corporation, la cual usa modulación Chirped-FM, con una frecuencia de rampa. Aquí se podrá ver la modulación.

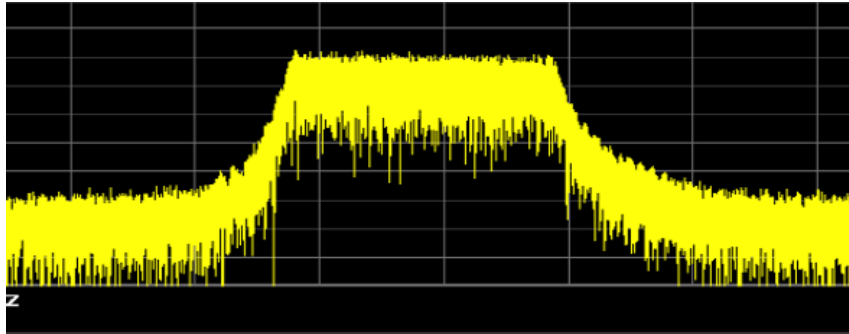


Figura 2.3: Espectro ensanchado [11]

2.5.2 Características de la tecnología LoRa WAN

La razón para usar esta tecnología, es porque presenta características únicas, que hace posible una verdadera integración de internet de las cosas, cubriendo todas las necesidades que involucra esta tendencia.

2.5.2.1 Velocidad de datos adaptable (ADR)

El término ADR es Adaptive Date Rate, esto le permite administrar automáticamente el factor de propagación para cada dispositivo final, es decir, dependiendo de qué tan lejos, cerca u objetos estén el camino, el protocolo regulara el ancho de banda y el factor de propagación, esto se hace con el objetivo de:

- Optimizar la velocidad de datos más rápida en comparación con el rango
- Maximizar la duración de la batería
- Alcanzar la capacidad máxima de la red [11]

2.5.2.2 Frecuencias utilizadas

Para no interferir o usar otras frecuencias que son pagadas o privadas, como la LTE, televisión o radio, la tecnología está usando frecuencias de Sub-GHz sin licencia, es decir que son gratis, así como la del Wi-Fi. Se eligió aquellas que no se están usando en ningún continente:

Europa banda de 868 MHz, EEUU y América Latina 915 MHz

Los canales de red pueden ser elegidos arbitrariamente por el administrador de la red. [12]

2.5.2.3 Topología

Su estructura es que, como cualquier red de área local, solo que con diferente medio y características:

- Red de área amplia de baja potencia (LPWAN),

- Comunicación en ambas direcciones o bidireccional
- Topología de estrella simple
- Baja velocidad de datos
- Larga duración de la batería
- Largo Alcance (**Long Range**) [11]

2.6 Diseñar una red LoRa WAN

Aunque la tecnología LoRa, pueda parecer completa, la verdad es que necesita de toda una infraestructura para que pueda funcionar completamente, ya que estos dispositivos manejan ondas de radio, de alguna manera hay que digitalizar esos datos y subirlos a la nube.

En el siguiente gráfico podemos observar de manera general como está compuesta una red LoRa: [11]

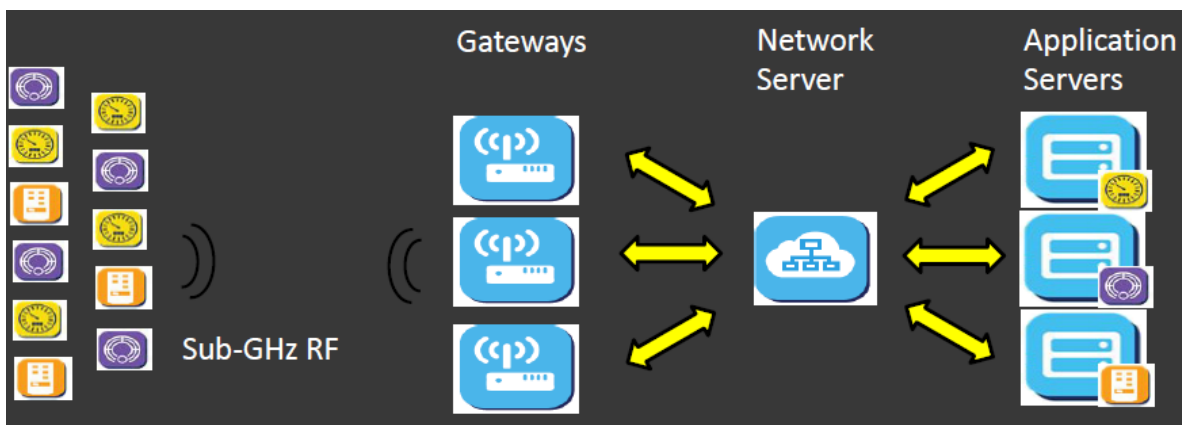


Figura 2.4: Topología de Red LoRaWan[11]

La Figura 2.4, representan a los “Dispositivos Finales”, que pueden ser: sensores, actuadores etc. A continuación, el medio que usa que es RF, los Gateway o “Puerta de enlace” o “concentrador”, Servidor de red y Aplicación de servidor.

2.6.1 Interacción de los elementos en la red LoRa

La comunicación siempre la inician los dispositivos finales, que son los que envían pequeños paquetes de datos cada cierto tiempo (tiempo programable), estos son enviados por RF, y el protocolo LoRa se encarga de que lleguen al Gateway que pueden estar ubicado a una distancia de 15 a 21 km en línea de vista. Cabe señalar que un mote (dispositivo final), solo puede enviar a un solo Gateway, pero un Gateway puede recibir varios

motes (hasta 1 millón), pero el Gateway que se usa tiene 8 canales, solo se puede recibir hasta 8 mote a la vez. [11]

2.6.1.1 Interacción Gateway – Network Server

El Gateway recibe el paquete de datos y este los envía vía IP a un servidor, este servidor se lo conoce como Servidor de Red, una vez que estos datos llegan al servidor se los puede mostrar mediante una consola, cabe recalcar que este servidor debe tener todo lo necesario para recibir los datos. [11]

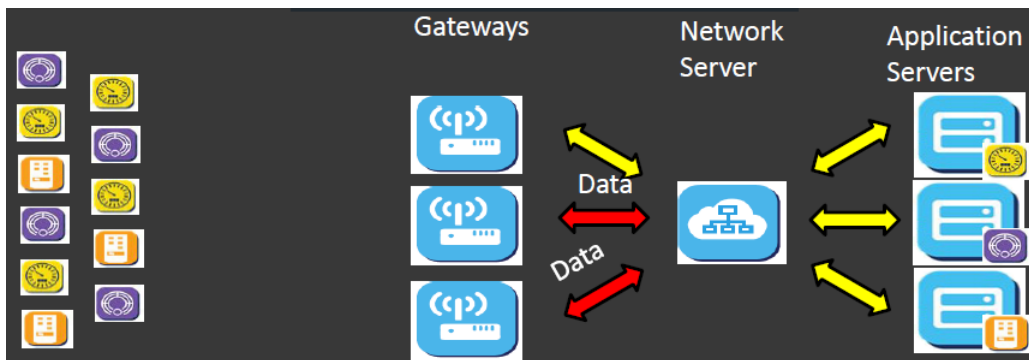


Figura 2.5: Mensajes de datos confirmados [11]

Aunque el Gateway se conecta por IP al servidor, los datos usan una clave de sesión de red (NwKSkey), para identificar al server que opera con la aplicación.

2.6.1.2 Interacción Network-Server y Aplicación de servidor

Como se ve en la Figura 2.6, una vez que llegan los datos al servidor este se encarga de enviarlos a la aplicación destinataria. La aplicación destinataria se programa directamente al mote, es decir que ese paquete no solo llevaba datos, sino también la dirección de la aplicación, esta dirección se la conoce como

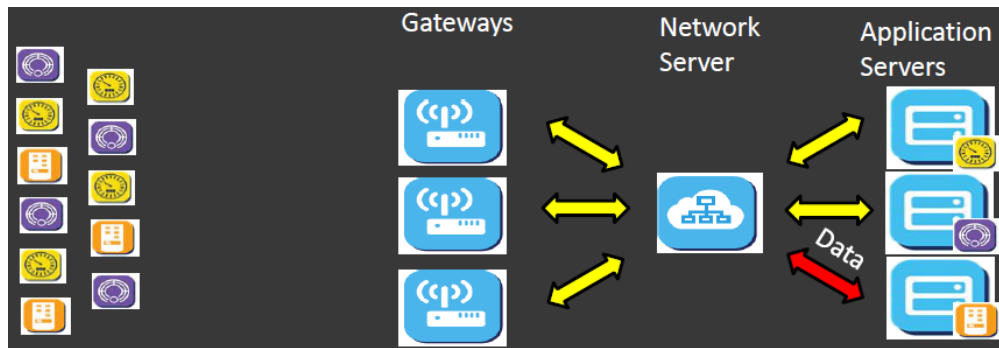


Figura 2.6: Mensajes de datos confirmados llegada [11]

La aplicación de servidor, es la que interactúa con el servidor, el servidor sabe a qué aplicación enviar los datos por medio de la AppEui, y la aplicación sabe de quién son los datos, es decir, que mote le está enviando, lo identifica a través de la Dirección del dispositivo (Devaddr), que es un nombre único para cada Mote. [11]

Este proceso se realiza si es en una sola dirección, en caso de que la aplicación de servidor, desee enviar datos el proceso sería el mismo, pero el mote consumiría mucha más energía para recibir datos, que lo que usa solo para enviar

Nota: La aplicación de servidor esta es la que se encarga de recibir los datos del servidor, pero no hace nada más, si queremos guardar los datos, y hacer un tratamiento o procesar los datos, debemos crear una aplicación aparte, para que interactúe con la aplicación de servidor, esta será la aplicación que el usuario final tendrá.

2.7 Hardware de LoRa WAN

Para entender, cuales son los potenciales de esta tecnología debemos tener presente las particularidades físicas, y las partes que los compone para una posible interacción, es decir, hay que saber que tiene LoRa, para poder saber a donde y cuando usarlo.



Figura 2.7: Kit de evaluación de red LoRa[12]

En la figura 2.7, se presenta 2 motes a la izquierda, y 1 Gateway. Cabe recalcar que los motes presentados son de desarrollo, lo que significa que en el mercado existe mote, que solo tienen el chip y la antena, que es lo único que se necesita para enviar datos por RF. Lo mismo pasa con el Gateway, este es de desarrollo, pero existen otros que son más pequeños, y compactos. [12]

2.8 Configuración de los equipos

En la sección 2.5 se describe cómo interactúan las partes en una red LoRa. Aunque el protocolo LoRa es abierto, por ende, existen muchos fabricantes de estos chips, el que se usa aquí es Microchip.

2.8.1 Diagrama de interacción de Docker

Esta consola solo trabaja con la plataforma Docker, esto funciona como una máquina virtual, pero no es una máquina virtual. Para hacer todo el procedimiento, hay que entender el lenguaje de Docker, Una vez creado el servidor y la base de datos en Docker, vamos a la consola a configurar. Para ver cómo crear un servidor y BD en Docker ir a su sitio oficial en www.docker.com. En la figura 2.8 se presenta la interacción entre Docker, el servidor, la base de datos y los equipos.

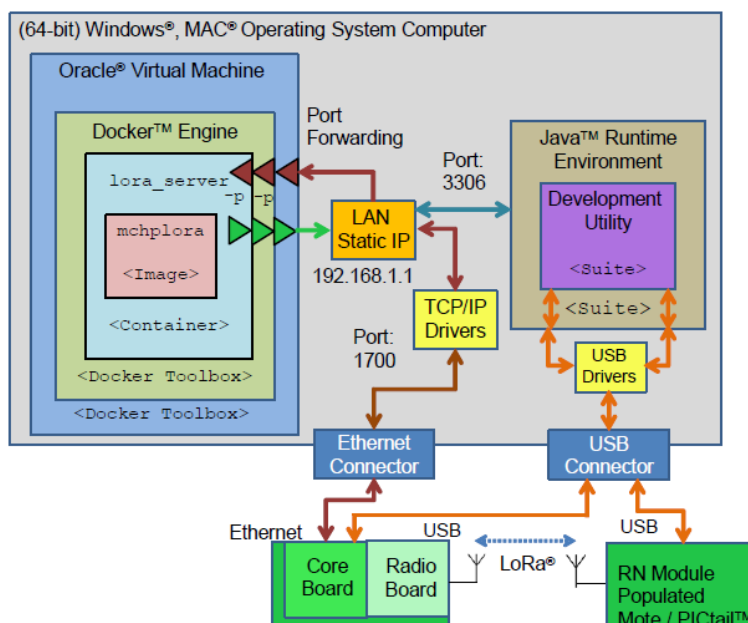


Figura 2.8: Configuración de evaluación de la red LoRa[12]

2.8.1.1 Interacción de Virtual Machine

Se puede usar cualquier máquina virtual, depende del sistema operativo, en este caso es VM de Oracle, esta ayuda para que en ella pueda correr Docker. En la terminal de Docker se debe iniciar el servidor. Para ver los comandos para crear un servidor en Docker, sírvase de revisar la documentación en www.docker.com, aunque el servidor creado es de una imagen del fabricante, que contiene lo necesario para el servidor.

Como se ve en Figura 2.8, en el gráfico interactúan tanto el servidor como la imagen, a través de puertos internos, los mismos puertos deben ser configurados en la máquina virtual.

Esto usa los drivers de la pc host o local.

2.8.1.2 Interacción de Java Runtime

La consola que proporciona el fabricante, necesita el entorno de Java runtime, en caso de tener instalado, se puede descargar la última versión en www.oracle.com

Este entorno le brinda la base, para que la consola pueda operar, con los equipos ya que esta posee controles MAC (control de acceso a medios).

Se puede observar la arquitectura de cualquier módulo mote y en donde se encuentra los comandos MAC, usados para comunicar objetos físicos.

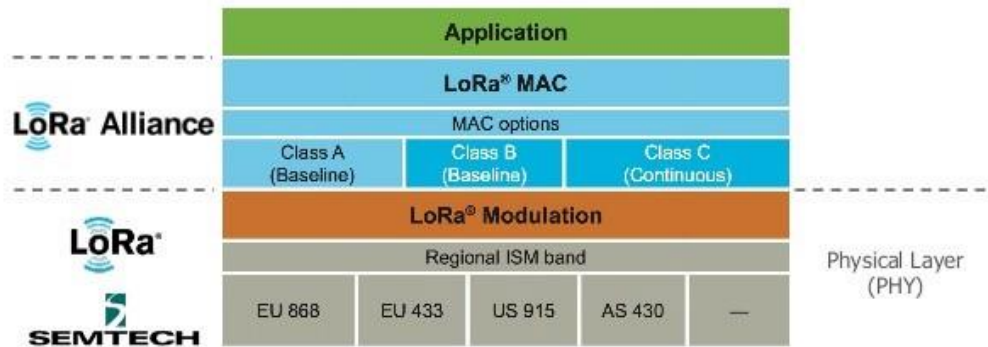


Figura 2.9: Estructura de tecnología de LoRaWAN[12]

La capa de clases, es una manera más general de ver los dispositivos LoRa, esos son de un mayor consumo de energía, pero presentan otras características, para aplicaciones con diferentes necesidades.

2.8.2 Configuración del Gateway.

Lo primero que se debe de hacer, es configurar el Gateway, antes de conectarse con cualquier servidor propietario. Cada fabricante tiene una aplicación o consola donde se parametriza todos las variables y direcciones para que pueda funcionar

Se debe descargar del sitio oficial del fabricante, el manual completo para la configuración del Gateway y el mote. Aquí se hará solo lo más crítico y necesario para la puesta en marcha.

Al comprar el Gateway tenemos que ver qué frecuencia usa, y si esa frecuencia está permitida en tu país o zona, este es de 915 MHz. La consola que se tiene es la siguiente:

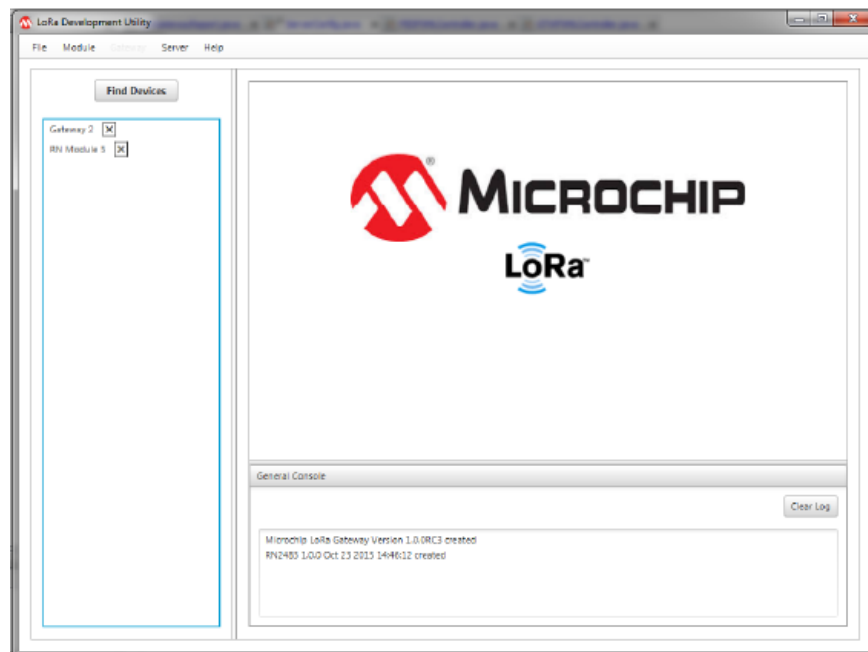


Figura 2.10:Utilidad de configuración [12]

Pero antes de usar, esta consola, se debe crear un servidor local junto con una base de datos local. Para armar una pequeña red. Esta consola solo trabaja con la plataforma Docker, esto funciona como una máquina virtual, pero no es una máquina virtual. Para hacer todo el procedimiento, hay que entender el lenguaje de Docker, Una vez creado el servidor y la base de datos en Docker, vamos a la consola a configurar. Para ver cómo crear un servidor y BD en Docker ir a su sitio oficial en www.docker.com

Configuración de Gateway

Antes de configurar, por consola se debe formar una pequeña red local, como se muestra en la siguiente figura:

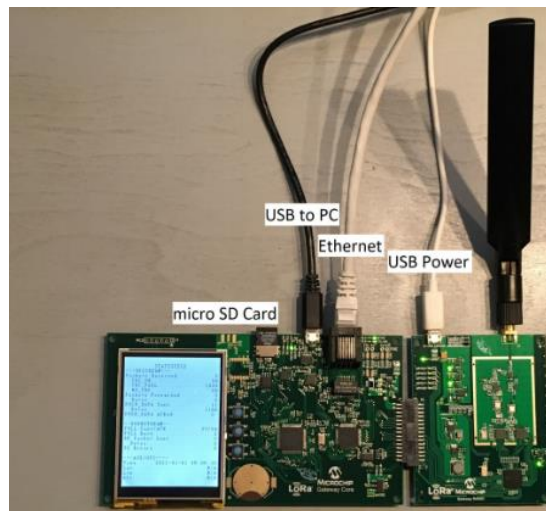


Figura 2.11: Gateway con las conexiones correspondiente*

El ethernet del Gateway se conecta a un router, para poder crear una red local, al router le debe llegar el cable del internet, y otro ethernet debe salir del router a la computadora. Entonces las conexiones al router son:

Internet – Router

Gateway – Router

Router – Computadora

Ahora vemos en nuestra PC, la dirección IP que tenga el servidor en docker, y la base de datos, aunque es la misma,

Buscar dirección IP de nuestro pc, se puede usar el comando `ipconfig/all`.

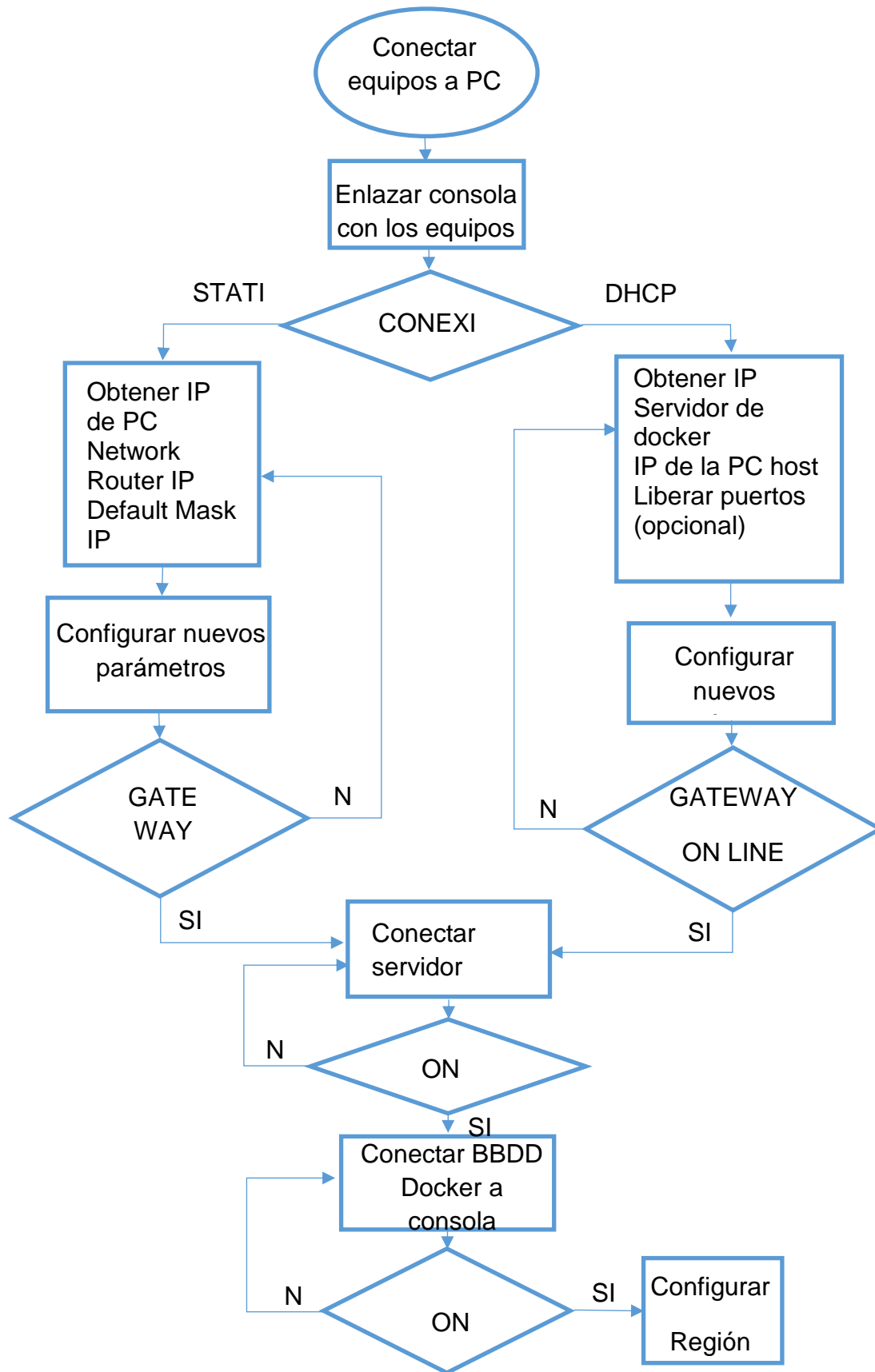


Figura 2.12: configuración de Gateway con la Dirección de la IP *

Es necesario crear el servidor y la base de datos en Docker, aunque se tenga otro servidor en el internet, ya que, con este, cambiaremos la región de frecuencia, ya que, si no hacemos, el mote y el Gateway estarán trabajando a diferentes frecuencias, y por lo tanto nunca se comunicarán.
Conexión con el servidor local.

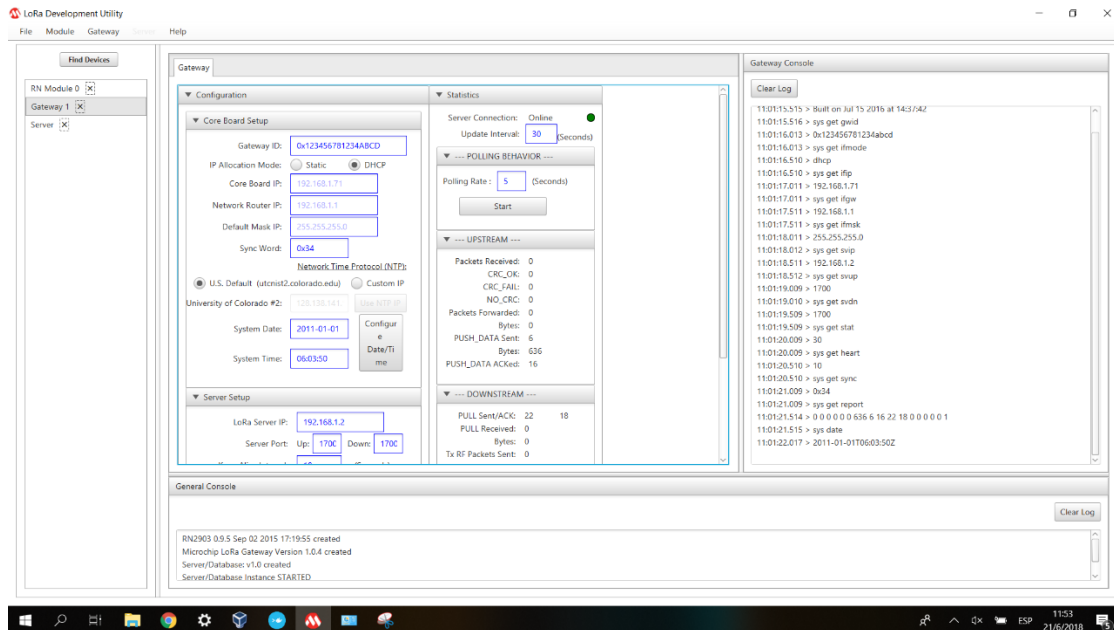


Figura 2.13: Panel de conexión final de la consola

Es necesario que el servidor y la base de datos estén conectados para que el Gateway se puede estar online. AL final deben quedar algo así las conexiones:

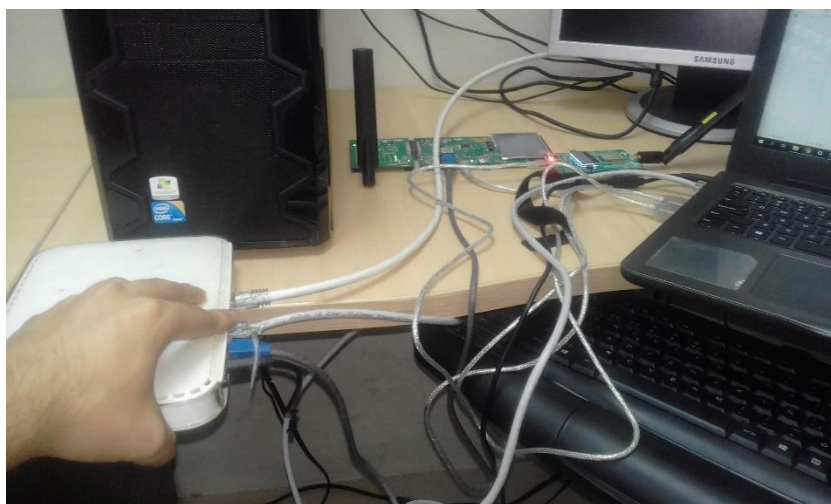


Figura 2.14: Conexiones del proyecto

El objetivo de este paso, es que el Gateway se conecte con el servidor, para saber si está o no conectado al servidor, debe estar en color verde el indicador superior y decir online, caso contrario tendrá time out. La IP del servidor será la IP de la máquina virtual, que tenga en ese momento. Hay que ver en cada conexión ya que cambia la IP.

2.8.3 Cambio de región del Gateway

De fábrica viene configurado con cierta región, puede que venga o no configurado a la región o frecuencia que opera el mote. La región es frecuencia de operación.

El servidor asume que todas las unidades mote trabajan a 868 MHz, y por ende también el Gateway estará en esta región, pero el mote que se usa está a 915 MHz. Esto cambiará la puerta de enlace de 868 MHz (región 4) a 915 MHz (región 0) La configuración de la región solo se puede hacer a través del servidor. Se hace los siguientes pasos: [12]

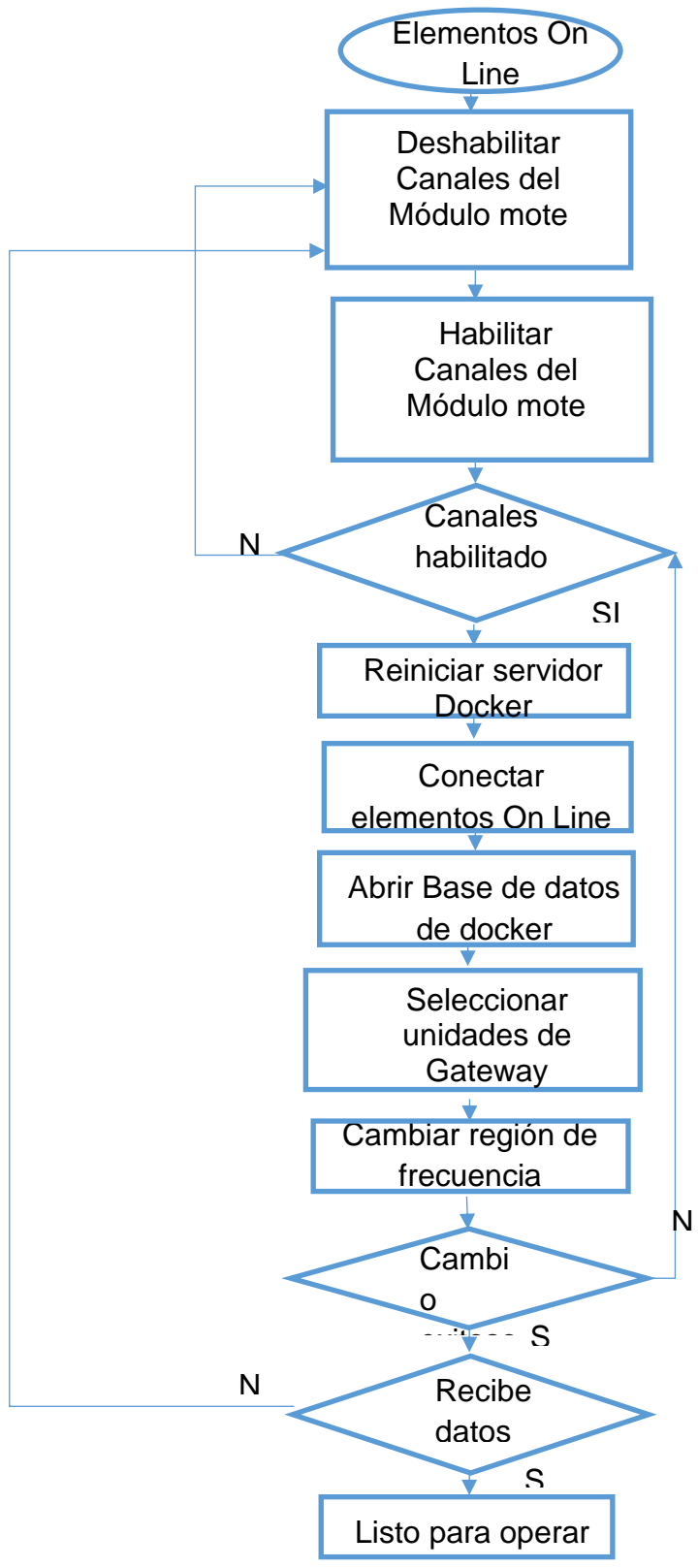


Figura 2.15: Cambio de Región

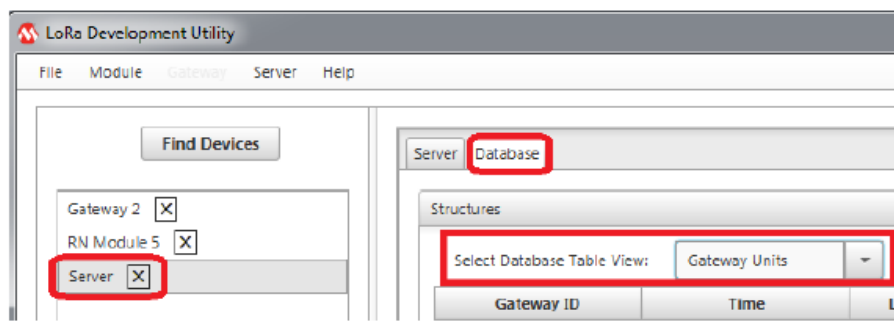


Figura 2.16: Vista de tabla de la base de datos de unidades [12]

Al servidor para que pueda cambiar la región, ahora simplemente cambiamos

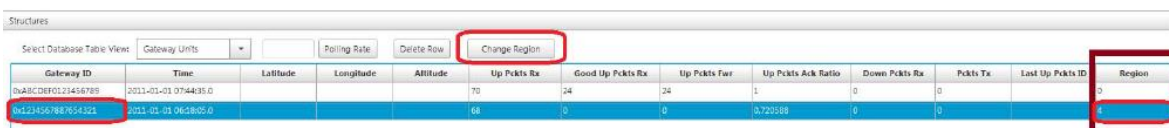


Figura 2.17: Modificación de región [12]

Hay que dejar en la región 0, para que el mote y el Gateway operen a la misma frecuencia.

Nota: Si el mote adquirido trabaja a 868 MHz no es necesario cambiar la región, o hacerlo solo por verificación. [12]

2.8.4 Configuración del mote

Para la configuración del mote, es debe elegir por cual método se va a conectar. Existen 2 métodos para conectar el mote al Gateway, OTAA y ABP. De acuerdo a la necesidad se implementa el un método o el otro.

2.8.4.1 Método de conexión OTAA

Este método OTAA (over the aire), es basado en el identificador único global y consiste en proporcionar 3 claves, que tendrán que ser introducidas por el cliente o por el usuario, es decir el servidor las proporcionará y por consola se deben introducir estas 3 claves, estas son: Application Extended-Unique ID (AppEUI),

Application Key (AppKey)

Device Extended Unique- ID (devEUI)

El uso de cada una de estas claves se explicó en la anterior sección. El problema de esta forma de conexión es que el usuario debe saber introducir las claves en la consola, que el servidor le dice. Se usa para cuando una empresa te alquila el servidor, o cobra alguna comisión por su uso. [11]



Figura 2.18: Conexiones OTAA [11]

2.8.4.2 Método de conexión ABP

El ABP (Activation by Personalization), claves compartidas almacenadas en tiempo de reproducción, bloqueado a una red específica, que igual se tienen que entregar 3 claves, pero estas se las puede configurar al quemar el chip, de LoRa, es decir que directamente de fábrica se puede configurar para que apenas le conecte energía se configure automáticamente sin que el cliente o usuario final tenga que programar [11]



Figura 2.19: Conexiones ABP [11]

Si se realizó todos los procedimientos de manera correcta, podremos ver los datos que se reciben del mote a través de la consola. Aunque en la misma consola se puede confirmarlos es la base de datos. [11]

2.9 Integración con un Servidor

Al inicio del capítulo se dijo que el único propósito de crear el servidor en Docker, era para configurar el Gateway, para cambiar la región y que el mote y el Gateway operen a una misma frecuencia de operación.

Aunque los datos se podían observar en la consola del fabricante, lamentablemente no se puede ni descargarlos, ni trabajar con ellos, ya que la consola su único objetivo era probar que los equipos pueden comunicarse.

Para poder usar los datos se necesita un servidor diseñado específicamente que soporte los protocolos MAC, y de ahí el servidor sea capaz de presentarlos a través de una aplicación de servidor, para mostrar y administrar los datos para trabajar con ellos.

Un servidor puede manejar muchos Gateway y muchas aplicaciones de servidor, para el direccionamiento se tienen los métodos de activación descritos anteriormente. [13]

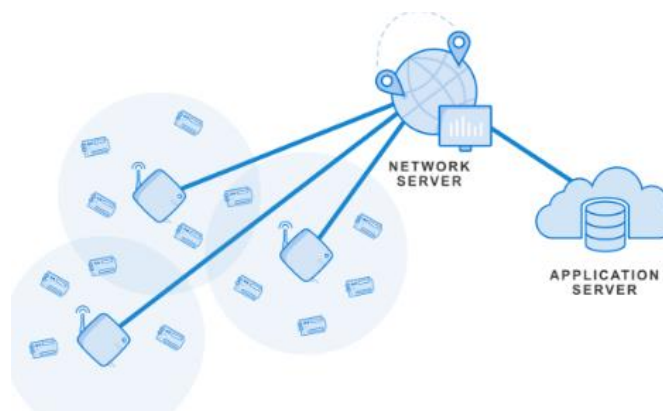


Figura 2.20: Integración de un servidor [13]

2.9.1 Aplicación de Datos

Algunas empresas como Amazon, Microsoft, Google, Sofia, Ubuit y otras más ofrecen este servicio para la integración de datos, es decir el servidor, donde se pueda descargar los datos y trabajar con ellos, dan el servicio completo, pero los paquetes más pequeños son para las industrias, ya que manejan más sensores y necesitan más conexiones de IoT.

Un servidor que brinda un servicio gratuito en forma de muestra, para que las personas puedan probar sus interfaces, es TheThingsNetwork, te dan el servicio hasta poder ver los datos en una consola de ellos, pero apenas se cierra la página los datos se eliminan, ya que si se desea almacenamiento eso tiene costos, los cuales son solo para empresas, que realmente necesiten la infraestructura. [13]

2.9.2 Arquitectura de una aplicación para tratamiento de datos.

La página <https://www.thethingsnetwork.org> (TTN), nos ofrece algunas formas de hacer nuestra propia aplicación, para probar sus características como servidor. Una API de datos permite recibir eventos y mensajes desde dispositivos, así como enviar mensajes a dispositivos. [13]



Figura 2.21:Tipos de aplicaciones [13]

La Figura 2.21 indica que hay dos tipos de aplicaciones, una para solo manejar o administrar datos, y la otra que usa los dos servicios en donde se administra los datos y los eventos de los dispositivos como agregar o quitar Gateway o motes

Las formas que se puede hay muchas, cada una dependerá del usuario, se muestra la forma de una integración. [13]

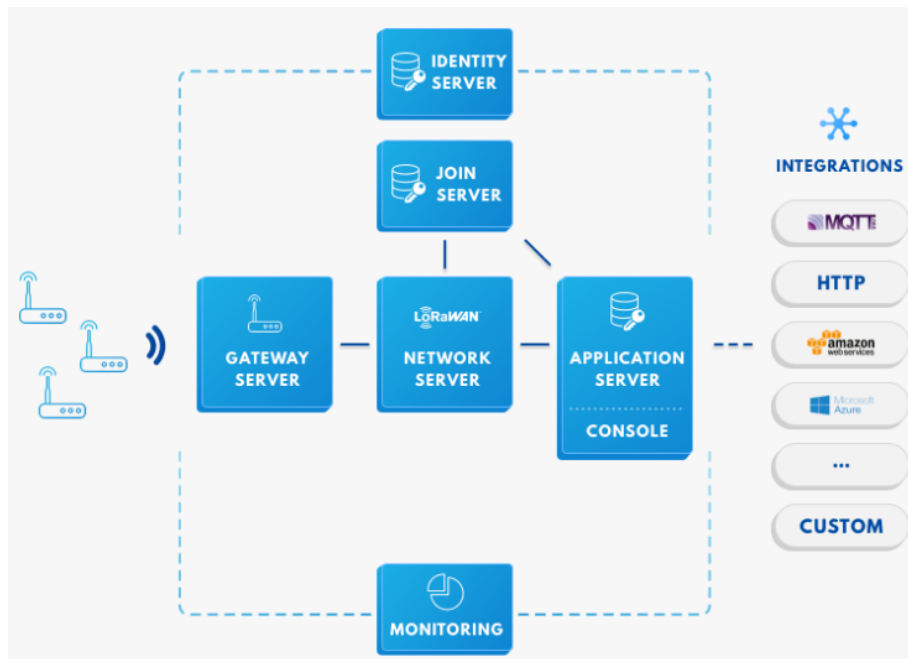


Figura 2.22: Infraestructura de Red Profesional[13]

Este es un ejemplo (Figura 2.22) de lo que debe tener una infraestructura de red profesional, ya que en la práctica la red, se puede usar para cientos de Gateway y muchas aplicaciones por cliente. [13]

Pero al final se observa las formas que existen para hacer la integración de datos, que administre los datos y eventos o ambos. Algunas empresas dan el servicio completo como se indicó anteriormente. [13]

La página TTN ofrece los códigos para que el usuario genere su propia integración, donde te dan todas las librerías necesarias, pero hay un problema. Se ofrece el código de acuerdo como ellos tienen en sus servidores, lo cual implica que se debe de cambiar manualmente todas las direcciones de todos los archivos de código, y acoplarlas a las necesidades de cada usuario. Incluso se debe de cambiar y eliminar ciertas clases, ya que, al hacer una aplicación de forma local, esas clases no ayudaría. Esto se presenta como una oportunidad de proyecto a futuro, donde se desarrolle por completo un servidor sencillo pero completo, y con librerías más orientadas al usuario, para que el usuario pueda elegir incluso con que programa procesar sus datos o hacer el suyo propio. [13]

2.10 Marco Legal de Lora WAN

Este protocolo usa frecuencias de radio sin licencias, lo cual implica que cualquiera puede usar sin pagar tarifas por derecho de transmisión, es como el wi-

fi que están en las bandas de 2,4 y 5Ghz, solo que aquí es de muy bajo consumo, mucha más distancia (15km) y menor velocidad de datos. Esto permite que cualquier persona pueda usarla en cualquier parte del mundo.

Los canales están distribuidos de la siguiente manera:

En Europa, se opera en 863-870 MHz, Los organismos reguladores imponen ciclos de trabajo específicos en dispositivos para cada sub banda.

En EEUU se opera de 902-928Mhz en EEUU han dedicado canales de enlace ascendente y descendente. Cada canal es de 125khz, lo cual da una mejor recepción para el envío y transmisión de datos.

En Australia las especificaciones para las bandas son de 915-928Mhz, aunque poseen bandas más altas de las de EEUU.

En China tenemos a las bandas 779-787Mhz. Hay 96 canales de enlace ascendente y 48 de enlace descendente. [14]

2.11 Seguridad

El protocolo reconoce 3 claves de seguridad de 128 bits distintas. La de aplicación AppKey solo es conocida por el dispositivo y por la aplicación. Cuando el dispositivo se une a la red se genera AppSkey, una clave de sesión de aplicación y una clave de sesión de red NwSkey . El NwSkey es compartido con la red mientras que el AppSkey se mantiene privado. Todas estas claves de sesión se usarán en la activación. [14]

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para comprender los resultados, las necesidades de los agricultores minoristas, son básicas y se cuenta con un bajo presupuesto. Aunque por norma se establece las variables que deben ser tomadas en cuenta.

La nueva estación con LoRa WAN, brinda la libertad al agricultor de comprar solo lo que su cultivo necesita, y si en algún momento se expande, lo único que tendrá que hacer es comprar más sensores.

Una vez dicho esto, se sabe que los puntos clave, es la cantidad de sensores que se pueden conectar, ya que de esto dependerá la escalabilidad del proyecto.

3.1 Capacidad Admisible de sensores

Las estaciones comerciales actuales, están limitadas a la cantidad de sensores que brinda el equipo de las mismas, es decir lo limita el hardware.

En la estación con LoRa, los sensores que se pueden conectar, al concentrador, ronda el millón de sensores. Aunque depende del concentrador la cantidad de dispositivos que pueden emitir al mismo tiempo, el que se usa en nuestro caso es de 8 canales, hasta 8 dispositivos pueden transmitir a la vez, pero la ventaja que se tiene es que se usan tiempos muy cortos de envío de datos.

Tabla3.1: tiempos de envío de datos

Tarea	Airtime (ms)	Bytes	frecuencia
Conexión concentrador	370	19	125
Datos (sin confirmar)	90	21	125
Datos (sin confirmar)	115	21	125
Datos (confirmados)	130	21	125
Datos (confirmador)	150	21	125

Los datos mostrados es solo una muestra aleatoria que se tomaron manualmente, para validar cual sería la capacidad de recibir datos de nuestro concentrador (Gateway).

La aplicación de toma de datos será discreta, aunque las variables sean analógicas, se puede configurar hasta para que tome datos cada 30 segundos.

3.2 Vida de la batería vs aplicación

Las necesidades varían dependiendo de la aplicación, es decir, aunque el protocolo consuma muy baja energía para enviar los datos, De nada serviría si hay cables que lleven la alimentación al sensor, y tener una verdadera instalación inalámbrica. Para los sensores que consumen una cierta energía tenemos los siguientes tipos de protocolos.

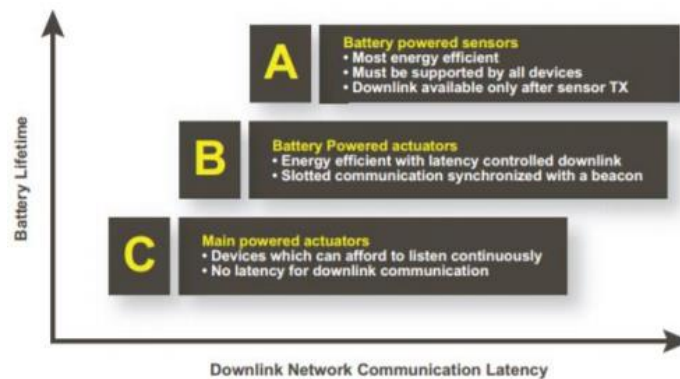


Figura 3.1: Relación entre la batería y la aplicación *

Medir la energía consumida en función de los datos transmitidos, dependerá de muchos factores naturales y exteriores, pero se puede observar la tendencia en función de la necesidad.

3.3 Distancia vs Ancho de banda

En la prueba realizada, se hizo en una zona con abundante vegetación a una distancia aproximada de más de 6km. Para tener una idea de cómo se relacionan la distancia, el ancho de banda, veamos la siguiente gráfica:

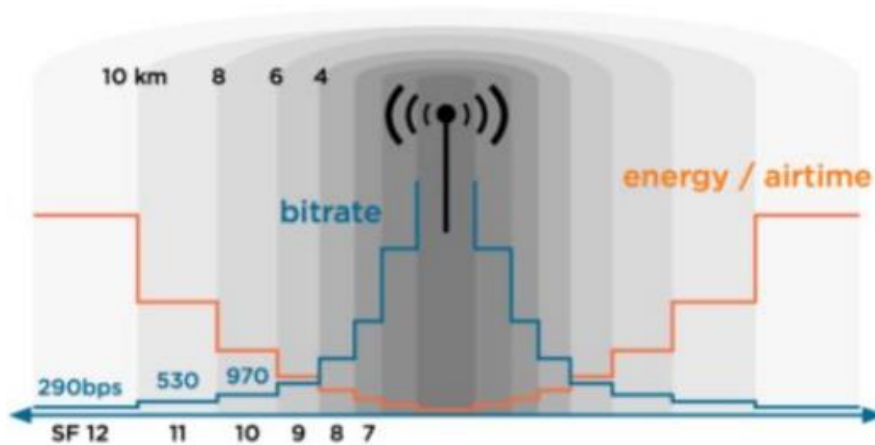


Figura 3.2: Ancho de Banda

Se observa a que a medida que aumenta la distancia la tasa de datos va disminuyendo, como se comentó en el capítulo 2, que se sacrifica velocidad de datos para poder llegar a más distancia, la pregunta es, como encontrar la combinación perfecta de entre velocidad de datos y distancia sin comprometer a la energía consumida, para esto se tiene a ADR (adaptive data rate). Este control es una de las fortalezas del protocolo, ya que lo hace en función de las necesidades que se tengan en ese momento, que cuyo objetivo es que los datos lleguen. Se presenta una tabla de una muestra de datos, tomadas en campo.

Tabla 3.2: Muestras de Datos*

Distancia (km)	Datos (bytes)	Obstáculos	Banda
1	21	Baja vegetación	125
1.5	8	Media vegetación	125
3	21	Abundante vegetación	500
2.5	21	Baja vegetación	125
5.7	21	Media Vegetación	250
3	21	Obstáculo montañoso	0 No llegó

Las distancias son aproximadas, la muestra fue tomada en sitio del cliente, como se observa a medida que variamos la distancia no necesariamente, las demás variables varían linealmente, esto depende mucho del lugar y en las circunstancias en las que se tienen, pero si comprendemos los datos, vemos que la distancia casi no influye en el protocolo, sino lo que se encuentra en medio del camino, si encuentra muchos obstáculos el protocolo tratará de aumentar la banda, pero si solo hay distancia, lo hará con otra frecuencia.

Importante: Para la transmisión de datos no importa mucho la distancia, solo se traducirá a mayor tiempo, lo más importante es que exista en línea de visión entre el mote y el Gateway, en alguna dirección cualquiera.

En caso de no cumplirse la cláusula anterior, la solución sería colocar en un lugar más alto al Gateway o al mote, e incluso a ambos.

3.4 Uso de sensores vs Lora

Para esta prueba se realizó una pequeña encuesta de los posibles sensores a utilizarse por los agricultores, estos sensores están descritos al inicio del documento. Se pudo concluir que sin importar el uso del sensor lo que se traduce es al número de bits, que usa. Mientras más preciso y exacto sea el sensor, solo se debe añadir más bytes al paquete de datos, es decir, que solo se traducirá a tiempo, ya que este depende de la transmisión de datos y este a su vez del ambiente.



Figura 3.3: Proceso virtual*

3.5 Análisis de Datos.

La información que se obtiene a partir de los sensores, se puede usar para distintos fines, como los que se describió en la sección 2. La tecnología LoRa, almacena todos los datos, en una base de datos, esto es de gran ayuda, ya que permite que se integre de manera simple, ya que el programa va a depender de la necesidad, y del tratamiento que habrá que darles a los datos.

Se mostrará un programa, donde se visualice de forma intuitiva el cultivo, aunque este solo será para mostrar la implementación que se puede hacer con LoRa, que trabaja básicamente con cualquier aplicación o programa que maneje una base de datos.

3.5.1 Panel Frontal

En el panel frontal tenemos dos partes, la parte derecha observamos el SCADA, y la parte izquierda los controles. Esto es lo que observara el usuario.

Aquí podremos encontrar las funciones principales del panel de control, como son: El encendido, la energizada y demás opción adicional del sistema.

Se puede observar el SCADA (Supervisory control and data acquisition) como tiene representado la distribución de actuadores y sensores en el campo, y adicional funciones extras para obtener información de los mismos.

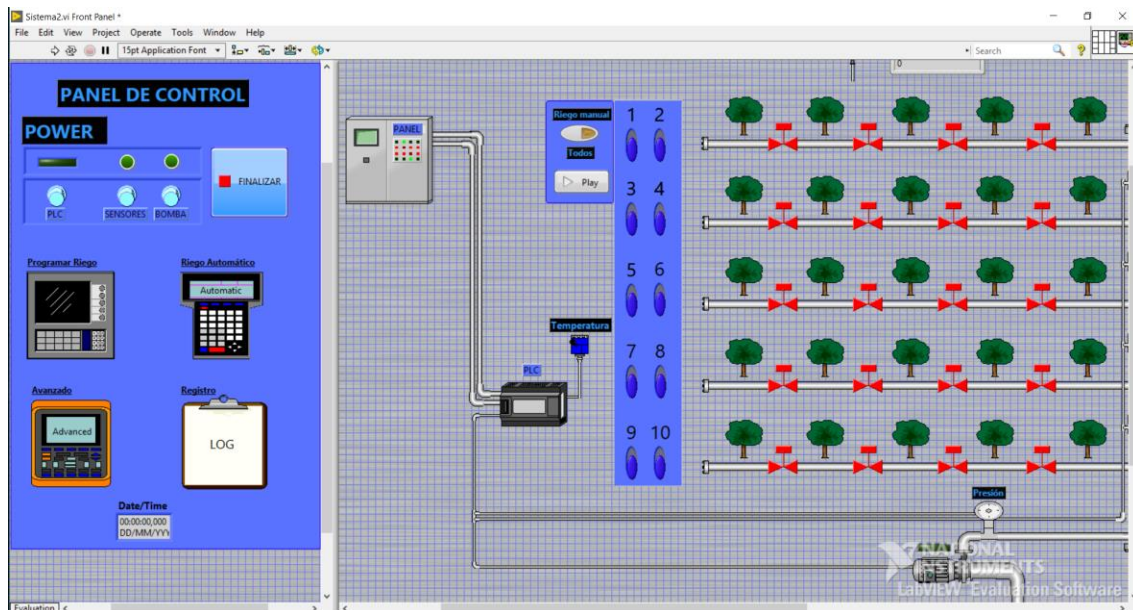


Figura 3.4: Panel Frontal del sistema

3.5.2 Panel de Control

Las Sigüientes funciones se pueden visualizar en el panel de control:

- Power
- Programar Riego
- Riego Automático
- Log
- Finalizar

3.5.3 Power

Podemos Ver en esta sección “POWER”, aquí se energizan tres importantes partes del sistema, cuales son, el “sistema” que encierra a todos los actuadores y sensores, bombas de aguas y el PLC que son utilizadas, podemos ver que servos válvulas y actuadores están separadamente, dado que le número de estos puede variar, para tener la opción “escalabilidad” al sistema, es decir, para poder usar con otros componentes.



Figura 3.5: Power.

Esta sección es de vital importancia, puesto que, si esta sección no activa los componentes del sistema, ninguno de ellos trabajaría normalmente.

3.5.4 Riego Programado

El programa de riego se la puede dar de dos maneras para el usuario: una es por sensores y la otra por riego automático.



Figura 3.6: Riego Programado

Al Dar Clic en icono de programar Riego (Figura 3.6), podremos ver la opción donde podemos manipular los parámetros y opciones para el riego.



Figura 3.7: Ventana Programador de Riego.

Pasando de dar clic en el icono de Riego automático nos muestra la ventana con las tres partes.

La primera parte donde se puede ingresar la fecha y hora de inicio del riego , también fecha y hora de finalización del riego.

En la segunda Parte podrá el usuario elegir todos los sectores a regar en la dando clic en “todos” o por cada uno de ellos donde están enumerados.

La última parte podemos observar cómo fue configurado en la primera y segunda , por ultimo dar clic en “guardar”, así queda guardado en archivo de datos para dar inicio en la fecha y hora que fue programado el riego.

3.5.5 Riego automático

El Riego automático depende de las condiciones de los sensores de humedad y el sensor de la temperatura.



Figura 3.8: Riego Automático.

El riego automático está formado por tres partes.

La primera se encuentra las condiciones de temperatura y humedad que normalmente el usuario hace su riego.

En la segunda parte podemos observar “Sectores de riego”, donde podemos activar a “todos” dándole clic o elegir por número por cada sector que se desea que se riegue.

La tercera parte podremos observar La configuración que se hizo en la parte primera y parte segunda. Dando clic en “guardar” para que quede listo el riego según los sensores.

Riego automático es muy similar que el programador de riego.

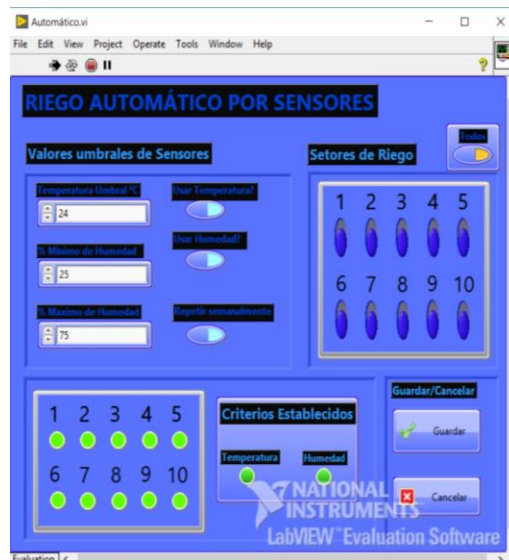


Figura 3.9: Ventana de Riego Automático.

3.5.6 Scada del cultivo

El SCADA nos facilita observar la organización del riego como van ser poseionados las tuberías, los varios tipos de sensores y los actuadores .Los podemos ver en Figura 3.10.

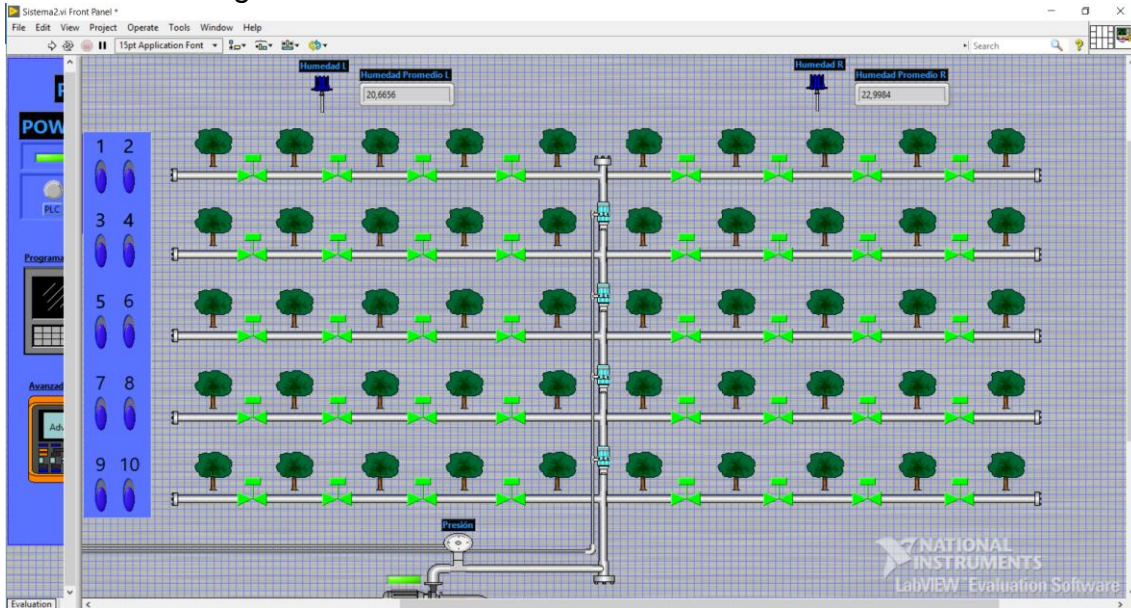


Figura 3.10: Representación Gráfica del SCADA para riego del cultivo de cacao.

3.5.7 Panel y PLC

El panel es una representación gráfica donde se encuentra el conjunto de adquisición de datos que será conectado al PLC o la computadora, para transmitir la información a los actuadores o control del proceso de forma automatizada en cualquier parte de la hacienda, finca o cultivo. (Figura 3.11)

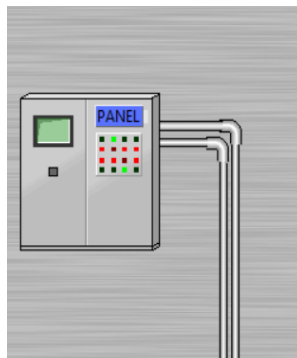


Figura 3.11: Centro de Adquisición de datos

En la figura 3.12, vemos un ícono que representa el PLC usado con las respectivas conexiones que a este le llegan desde los sensores y actuadores. Estas líneas de transmisión usadas para establecer la conexión.

La representación del PLC donde se conectará los sensores y actuadores del sistema de riego del cultivo de cacao (Figura 3.12)

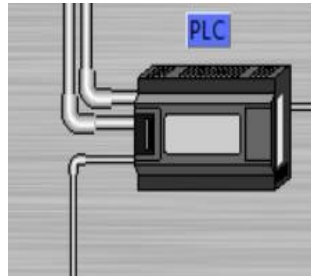


Figura 3.12: Presentación grafica del PLC.

3.5.8 Sectores de Riego Automático

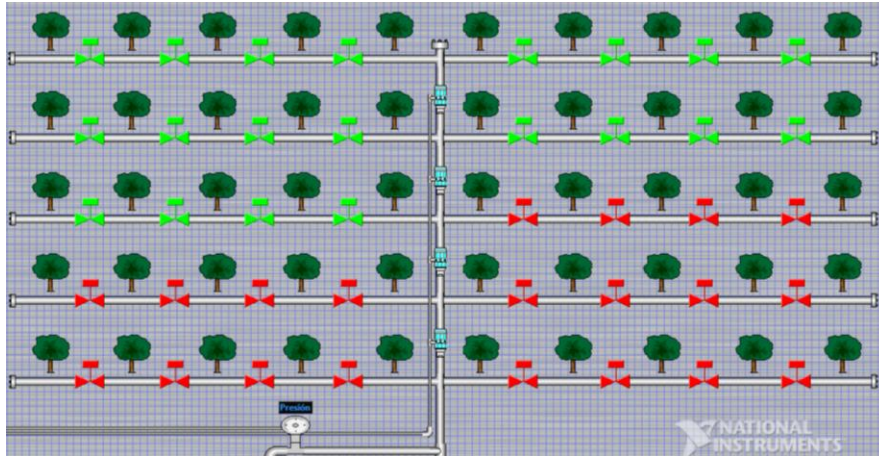


Figura 3.12: Sector de Riego Automático.

En esta sección podemos ver todos los elementos elementales para un sistema de riego empezando por la tuberías, los aspersores y sensores de flujos .Los gráficos de los arboles no representan el cultivo normal del cacao, solo es una forma de representar. (Figura 3.12)

3.5.9 Aspersores para Riego

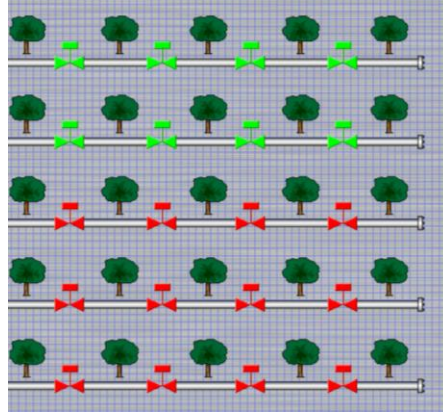


Figura 3.13: Aspersores para Riego

Los Aspersores para riego cambian de color, en verde cuando están activados y rojo cuando están desactivados. (Figura 3.13)

3.5.10 Sensor de Flujo

Los sensores de flujos nos indican si hay agua por las tuberías, y están ubicados en cada inicio de sector. Este nos ayuda a controlar si el fluido esta normal o hay fugas por las tuberías.

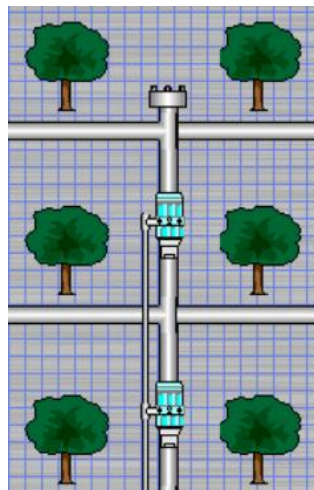


Figura 3.14: Icono del Sensor de Flujo.

3.5.11 Sensor de Temperatura

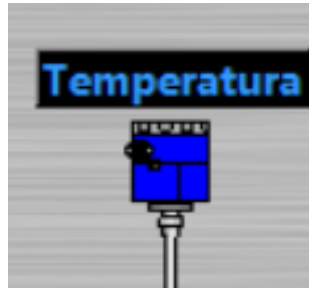
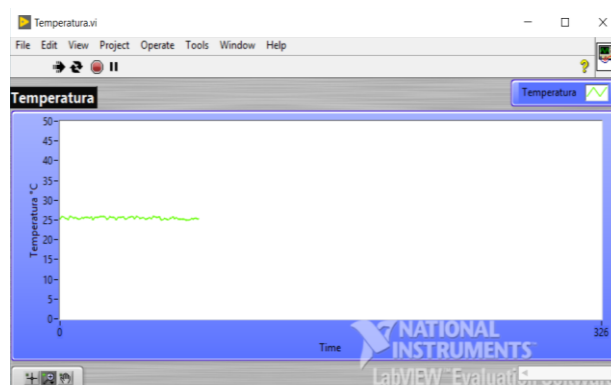


Figura 3.15: Icono del Sensor de Temperatura.

Es la representación gráfica del sensor de temperatura, medirá la temperatura del ambiente.

Si damos Clic en el icono del sensor se nos desplegará la ventana, podremos observa la temperatura en tiempo real y pasados (Figura 3.16).



43 FIGURA 3.16

Figura 3.16: La Temperatura en Tiempo Real.

3.5.12 Sensor de Presión

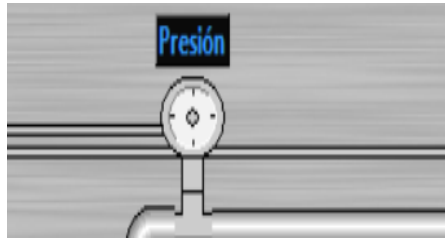


Figura 3.17: Icono del Sensor de Presión.

El Sensor de Presion , sensa subida y caidas de presion nos ayuda en taponamiento , fugas o fallas tecnicas que se de en sistema .

La Figura 3.18 nos muestra la Presión en tiempo real en PSI en tiempos instantáneos.



Figura 3.18: Presión en Tiempo Real.

3.5.13 Bomba Hidráulica

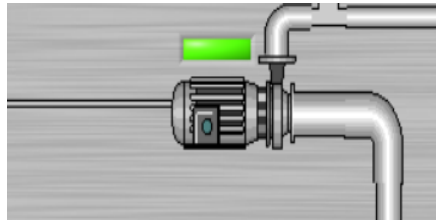


Figura 3.19: Icono de la Bomba Hidráulica.

La bomba hidráulica es la encargada de suministrar agua al sistema de riego, cuando está activa el led verde cambia su estado a apagado. Nos facilita para llevar el control junto con el indicador que no se esté desabastecido el sistema.

3.5.14 Botoneras de secciones de electroválvulas



Figura 3.20: Botoneras de Secciones de electroválvulas.

Las botoneras de secciones de electroválvulas nos ayudan en tiempo real y de forma manual a activar o desactivar una electroválvula. Es similar a la activación de por sectores, como vimos en la sección de riego automático y riego programado, con la diferencia de que este es manual.

3.5.15 Sensor de humedad

EL sensor de humead nos ayuda a censar la humedad del suelo, contamos con dos sensores virtuales, uno a la derecha y otro izquierda para sus respectivos sectores.



Figura 3.21: Sensor de Humedad.

Dando clic en icono de sensor humedad, se despliega la ventana donde observamos el porcentaje de humedad del suelo. La humedad varía entre -100y 100.cuando esta 100% es la saturación de la humedad en el suelo. (Figura 3.22)

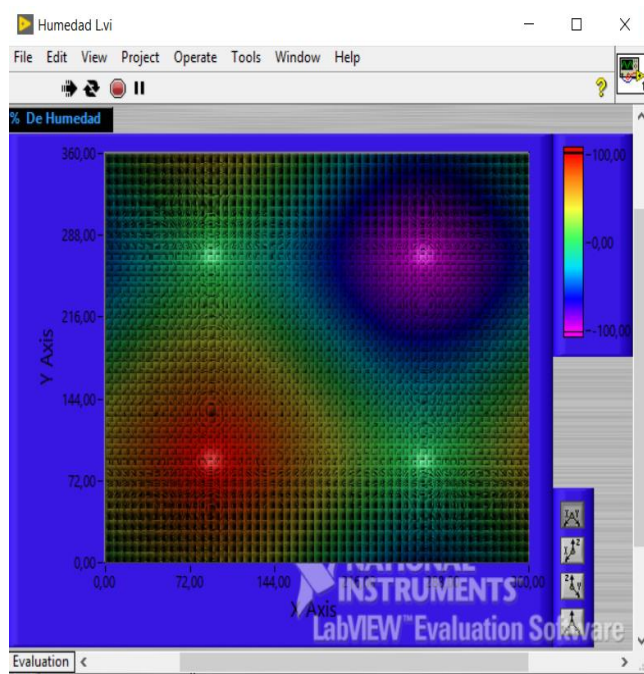


Figura 3.22: Gráfica de la Humedad del Suelo.

3.5.16 Registro



Figura 3.23: Registro

Registro se encarga en guardar en un archivo, los movimientos del sistema de riego, como cambios remotos al sistema de riego hasta configuraciones del mismo.

3.5.17 Avanzado

Avanzado es una sección donde convergen sensores y actuadores del sistema de riego.

Podemos observar que es una ventana donde nos muestra un PLC con las entradas y salidas esquemáticas gráficamente, si damos clic en cada uno de los botones, podremos seleccionar la entrada y salida a elegir. (Figura 3.24)

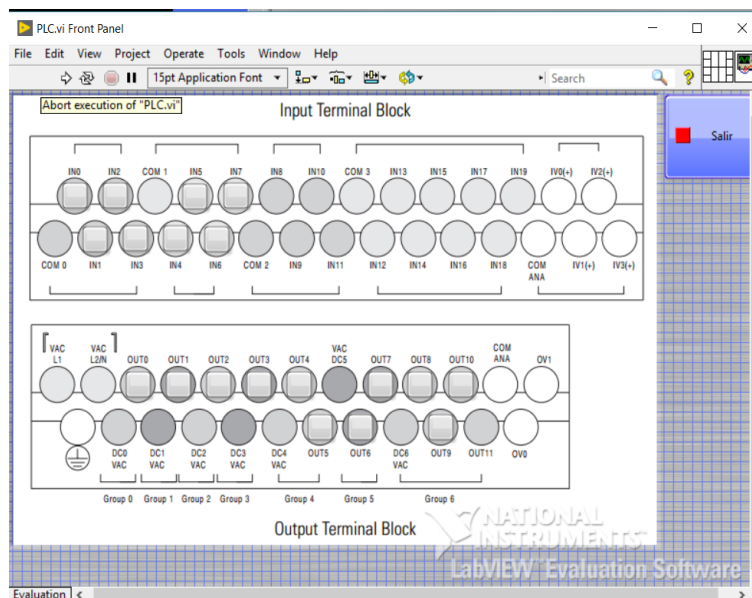


Figura 3.24: Representación gráfica del PLC.

3.5.18 PLC Entradas

Presionando en una de las entrada podremos observar la ventana que se muestra en la Figura 3.25, nos dará una lista de sensores a elegir, después se tiene que dar clic en "salir"

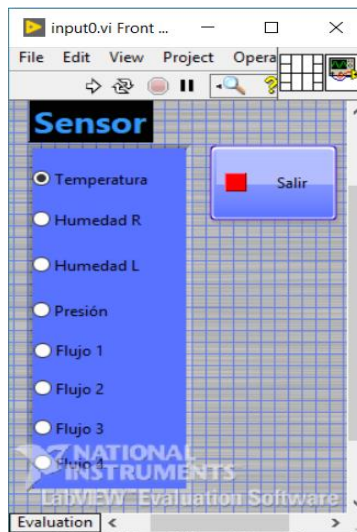


Figura 3.25: Panel de PLCentradas.

3.5.19 PLC Salidas

Presionando en una de las salidas podremos ver la ventana como en la Figura 3.26, nos dará una lista de actuadores a elegir, después se tiene que dar clic en “salir” .Es muy similar PLC entradas.

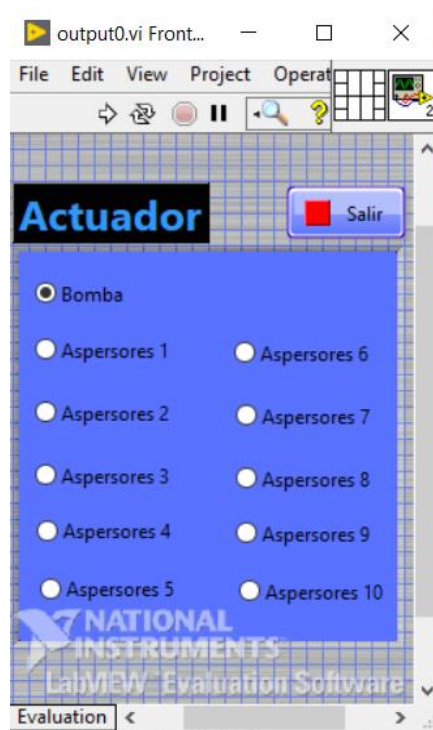


Figura 3.25: Panel de PL Centradas.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Beneficios del nuevo concepto propuesto con tecnología LoRa WAN

Se propone un enfoque diferente de la estación meteorológica, ya que se enfoca en lo que realmente sirve una estación que es la recopilación de datos. La forma en cómo se transmiten, visualizan y guardan, realmente es secundario. Al tener un nuevo concepto de estación los precios de la estación caen de forma abrupta, y no solo eso, ofrece mejores prestaciones.

Conclusiones

- Una propuesta de estación meteorológica descentralizada, permite a los agricultores ir adquiriendo los sensores sin importar su tipo, a medida que vayan necesitando, permitiendo hasta 1 millón de sensores, habilitando un sistema de monitoreo accesible, seguro, alta escalabilidad, adaptable a cada cultivo, integrable y fiable. Sin tener que realizar alguna instalación adicional.
- Para que el sistema sea aprovechado al máximo se tiene que dar una capacitación a los usuarios, para que manejen y comprendan cómo funciona el sistema y el software que se use, tanto para realizar las tareas que digan los datos, como para su mantenimiento o adquisición de sensores.
- Los agricultores adquirirán sensores primero de manera individual, a medida que desarrollen su planificación de cultivo y tareas de corto plazo, estos tendrán la necesidad de migrar hacia la agricultura de precisión, y todo este nuevo sistema será muy sencillo integrarlo con las nuevas tecnologías que se vayan a usar.

Recomendaciones

- Al enviar datos mediante RF, admite una gran cantidad de sensores, se debe de contar con suficiente infraestructura en el servidor, ya que este debe administrar todos los mensajes, codificaciones y decodificaciones. El cuello de botella estará en el servidor más no en la transmisión por parte de los sensores.
- El concentrador de datos (Gateway), debería tener una protección mínima de IP67, y estar a una altura para estar en línea de vista con todos los sensores o Motes, sin tener a 15cm a su alrededor alguna placa metálica, ya que esta puede afectar las señales RF que reciben, obligando al Gateway a estar fuera de línea, por seguridad e integridad de los datos.
- El protocolo LoRa, tiene un mínimo consumo energético, cuando solo se envían datos, lo que lo convierte en una buena opción para las siguientes industrias: señales on-off industria, dispositivos de medición, equipos para redes de ciudad inteligente y domótica.

Preguntas básicas para su implementación en el agro.

Para cubrir las necesidades básicas de los agricultores, se tienen las siguientes preguntas:

¿Qué tipo de sensores se puede adaptar a LoRa?

Cualquier sensor, siempre y cuando su salida sea voltaje o corriente, si su salida no tiene formato estándar lo único que se hace es colocar un adaptador de señal, para que esta sea compatible con el controlador de LoRa.

¿Cuántos sensores admiten un concentrador LoRa?

Esto depende del número de canales, aunque el de 64 canales, soporta hasta 64 dispositivos a la vez, pero esto rara vez sucede así que los sensores que se admiten dependerá de la aplicación del servidor, llegando hasta 1 millón de sensores

¿Se necesita alguna instalación aparte para el sensor?

Depende, si son sensores de bajo consumo, como los del agro, basta con un módulo donde se incluye la alimentación del sensor y de LoRa.

¿Qué tipo de protección poseen estos equipos LoRa?

Esto cambiará para cada fabricante, pero como estará en ambientes salinos y recibirá lluvias lo ideal es de IP 56.

¿Es seguro el envío de datos de LoRa?

Sí, cuando se envían los datos del Mote, salen encriptados, en el servidor se desencriptan los datos

¿Se necesita adquirir el concentrador por parte del agricultor?

Se puede hacer la adquisición del concentrador de forma grupal, o la empresa que les provee los sensores y/o módulos puede ofrecerlo. Los costos de mantenimiento de un concentrador son casi despreciables.

BIBLIOGRAFÍA

[1] UTN «LA IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA EN NUESTRO PAÍS, » [En línea]. Available: <http://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>

[2] MAGAP «BOLETÍN DE PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA 2013, » [En línea]. Available: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_nacionales/e_anual/p_agricola/productividad2013.pdf

[3] PCE «ESTACIÓN METEOROLÓGICA, » [En línea]. Available: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>.

[4] SEEDMECH, « ESTACIÓN METEOROLÓGICA,» [En línea]. Available: http://www.seedmech.com/immagini/product_zoom/calibracion_radar_meteorologico_inta_gral_acha_alpachiri_la_pampa.jpg

[5] ESTACIONDEMETEOROLOGIA « USOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN DIFERENTES SECTORES DE LA INDUSTRIA, AGRICULTURA, LOS SERVICIOS Y LOS DEPORTES., » [En línea]. Available: <https://estaciondemeteorologia.com/usos-de-estaciones-meteorologicas-en-diferentes-sectores-de-la-industria-agricultura-los-servicios-y-los-deportes/>

[6] ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE « EVAPORATRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO, » [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>.

[7] CACAO MOVIL « MANEJO DE FERTILIDAD DE SUELOS CACAOTEROS, » [En línea]. Available: <http://cacaomovil.com/guia/4/contenido/opciones-para-mejorar/>.

[8] EL PRODUCTOR «CONTROL DE PLAGAS Y EMFERMEDADES DEL CACAO, » [En línea]. Available: <https://elproductor.com/articulos-tecnicos/articulos-tecnicos-agricolas/control-de-plagas-y-enfermedades-del-cacao/>.

[9] CISCO « INTERNET DE LAS COSAS, » [En línea]. Available: https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf .

[10] ACTUALIDAD RT «IoT: LA TECNOLOGÍA QUE PROMETE CAMBIAR AL MUNDO CONECTÁNDOLO TODO A INTERNET, » [En línea]. Available: <https://actualidad.rt.com/actualidad/238956-internet-cosas-conectar-todo-dispositivos-red-iot> .

[11] LORA ALLIANCE « LORA ALLIANCE OVERVIEW, » [En línea]. Available: LoRa <https://www.lora-alliance.org/>

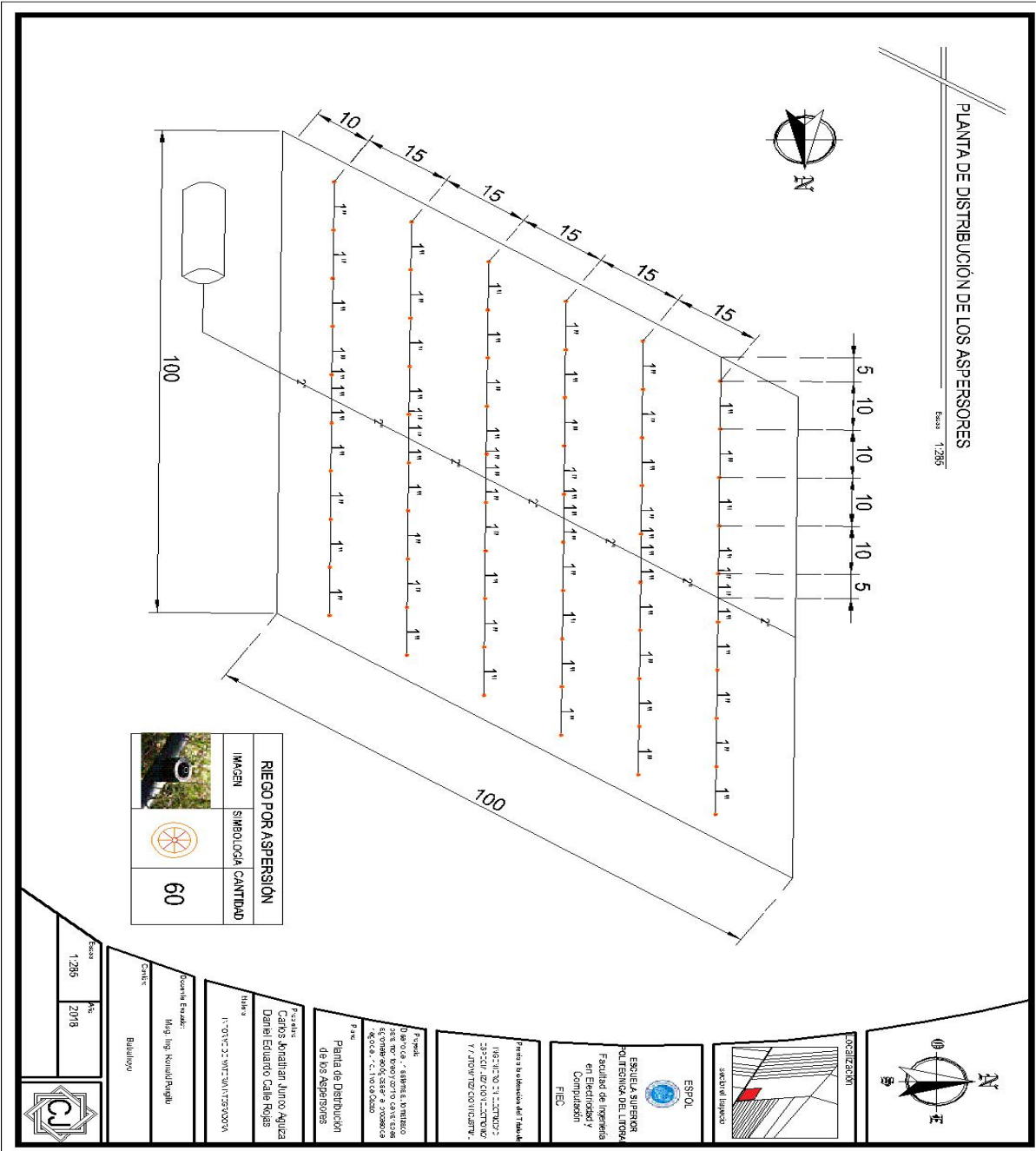
[12] LORA ALLIANCE « LoRa Technology Evaluation Suite Users Guide, » [En línea]. Available: <https://www.lora-alliance.org/>

[13] THE THINGS NETWORK « BUILDING A GLOBAL INTERNET OF THINGS NETWORK TOGETHER, » [En línea]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/>

[14] LORAWAN 101 « A TECHNICAL INTRODUCTION, » [En línea]. Available:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166835/nmx-aa-166-1-scfi-2013_1_.pdf

ANEXOS

ANEXO 1:



Anexo 1.1.:Plano del Cultivo de Cacao

ANEXO 2:



Anexo 2.1:Cultivo de Cacao con sistema de Riego



Anexo 2.2:Mote censando



Anexo 2.3:Cultivo de Cacao sin sistema de Riego



Anexo 2.4:Plantas de Cacao



Anexo 2.5:Cultivo de Cacao

